ISSN 2311-455X

Научно-практический журнал

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА»

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

VETERINARIYA, ZOOTEKHNIYA I BIOTEKHNOLOGIYA

Ультразвуковой метод мониторинга фолликулов и ооцит-кумулюсных комплексов у собак при проведении вспомогательных репродуктивных технологий

Оценка терапевтической эффективности разработанного хитозанового энтеросорбента при лечении острого панкреатита

Влияние кормовой добавки, содержащей полиненасыщенные жирные кислоты, на клиническое состояние собак

Антиоксидантная способность организма телят на фоне воздействия цикориевой кислоты

Комплексное лечение клинической формы мастита дойных коров в условиях животноводческой фермы

Микотоксины в органах как диагностический фактор и индикатор наличия микотоксинов в кормах

№ 2
февраль
2025

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина»
Издательский дом «Научная библиотека»

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

Научно-практический журнал

№ 2, 2025 г.

SGVO ... rcot-
resurs marinal
Inv № 237 058

Москва

Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya

Scientific and practical journal. Published once a month

№ 2 (134), 2025

The journal is registered in the Ministry of Communications and Mass Communications, the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR). Certificate of Mass Media Registration PI № FS 77 – 55860 from 07.11.2013

Founders: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin», Ltd. «Publishing house «SCIENTIFIC LIBRARY»

Publisher: LLC «Publishing house «SCIENTIFIC LIBRARY»

Editorial Board

Editor-in-Chief: Pozyabin S. V.,
Doctor of Veterinary Sciences, Professor RAS, Rector FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Deputy Editor-in-Chief: Deltsov A. A.
Doctor of Veterinary Sciences, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Vice-Rector for Science and Innovation FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Responsible for the issue, technical editor: Goryanskaya N. S.

Members of the editorial Board:

Balakirev N. A. – RAS academician, Doctor of Agricultural Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Vasilevich F. I. – RAS academician, Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Gnezdilova L. A. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Gulyukin M. I. – RAS academician, Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBNU FSC VIEV RAS

Devrishov D. A. – Corresponding Member RAS, Doctor of Biological Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B– MVA named after K. I. Skryabin

Engashev S. V. – RAS academician, Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Zaberezhniy A. D. – Corresponding Member RAS, Doctor of Biological Sciences, Professor FGBNU VNITIBP

Kapustin R. F. – Doctor of Biological Sciences, Professor FGBNU FSC VIEV RAS

Kochish I. I. – RAS academician, Doctor of Agricultural Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Maksimov V. I. – Doctor of Biological Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Pimenov N. V. – RAS professor, Doctor of Biological Sciences, Professor, FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Slesarenko N. A. – Doctor of Biological Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Stekolnikov A. A. – RAS academician, Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBOU VO SPbGAVM

Shabunin S. V. – RAS academician, Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBNU VNIVIPFiT

Yuldashbayev Yu. A. – Academician of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the RSAU– MAA named after K. A. Timiryazev

Editorial Board of Experts:

Abramov P. N. – Doctor of Biological Sciences, Docent FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Vasil'ev A. A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Kozlov S. A. – Doctor of Biological Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Novikov M. V. – Candidate of Technical Sciences, Docent FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Koba I. S. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Fedorova O. I. – Doctor of Biological Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Shemyakova S. A. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor FGBOU VO MGAVM&B – MVA named after K. I. Skryabin

Official address:
123022, Moscow, highway Zvenigorodskoe, house 5, building 1

Phones: +7 (495) 592-2998, 8-916-925-5954

E-mail: idnb11@yandex.ru, sci@mgavm.ru

Internet: : www.s-lib.com

Signed for printing: 04.02.2025. Format 60x90 1/8
The price is negotiable. Number of sheets – 20 P.L. Edition

Printing-house of Ltd. «Kantsler» Yaroslavl, ul. Polushkina Roshcha, 16, 66A
E-mail: kancler2007@yandex.ru

Articles are read.

Reprinting the materials published in the journal «Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya» is permitted only by the written permission of the publisher.

Advertisers are responsible for authenticity of ads.

The journal is included into the Russian scientific citation index indexed in: Scientific electronic library eLIBRARY.RU (Russia).

The points of view of the authors of the articles may not coincide with those of the editorial office staff.

Decision of the Higher attestation Commission under the Ministry of education and science of the Russian Federation (VAK at the Ministry of education of Russia) the journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications, which should be published basic scientific results of theses on competition of a scientific degree of candidate of Sciences, on competition of a scientific degree of the doctor of Sciences.

Specialties: 4.2.1 – Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology; 4.2.2 - Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety; 4.2.3 - Infectious diseases and animal immunology; 4.2.4 – Private animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of animal products; 4.2.5 – Breeding, breeding, genetics and animal biotechnology; 1.5.6 – Biotechnology; 1.5.17 – Parasitology

© FSBEI HE "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin"
© LLC Publishing House "Scientific Library"

Ветеринария, Зоотехния и Биотехнология

Научно-практический журнал. Выходит 1 раз в месяц

№ 2 (134), 2025

Журнал зарегистрирован в Министерстве связи и массовых коммуникаций, Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77 – 55860 от 07.11.2013

Учредители: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, ООО «Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА»

Издатель: ООО «Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА»

Редакционный совет

Главный редактор: Позябин С. В.

доктор ветеринарных наук, профессор РАН, ректор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Заместитель главного редактора: Дельцов А. А.

доктор ветеринарных наук, кандидат фармацевтических наук, проректор по науке и инновациям ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Ответственный за выпуск, технический редактор: Горянская Н. С.

Члены редакционной коллегии:

Балакирев Н. А. – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Василевич Ф. И. – академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Гнездилова Л. А. – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Гулюкин М. И. – академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН

Девришов Д. А. – член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Енгашев С. В. – академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Забережный А. Д. – член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор ФГБНУ ВНИТИБП

Капустин А. В. – доктор биологических наук, профессор ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН

Кочиш И. И. – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Максимов В. И. – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Пименов Н. В. – профессор РАН, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Слесаренко Н. А. – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Стекольников А. А. – академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО СПбГАВМ

Шабунин С. В. – академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор ФГБНУ «ВНИВИПФиТ»

Юлдашбаев Ю. А. – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева

Редакционно-экспертный совет:

Абрамов П. Н. – доктор биологических наук, доцент ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Васильев А. А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Козлов С. А. – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Новиков М. В. – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Коба И. С. – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Федорова О. И. – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Шемякова С. А. – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

Юридический адрес журнала:

1123022, г. Москва, шоссе Звенигородское, дом 5, строение 1

Телефоны: +7 (495) 592-2998, 8-916-925-5954

E-mail: idnb11@yandex.ru, sci@mgavm.ru

Internet: www.s-lib.com

Подписано в печать: 04.02.2025. Формат 60x90 1/8

Цена договорная. Объем 20 п.л. Тираж 5000 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Канцлер»

г. Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, строение 66а

E-mail: kancler2007@yandex.ru

Статьи рецензируются

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Ветеринария, зоотехния и биотехнология», допускается только с письменного разрешения редакции

Ответственность за достоверность рекламных объявлений несут рекламодатели

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU (Россия)

Точка зрения авторов статей может не совпадать с мнением редакции

Решением Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации (ВАК при Минобрнауки России) журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. Специальности: 4.2.1 – Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология; 4.2.2 – Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность; 4.2.3 – Инфекционные болезни и иммунология животных; 4.2.4 – Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства; 4.2.5 – Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных; 1.5.6 – Биотехнология; 1.5.17 – Паразитология

© ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина»

© ООО «Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА»

CONTENTS

ANIMAL PATHOLOGY, MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY, PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY

Kolyadina N. I., Khusnetdinova N. F., Pozyabin S. V., Romidonov B. I., Romidonov A. B. Ultrasound method of monitoring follicles and oocytes of cumulus complexes in dogs during ART 6

Kastarnova E. S., Orobets V. A., Zinchenko D. A., Sinyakova E. I. Evaluation of the therapeutic efficacy of the developed chitosan enterosorbent in the treatment of acute pancreatitis 16

Deltsov A. A., Belova K. O. Effect of a feed additive containing polyunsaturated fatty acids on the clinical status of dogs 26

Solomakhina L. A. Technique for measuring intraocular pressure in birds using a Tonovet tonometer. Basic errors during the procedure 38

Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V. Antioxidant capacity of calves' organisms under the influence of chicoric acid 43

Udavliev D. I., Engashev S. V., Engasheva E. S., Lunegov A. M., Khlebalina A. S. Study of acute oral toxicity of the new drug «Amoxiyantar» on laboratory animals 51

Shepeleva K. V., Rogov R. V., Muradyan Zh. Yu., Petrov A. K., Kulikov E. V. Complex treatment of clinical mastitis in dairy cows in a livestock farm 58

Semenov E. I., Mishina N. N., Mukharlyamova A. Z., Shlyamina O. V., Vasilevsky N. M., Saifutdinov A. M. Mycotoxins in organs as a diagnostic factor and indicator of the presence of mycotoxins in feed 67

SANITATION, HYGIENE, ECOLOGY, VETERINARY AND SANITARY EXPERTISE AND BIOSAFETY

Bachinskaya V. M., Deltsov A. A., Bachinskaya N. A., Popova A. A. Histological indices of broiler chickens muscles when added to the diet of vitaminized complex «Nitamin» 78

INFECTIOUS DISEASES AND ANIMAL IMMUNOLOGY

Padilo L. P., Agoltsov V. A., Sibgatullova A. K., Popova O. M. The current state of the problem of sheeppox and goatpox in the world 86

Usoltsev K. V., Shangaraev R. I., Khaertynov K. S., Gorbunova M. E., Khammadov N. I., Osyanin K. A., Khamidullina A. I. Design of primers for indication of pathogenic Leptospira by nested polymerase chain reaction in real time 95

Makarov D. A., Pyrsikov A. S., Ivanova O. E., Blyumenkrants D. A., Borunova S. M., Komarov A. A., Semenova E. S. Methods for determining the sensitivity of zoonotic bacteria to antibiotics 107

PRIVATE ANIMAL HUSBANDRY, FEEDING, TECHNOLOGIES OF FEED PREPARATION AND PRODUCTION OF LIVESTOCK PRODUCTS

Nikolaev K. N., Ryazanov I. G., Kapitonova E. A. The use of vitamin A in industrial poultry farming, its effect on the health and productivity of poultry 123

PARASITOLOGY

Tsepilova I. I., Shemyakova S. A., Konovalov A. P. Evaluation of the effectiveness of a drug based on phenylperazole and pyrethroids for entomosis and scabies in cats 134

Sorokin P. A., Engashev S. V., Goncharova M. N., Nikulnikov M. M., Korsakova M. V. Effectiveness of the drug «Salmogyr®» in dactylogyrosis of carp 143

Akbaev R. M., Morozov N. V., Golubev A. A., Kozyrenko O. V., Filippov K. A. Expert assessment of the physicochemical and biochemical properties of the complex insectoacaricidal agent of the Vuran-dust 0.7% (from a group of synthetic pyrethroides) 149

СОДЕРЖАНИЕ

ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

Колядина Н. И., Хуснетдинова Н. Ф., Позябин С. В., Ромидонов Б. И., Ромидонов А. Б. Ультразвуковой метод мониторинга фолликулов и ооцит-кумулюсных комплексов у собак при проведении вспомогательных репродуктивных технологий 6

Кастарнова Е. С., Оробец В. А., Зинченко Д. А., Синякова Е. И. Оценка терапевтической эффективности разработанного хитозанового энтеросорбента при лечении острого панкреатита 16

Дельцов А. А., Белова К. О. Влияние кормовой добавки, содержащей полиненасыщенные жирные кислоты, на клиническое состояние собак 26

Соломахина Л. А. Техника измерения внутриглазного давления птицам тонометром Tonovet. Основные ошибки при проведении процедуры 38

Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В. Антиоксидантная способность организма телят на фоне воздействия цикориевой кислоты 43

Удавлиев Д. И., Енгашев С. В., Енгашева Е. С., Лунегов А. М., Хлебалина А. С. Изучение острой пероральной токсичности нового препарата «Амоксиянтарь» на лабораторных животных 51

Шепелева К. В., Рогов Р. В., Мурадян Ж. Ю., Петров А. К., Куликов Е. В. Комплексное лечение клинической формы мастита дойных коров в условиях животноводческой фермы 58

Семенов Э. И., Мишина Н. Н., Мухарлямова А. З., Шлямина О. В., Василевский Н. М., Сайфутдинов А. М. Микотоксины в органах как диагностический фактор и индикатор наличия микотоксинов в кормах 67

САНИТАРИЯ, ГИГИЕНА, ЭКОЛОГИЯ, ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА И БИОБЕЗОПАСНОСТЬ

Бачинская В. М., Дельцов А. А., Бачинская Н. А., Попова А. А. Гистологические показатели мышц цыплят-бройлеров при добавлении в рацион витаминизированного комплекса «Нитамин» 78

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ И ИММУНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Падило Л. П., Агольцов В. А., Сибгатуллова А. К., Попова О. М. Современное состояние проблемы оспы овец и оспы коз в мире 86

Усольцев К. В., Шангараев Р. И., Хаертынов К. С., Горбунова М. Е., Хаммадов Н. И., Осянин К. А., Хамидуллина А. И. Дизайн праймеров для индикации патогенных лептоспир методом гнездовой полимеразной цепной реакции в режиме реального времени 95

Макаров Д. А., Пырсиков А. С., Иванова О. Е., Блюменкранц Д. А., Борунова С. М., Комаров А. А., Семёнова Е. С. Методы определения чувствительности зоонозных бактерий к антибиотикам 107

ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Николаев К. Н., Рязанов И. Г., Капитонова Е. А. Использование витамина А в промышленном птицеводстве, его влияние на здоровье и продуктивность сельскохозяйственной птицы 123

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

Цепилова И. И., Шемякова С. А., Коновалов А. П. Оценка эффективности препарата на основе фенилперазола и пиретроидов при энтомозах и чесотках у кошек 134

Сорокин П. А., Енгашев С. В., Гончарова М. Н., Никульников М. М., Корсакова М. В. Эффективность препарата «Сальмогир®» при дактилогирозе карпов 143

Акбаев Р. М., Морозов Н. В., Голубев А. А., Козыренко О. В., Филиппов К. А. Экспертная оценка физико-химических и биохимических свойств комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» (из группы синтетических пиретроидов) 149

Научная статья
УДК 636.7.082.453.5
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502101

Ультразвуковой метод мониторинга фолликулов и ооцит-кумулюсных комплексов у собак при проведении вспомогательных репродуктивных технологий

Наталья Ивановна Колядина[1], Неиля Фагимовна Хуснетдинова[2], Сергей Владимирович Позябин[3], Борис Иванович Ромидонов[4], Алексей Борисович Ромидонов[5]

[1, 2, 4, 5] ЛДВЦ МВА Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

[3] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

[1] nkoliadina@yandex.ru;
[2] vet-doc@bk.ru;
[3] jippo77@mail.ru

Автор, ответственный за переписку:
Наталья Ивановна Колядина, nkoliadina@yandex.ru

Аннотация

Быстрый прогресс в области ультразвуковой визуализации является результатом непрерывной модернизации оборудования, разработки новых методик, расширения диагностических возможностей. Современные ультразвуковые сканеры позволяют получить более детализированное отображение, дающее много информации о состоянии органов. Динамическое исследование яичников обладает рядом преимуществ, к которым относятся: высокая доступность, отсутствие необходимости подготовки, возможность в течение полового цикла наблюдать за трансформацией гонад, большая информативность, низкая стоимость и безвредность исследования. Исследование выполнено на 101 самке: 89 самок перед процедурой искусственного осеменения и 12 самок перед процедурой вымывания эмбрионов. В результате работы установлена ультрасонографическая картина фолликулярной динамики, формирования ОКК, овуляции и раннего постовуляторного периода в сопоставлении с уровнем прогестерона. Разработан алгоритм мониторинга самок при проведении ВРТ, позволяющий увеличить процент успешного оплодотворения и получения большего количества эмбрионов нужной стадии развития.

Ключевые слова: самки, фолликулы, ооцит, ооцит-кумулюсный комплекс, овуляция, эмбрион, оплодотворение, вспомогательные репродуктивные технологии, *in vivo, ex vivo, in vitro,* УЗИ

Для цитирования: *Колядина Н. И., Хуснетдинова Н. Ф., Позябин С. В. и др.* Ультразвуковой метод мониторинга фолликулов и ооцит-кумулюсных комплексов у собак при проведении вспомогательных репродуктивных технологий // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 6–15. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502101

© Колядина Н. И., Хуснетдинова Н. Ф., Позябин С. В., Ромидонов Б. И., Ромидонов А. Б., 2025

Original article

Ultrasound method of monitoring follicles and oocytes of cumulus complexes in dogs during ART

Natalia I. Kolyadina[1], Nelly F. Khusnetdinova[2], Sergey V. Pozyabin[3], Boris I. Romidonov[4], Alexey B. Romidonov[5]

[1, 2, 4, 5] LDVC MVA of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

[3] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow. Russia

[1] nkoliadina@yandex.ru;
[2] vet-doc@bk.ru;
[3] jippo77@mail.ru

Corresponding author:
Natalia I. Kolyadina, nkoliadina@yandex.ru

Abstract

Rapid progress in the field of ultrasound imaging is the result of continuous modernization of equipment, development of new methods, expansion of diagnostic capabilities. Modern ultrasound scanners allow to obtain a more detailed image, giving a lot of information about the state of organs. Dynamic examination of the ovaries has a number of advantages, which include: high availability, no need for preparation, the ability to observe the transformation of the gonads during the sexual cycle, high information content, low cost and harmlessness of the study. The study was performed on 101 females: 89 females before the artificial insemination procedure and 12 females before the embryo washout procedure. As a result of the work, an ultrasonographic picture of follicular dynamics, OCC formation, ovulation and early postovulatory period in comparison with the progesterone level was established. An algorithm for monitoring females during ART has been developed, which allows increasing the percentage of successful fertilization and obtaining a larger number of embryos of the desired stage of development.

Keywords: females, follicles, oocyte, oocyte cumulus complex, ovulation, embryo, fertilization, assisted reproductive technologies, in vivo, ex vivo, in vitro, ultrasound.

For citation: Kolyadina N. I., Khusnetdinova N. F., Pozyabin S. V. et al. (2025) Ultrasound method for monitoring follicles and oocytes of cumulus complexes in dogs during ART. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 6–15. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502101

Сокращения: ОКК – ооцит-кумулюсный комплекс; ВРТ – вспомогательные репродуктивные технологии; ИО – искусственное осеменение; ЭКО – экстракорпоральное оплодотворение; ИФА – иммуноферментный анализ; УЗИ – ультразвуковое исследование; ЛГ – лютеинизирующий гормон.

Введение. При проведении естественного спаривания собак для определения фертильного периода обычно используется метод определения уровня прогестерона [1, 3–5]. Для проведения ВРТ (искусственного осеменения, вымывания эмбрионов, эмбриотрансфера), кроме определения уровня прогестерона, необходима точная информация о морфофункциональном состоянии яичников [6, 7, 11, 12]. Под гормональным воздействием в яичниках происходят структурные изменения, которые возможно отследить

благодаря ультразвуковой диагностике [6, 8, 10]. Метод динамических УЗИ яичников позволяет не только провести фолликулометрию, выявить овуляцию, оценить формирование желтых тел, но и оценить плодовитость самки [3, 7]. В настоящее время техника для проведения УЗИ позволяет визуализировать органы более детализировано. Современные сканеры позволяют визуализировать ОКК, что является ценной информацией для функциональной оценки гонад и служит большим подспорьем при проведении ВРТ. Сочетание методов УЗИ и определения уровня прогестерона в сыворотке крови являются «золотым стандартом» в практике врача-репродуктолога [2, 9, 13].

Цель исследования. При динамических исследованиях собак сопоставить ультрасонографичекую картину их гонад с уровнем прогестерона в крови, установить наилучшее время для проведения ИО, вымывания ооцитов и эмбрионов нужной стадии развития.

Материалы и методы. Работа выполнена на базе лечебно-диагностического ветеринарного центра Московской ветеринарной академии (ЛДВЦ МВА), ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина, Москва.

УЗИ проводили с использованием аппарата «Vetus 8» фирмы «Mindray», микроконвексного датчика с диапазоном волн 4,7–12,8 Гц, высокоплотного линейного датчика с диапазоном волн 3–14 Гц.

При проведении УЗИ самок собак фиксировали в дорсальном положении. Сканирование выполняли через боковую брюшную стенку, топографическим ориентиром для визуализации яичников служили почки. При визуализации гонад плоскость сканирования ориентировали фронтально и сегментарно, отклоняя ее вентрально и дорсально с целью получения «веерного» сканирования.

Определение уровня прогестерона выполняли на планшетном спектрофотометре Multiscan FC (ThermoElectron Corpotation, США), используя коммерческие наборы реактивов компании «Хема» (Россия).

Сразу после УЗИ проводили взятие крови для сопоставления результатов сонографии гонад с уровнем прогестерона. Венозную кровь у собак брали строго натощак из подкожной вены предплечья, затем ее отстаивали в течение 30 мин и центрифугировали при 3000 об./мин. в течение 10 мин. Уровень прогестерона определяли методом ИФА, следуя рекомендациям производителя тест-систем.

Стимуляцию эструса для ВРТ проводили путем подкожного ведения импланта, содержащего в своем составе deslorelin. Вымывание ооцитов осуществляли на 3–4 сут, эмбрионов на 8–12 сут от визуализации ОКК (предполагаемого пика ЛГ), после показателей уровня прогестерона, входящих в диапазон 2,5–4 нг/мл. После овариогистерэктомии собакам-донорам *ex vivo* проводили вымывание ооцитов из фаллопиевых труб, эмбрионов из полости матки с последующей их оценкой и немедленным помещением в питательные среды и инкубатор.

Объектами исследований послужили половозрелые клинически здоровые собаки (101 гол.) в возрасте от 11 мес. до 5 лет. В группу животных входили собаки следующих пород: лабрадор-ретривер, немецкая овчарка, вельш-корги, сиба-ину, бордер-колли, боксер, золотистый ретривер, доберман, леонбергер, бульмастиф, немецкий дог, ирландский волкодав. Динамические исследования проводили в следующие стадии полового цикла: от начала проэструса, далее в течение эструса – до постовуляторного периода и формирования желтых тел (метэструса).

Ультразвуковая картина яичников в преовуляторный, овуляторный и ранний постовуляторный периоды. При динамических исследованиях нами выявлены следующие состояния гонад и соответствующие им ультразвуковые характеристики: яичники у собак чаще визуализируются у каудального полюса почек и вплотную прилегают к боковой брюшной стенке. У собак крупных и гигантских пород можно выявить их краниальное смещение. В период полового покоя (анэструса) по структуре яичники довольно гомогенны, имеют овальную форму. Размер гонад коррелирует соразмерно породе и согласуется с данными анатомо-топографических исследований [6,

13]: от 6,4±1,2 × 9,3±1,6 мм у собак миниатюрных пород и 14,3±1,6 × 27,4±3,2 мм у собак гигантских пород.

При наступлении стадии проэструса в паренхиме яичников формируются фолликулы, что сопровождается их трансформацией и специфичной сонографической картиной. В начале фолликулярной динамики (фолликулогенеза) фолликулы мелкие, визуализируются на периферии гонад как округлые анэхогенные тонкостенные структуры небольшого диаметра (рис. 1).

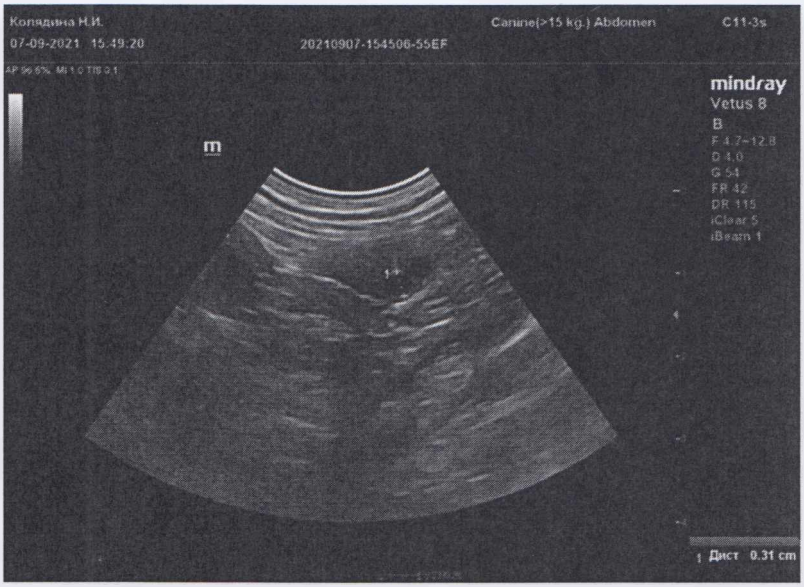

Рис. 1. Ультрасонографическая картина левого яичника. Визуализируются анэхогенные округлые структуры на периферии органа

В проэструс (при прогрессирующем фолликулогенезе) происходит увеличение яичников в размере, что существенно облегчает их визуализацию во время ультразвукового сканирования (рис. 2). Диаметр фолликулов в течение проэструса постепенно увеличивается и достигает своего максимального размера в период выброса в кровь лютеинизирующего гормона, т.е. незадолго до наступления овуляции. Количество фолликулов и их морфометрические показатели коррелируют с породной принадлежностью, массой тела самки

Рис. 2. Яичник в середине стадии проэструса. Визуализируются четкие фолликулы (анэхогенные тонкостенные округлые структуры)

и согласуются с данными некоторых авторов [3, 5]: от 2 фолликулов диаметром 5,1±1,4 мм у собак миниатюрных пород до 19 в обоих органах, достигающих диаметра 8,2±0,9 мм у собак гигантских пород.

Как известно, процесс овуляции у собак происходит спонтанно. Необходимым условием для ее совершения является резкий подъем уровня ЛГ в крови самки [2, 5]. В этот период отмечается начальное повышение уровня прогестерона (преовуляторный выброс) и составляет 2,5–4 нг/мл, а при проведении УЗИ в фолликулах начинают визуализироваться ОКК. Ооцит-кумулюсный комплекс при сонографии отображается в фолликуле как гиперэхогенная пристеночная округлая структура небольшого размера (рис. 3). У собак ооцит в данный период находится на стадии метафазы первого мейотического деления (MI).

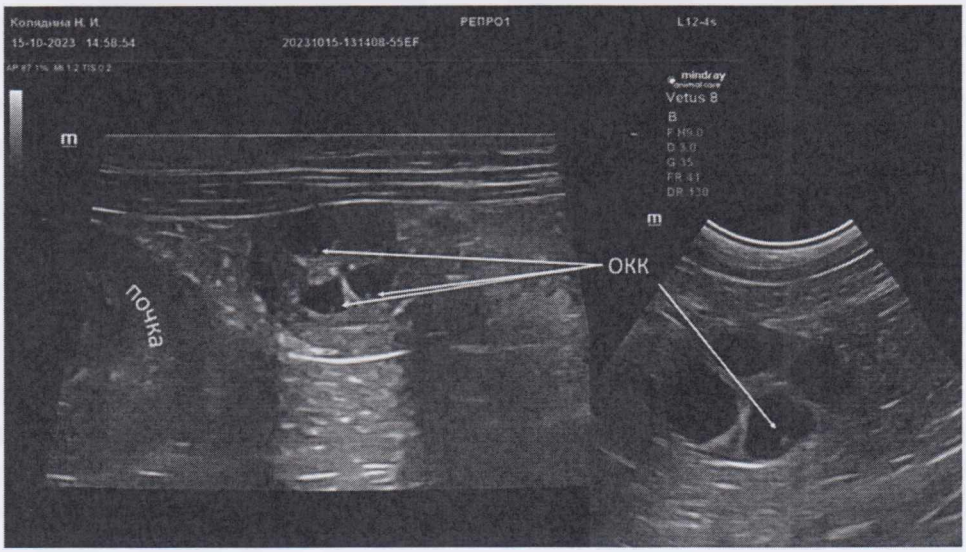

Рис. 3. Ультрасонографическая картина левого яичника, расположенного у каудального полюса почки. Фолликулы достигли максимального размера, в них четко видны ОКК

Овуляция – кульминация полового цикла. Показателями процесса овуляции является дальнейшее увеличение концентрации прогестерона: по среднестатистическим данным, от 5 до 10 нг/мл (овуляторный уровень) [1, 2]. У собак разрыв стенок фолликулов

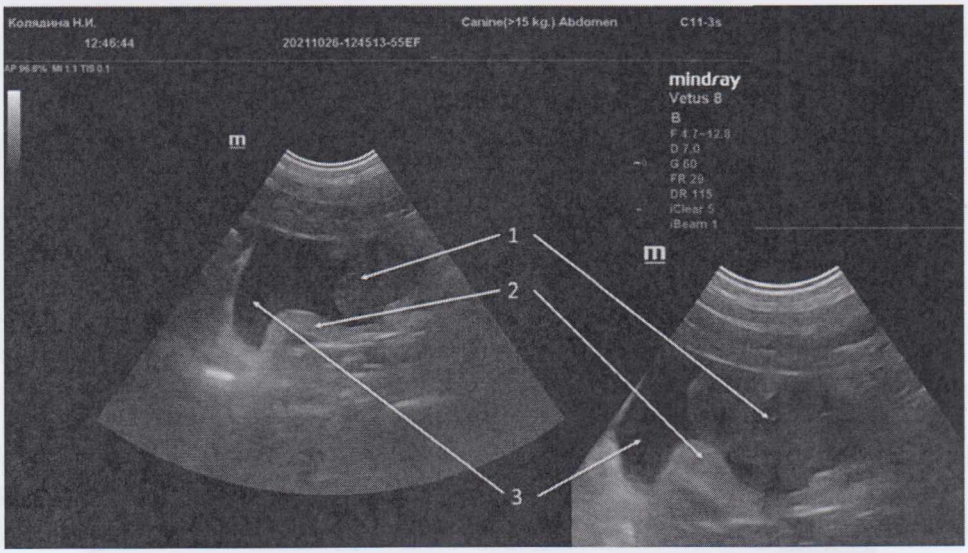

Рис. 4. Ультразвуковая картина овуляции у собаки: 1 – яичник с разорванными фолликулами и сжатой стромой; 2 – фаллопиева труба; 3 – скопление анэхогенной жидкости в овариальной бурсе в результате вытекания ее из фолликулярных полостей

происходит асинхронно (в большинстве случаев фолликулы овулируют не одновременно, а группами). При УЗИ во время овуляции в овариальной бурсе вокруг яичника отмечается присутствие небольшого количества анэхогенной свободной жидкости (рис. 4). В это время можно визуализировать миграцию ОКК в овариальной бурсе по направлению к фаллопиевым трубам, а далее нахождение ОКК непосредственно в них (рис. 5). Следует отметить, что в это время яйцеклетки уже находятся на стадии MII.

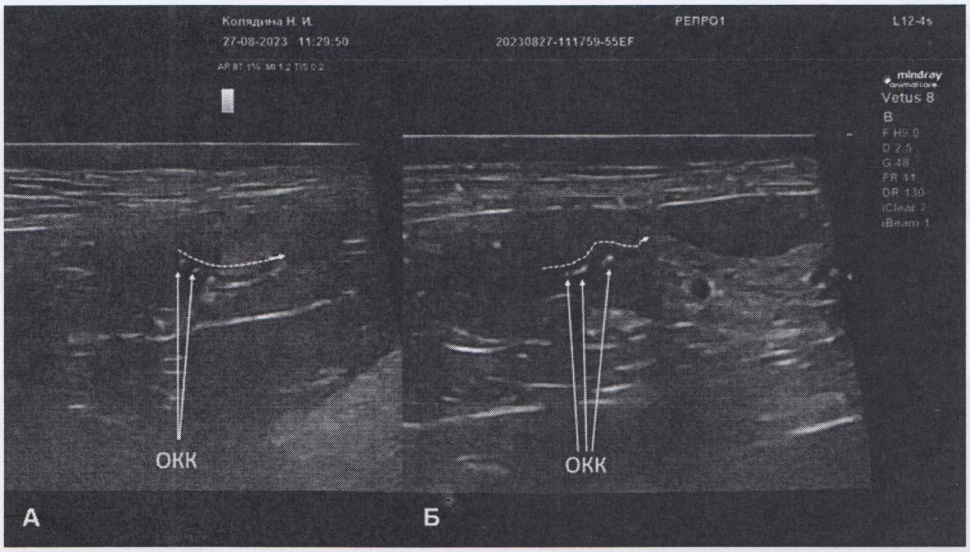

Рис. 5. Ультразвуковая картина миграции ОКК: **А** – ультразвуковая картина скопления ОКК в овариальной бурсе в направлении фаллопиевой трубы; **Б** – скопление ОКК в фаллопиевой трубе

После овуляции в результате декомпрессии фолликулов форма яичников изменяется, их контур становится неровным, структура гипоэхогенная, однородная. Однако такая картина и состояние гонад очень кратковременны, поскольку на месте овулировавших фолликулов начинают формироваться желтые тела. При сонографии желтые тела отображаются как анэхогенные округлые структуры диаметром от 4 до 8 мм с гипоэхогенными стенками толщиной до 2 мм (рис. 6). Отличительной особенностью полового цикла собак является то, что желтые тела функционируют в течение 2-х мес. независимо от наступления беременности.

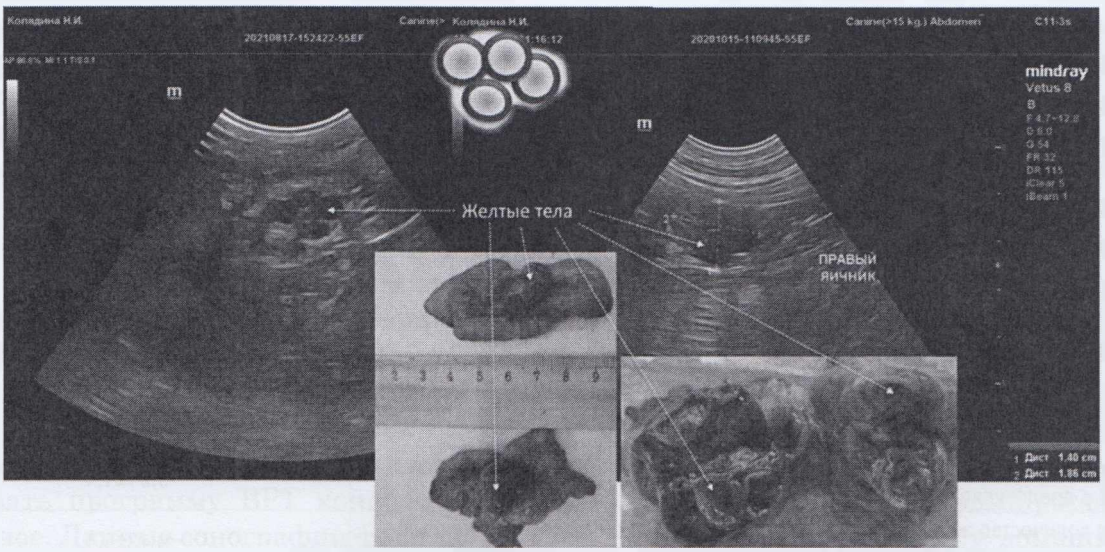

Рис. 6. Сопоставление сонографической картины с макропрепаратом яичника с желтыми телами (фаза метэструса полового цикла)

Результаты и обсуждение. Полученные данные свидетельствуют о том, что ультразвуковой метод исследования – один из наиболее объективных и точных методов определения овуляции при условии проведения динамических исследований. Кроме того, он позволяет проводить количественную оценку фолликулов в каждом яичнике, что отражает репродуктивный потенциал самки. Установлен процесс не одновременного овулирования у собаки, а пролонгированного периода овуляции (в течение 2-х сут яйцеклетки из фолликулов выходят когортами). Выявлена визуализация ОКК в период преовуляторного выброса прогестерона (рис. 7). Количество фолликулов, соответственно и ОКК в яичниках, их морфометрические показатели определяются массой тела и породной принадлежностью самки (от 1–2 у представительниц миниатюрных и мелких пород до 20 фолликулов в обеих гонадах у гигантских пород). Нами установлена ультрасонографическая картина гонад в течение смены стадий полового цикла в сопоставлении с уровнем половых гормонов, что отражено графически (см. рис. 7).

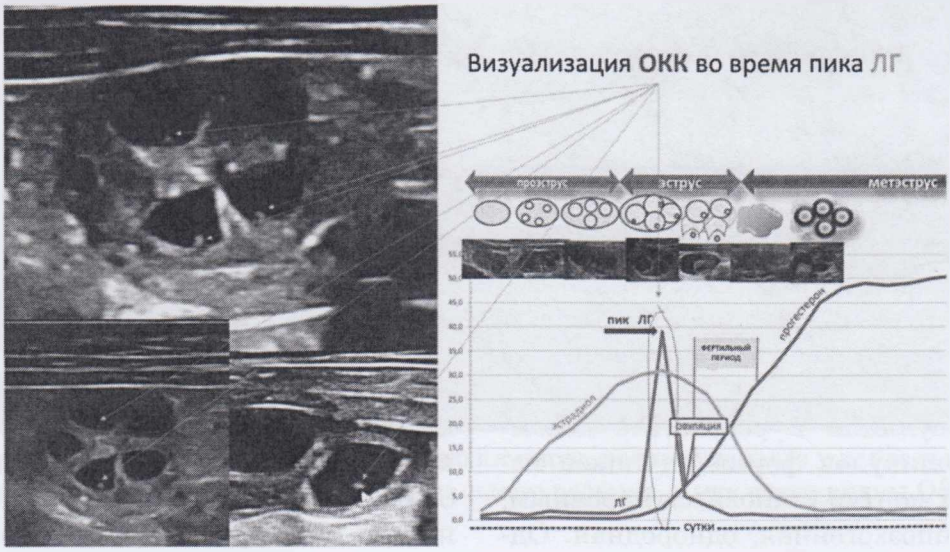

Рис. 7. Ультрасонографическая картина яичников в преовуляторный период и схема изменения уровня гормонов при смене стадий полового цикла в сопоставлении с трансформацией гонад при УЗИ

При получении эмбрионов *ex vivo* нами установлен факт оплодотворения у 100 % собак. Поэтому мы рекомендуем проводить вязки или ИО свежей спермой после установленной овуляции двухкратно на 2-е и 4-е сут от выявленного старта овуляции. Нами установлен оптимальный срок вымывания ооцитов и эмбрионов у собак. Состояние гонад и эффективность процедуры получения эмбрионов отражены в таблице. Получение меньшего количества ооцитов и эмбрионов, нежели чем выявлено фолликулов и желтых тел, может быть связано с многими факторами: стимуляцией течки молодым животным, сложностями в технике вымывания и визуализации мелких объектов.

Таблица

Сопоставление количества фолликулов, желтых тел с количеством вымытых эмбрионов и ооцитов у собак в возрасте 11 мес. – 2 года породы лабрадор-ретривер

Исследование/процедура	Результат
Среднее количество фолликулов в обеих яичниках у одной самки, выявленных при УЗИ в предовуляторный период	9,91±1,4
Среднее количество желтых тел в обеих яичниках у одной самки, выявленных во время операции по вымыванию эмбрионов	9,13±1,1
Средний диаметр фолликулов в преовуляторный период, мм	9,72±0,9

Исследование/процедура	Результат
% собак, у которых выявлены кисты в яичниках после овуляции	8,9±0,7
Среднее количество вымытых объектов у одной собаки из фаллопиевых труб в промежутке 3–4 сут после предполагаемого пика ЛГ	Ооциты MII: 7,9±0,7 Ооциты MI: 1,2±0,4
Среднее количество вымытых объектов из матки одной собаки через 8–9 сут после предполагаемого пика ЛГ	Эмбрионы на стадии морулы: 8,7±1,2 Дегенерированные эмбрионы: 2±1,4
Среднее количество вымытых объектов из матки одной собаки через 11–12 сут после предполагаемого пика ЛГ	Эмбрионы на стадии бластоцисты: 7,9±0,7; Дегенерированные эмбрионы: 1,6±0,9

Для получения большего количества эмбрионов на стадии морулы рекомендуем проводить вымывание эмбрионов на 8–9 сут от выявленного уровня прогестерона от 2,5 до 4 нг/мл и факта визуализации ОКК; для получения эмбрионов на стадии бластоцисты – на 11–12 сут от тех же параметров прогестерона и результатов УЗИ. Для получения ооцитов на стадии MII для дальнейшего проведения ЭКО рекомендуем проводить их вымывание из фаллопиевых труб на 3–4 сут после предовуляторного подъема прогестерона (рис. 8).

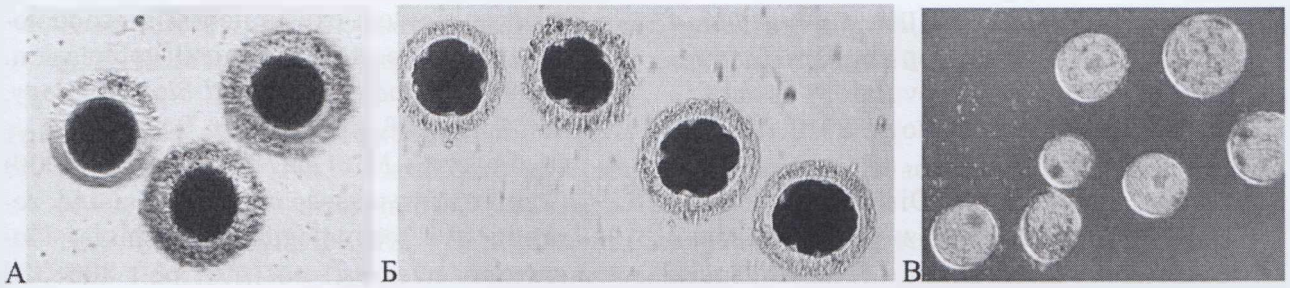

Рис. 8. Полученные ооциты собаки:
А, Б – эмбрионы на стадии морулы; **В** – эмбрионы на стадии бластоцисты

Заключение. В репродукции мелких домашних животных ВРТ развиваются большими темпами – от усовершенствования методов ИО до эмбриотрансфера [2, 9, 11, 12]. Полученные нами данные дают объективную информацию о морфофункциональном состоянии гонад, которые значительно повышают результативность процедур. Метод УЗИ позволяет выявить овуляцию, подсчитать количество фолликулов (оценить плодовитость самки). Кроме этого, нами впервые установлен факт визуализации ОКК в фолликулах яичников собак с одновременным сопоставлением результатов анализов крови на определение уровня прогестерона. Данные нашего исследования позволяют точно определить период лютеинизации и овуляции, а также установить количество ОКК, что позволяет подобрать программу ВРТ конкретно под животное. Данные сонографии фолликулов с ОКК в сопоставлении с уровнем прогестерона позволяют получить большее количество ооцитов для ЭКО и эмбрионов нужной стадии развития для дальнейшего эмбриотрансфера или их витрификации.

Список источников

1. *Дюльгер Г. П., Колядина Н. И., Акчурин С. В. и др.* Выбор оптимального времени и методы искусственного осеменения собак // Российский ветеринарный журнал. 2023. № 2. С. 23–31.
2. *Зиновьева Н. А., Позябин С. В., Чинаров Р. Ю.* Вспомогательные репродуктивные технологии: история становления и роль в развитии генетических технологий в скотоводстве (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 2. С. 225–242.
3. *Колядина Н. И., Хуснетдинова Н. Ф., Позябин С. В. и др.* Первый российский опыт эмбриотрансфера у домашней собаки: экспериментальная методология и перспективы клинического примене-

ния // Ветеринарная зоотехника и биотехнология. 2024. Т. 5. № 126. С. 6–13.
4. *Розинский С. М., Гнездилова Л. А.* Сравнительная оценка вспомогательных репродуктивных технологий у животных // Ветеринарные науки. 2009. № 27. С. 336–338.
5. *Слесаренко Н. А., Колядина Н. И., Обухов И. Л.* Эхографическая характеристика яичников самок собак в разные стадии полового цикла // Ветеринария. 2019. № 3. С. 46–49.
6. *Alres L. P. N. et al.* Ultrasonographic aspects of the uterus and ovaries of bitches during the estrous cycle paper review // Rev. Bras. Reprodução Anim. 2021. Vol. 45. No. 1. Pp. 3–11.
7. *Bergeron L. H. et al.* An evaluation of B-mode and color Doppler ultrasonography for detecting periovulatory events in the bitch // Theriogenology. 2013. Vol. 79. No. 2. Pp. 274–283.
8. *Conze T., Wehrend A.* Die sonographische Darstellung der kaninen physiologischen Ovarien // Tierärztliche Prax. Ausgabe K Kleintiere / Heimtiere. 2018. Vol. 46. No. 03. Pp. 195–200.
9. *Freitas L. A. et al.* Two-dimensional sonographic and Doppler changes in the uteri of bitches according to breed, estrus cycle phase, parity, and fertility // Theriogenology. 2017. Vol. 95. Pp. 171–177.
10. *Groppetti D. et al.* Periovulatory time in the bitch: What's new to know? // Anim. Reprod. Sci. 2015. Vol. 152. Pp. 108–116.
11. *Hollinshead F., Hanlon D.* Normal progesterone profiles during estrus in the bitch: A prospective analysis of 1420 estrous cycles // Theriogenology. 2019. Vol. 125. Pp. 37–42.
12. *Kunanusont N., Punyadarsaniya D., Ruenphet S.* Accuracy and precision guidelines for optimal breeding time in bitches using in-house progesterone measurement compared with chemiluminescent microparticle immunoassay // Vet. World. 2021. Vol. 14. No. 3. Pp. 585–588.
13. *Utomo BGR P. I.* Dynamic of Vaginal pH and Ovary Ultrasound Imaging of Kintamani Bali bitch during proestrus to estrus phase // Int. J. Vet. Sci. Med. 2023. Vol. 12. Pp. 242–247.

References

1. Dyulger G. P., Kolyadina N. I., Akchurin S. V. et al. (2023) Selection of the optimal time and methods of artificial insemination of dogs. *Russian Veterinary Journal*, no. 2, pp. 23–31 (In Russ.).
2. Zinovieva N. A., Pozyabin S. V., Chinarov R. Yu. (2020) Assisted reproductive technologies: history of formation and role in the development of genetic technologies in cattle breeding (review). *Agricultural Biology*, vol. 55, no. 2, pp. 225–242 (In Russ.).
3. Kolyadina N. I., Khusnetdinova N. F., Pozyabin S. V. et al. (2024) The first Russian experience of embryo transfer in a domestic dog: experimental methodology and prospects for clinical application. *Veterinary zootechnics and biotechnology*, vol. 5, no. 126, pp. 6–13 (In Russ.).
4. Rozinsky S. M., Gnezdilova L. A. (2009) Comparative assessment of assisted reproductive technologies in animals. *Veterinary sciences*, no. 27, pp. 336–338 (In Russ.).
5. Slesarenko N. A., Kolyadina N. I., Obukhov I. L. (2019) Echographic characteristics of the ovaries of female dogs at different stages of the sexual cycle. *Veterinary science*, no. 3, pp. 46–49 (In Russ.).
6. Alres L. P. N. et al. (2021) Ultrasonographic aspects of the uterus and ovaries of bitches during the estrous cycle paper review. *Rev. Bras. Reprodução Anim.*, vol. 45, no. 1, pp. 3–11.
7. Bergeron L. H. et al. (2013) An evaluation of B-mode and color Doppler ultrasonography for detecting periovulatory events in the bitch. *Theriogenology*, vol. 79, no. 2, pp. 274–283.
8. Conze T., Wehrend A. (2018) Die sonographische Darstellung der kaninen physiologischen Ovarien. *Tierärztliche Prax. Ausgabe K Kleintiere / Heimtiere*, vol. 46, no. 03, pp. 195–200.
9. Freitas L. A. et al. (2017) Two-dimensional sonographic and Doppler changes in the uteri of bitches according to breed, estrus cycle phase, parity, and fertility. *Theriogenology*, vol. 95, pp. 171–177.

10. Groppetti D. et al. (2015) Periovulatory time in the bitch: What's new to know? *Anim. Reprod. Sci.*, vol. 152, pp. 108–116.
11. Hollinshead F., Hanlon D. (2019) Normal progesterone profiles during estrus in the bitch: A prospective analysis of 1420 estrous cycles. *Theriogenology,* vol. 125, pp. 37–42.
12. Kunanusont N., Punyadarsaniya D., Ruenphet S. (2021) Accuracy and precision guidelines for optimal breeding time in bitches using in-house progesterone measurement compared with chemiluminescent microparticle immunoassay. *Vet. World*, vol. 14, no. 3, pp. 585–588.
13. Utomo BGR P. I. (2023) Dynamic of Vaginal pH and Ovary Ultrasound Imaging of Kintamani Bali bitch during proestrus to estrus phase. *Int. J. Vet. Sci. Med.,* vol. 12, pp. 242–247.

Информация об авторах:

Н. И. КОЛЯДИНА – кандидат ветеринарных наук, руководитель центра репродукции и неонатологии;
Н. Ф. ХУСНЕТДИНОВА – кандидат биологических наук, доцент;
С. В. ПОЗЯБИН – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор РАН, ректор, заведующий кафедрой ветеринарной хирургии;
Б. И. РОМИДОНОВ – ветеринарный врач, руководитель ЛДВЦ МВА;
А. Б. РОМИДОНОВ – аспирант кафедры хирургии, главный врач ЛДВЦ МВА.

Information about the authors:

N. I. KOLYADINA – Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Reproduction and Neonatology Center of the LDVC MVA;
N. F. KHUSNETDINOVA – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
S. V. POZYABIN – Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of Surgery;
B. I. ROMIDONOV – Veterinarian, Head of the LDVC MVA;
A. B. ROMIDONOV – Postgraduate Student of the Department of Surgery of the Federal State Budgetary Educational Institution.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.12.2024; одобрена после рецензирования 15.12.2024; принята к публикации 20.12.2024.
The article was submitted 10.12.2024; approved after reviewing 15.12.2024; accepted for publication 20.12.2024.

Научная статья
УДК 619:615.9:612(018)
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502102

Оценка терапевтической эффективности разработанного хитозанового энтеросорбента при лечении острого панкреатита

Елена Сергеевна Кастарнова[1], Владимир Александрович Оробец[2], Дмитрий Алексеевич Зинченко[3], Елизавета Игоревна Синякова[4]

[1, 2, 3, 4] Ставропольский государственный университет, г. Ставрополь, Россия

[1] elena-kastarnova@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2843-2473;

[2] orobets@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4774-263X

Автор, ответственный за переписку:
Елена Сергеевна Кастарнова, elena-kastarnova@mail.ru

Аннотация

Применение хитозана в ветеринарной практике способствует решению многих вопросов связанных с использованием лекарственных средств, которые должны попасть непосредственно в очаг патологического процесса. В статье представлены данные изучения структуры и свойств хитозанового энтеросорбента при лечении острого панкреатита у собак. В ходе научной работы данный препарат показал эффективность в лечении острого панкреатита у собак различной этиологии, а также было установлено, что оптимальная доза составляла 1,5 мл/кг массы животного с интервалом 13 ч. Стоит отметить, что данный препарат оказался простым в использовании и имел хорошую переносимость.

Ключевые слова: хитозан, энтеросорбент, панкреатит, собаки, разработка препарата, лечение панкреатита

Для цитирования: *Кастарнова Е. С., Оробец В. А., Зинченко Д. А., Синякова Е. И.* Оценка терапевтической эффективности разработанного хитозанового энтеросорбента при лечении острого панкреатита // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 16–25. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502102

Original article

Evaluation of the therapeutic efficacy of the developed chitosan enterosorbent in the treatment of acute pancreatitis

Elena S. Kastarnova[1], Vladimir A. Orobets[2], Dmitry A. Zinchenko[3], Elizaveta I. Sinyakova[4]

© Кастарнова Е. С., Оробец В. А., Зинченко Д. А., Синякова Е. И., 2025

[1, 2, 3, 4] Stavropol State University, Stavropol, Russia
[1] elena-kastarnova@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2843-2473;
[2] orobets@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4774-263X

Corresponding author:
Elena S. Kastarnova, elena-kastarnova@mail.ru

Abstract

The aim of the study is to use chitosan enterosorbent in the treatment of acute pancreatitis in dogs. Methodology: the study was conducted on the basis of the Department of Therapy and Pharmacology of Stavropol State Agrarian University. The objects of the study were dogs of different breeds, which were orally administered this drug. In the course of scientific work, this drug has shown effectiveness in the treatment of acute pancreatitis in dogs of various etiologies, and it was also found that the optimal dose was 1.5 ml / kg of animal weight with an interval of 13 hours. It is worth noting that this drug turned out to be easy to use and had good tolerability.

Keywords: chitosan, enterosorbent, pancreatitis, dogs, drug development, pancreatitis treatment.

For citation: Kastarnova E. S., Orobets V. A., Zinchenko D. A., Sinyakova E. I. (2025) Evaluation of the therapeutic efficacy of the developed chitosan enterosorbent in the treatment of acute pancreatitis // Veterinary, animal science, and biotechnology. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 16–25. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502102

Введение. Система поддержания постоянства внутренней среды организма сбивается при критических состояниях, токсемиях, патологических процессах в пищеварительном канале, которые в дальнейшем сопутствуют выраженным нарушениям процессов всасывания и секреции. При взаимодействии органов и систем на фоне функционально-относительной специализации возможно распределение метаболической нагрузки, усиление функций пищеварительного канала при детоксикации, выведении продуктов обмена и др. Данный процесс можно улучшить путем введения в терапию энтеросорбентов, в основе которых лежит способность очистить организм от воздействия токсических веществ, аллергенов, ядов, а также укрепить иммунитет, способствуя быстрому выздоровлению.

На сегодняшний день большой интерес вызывают препараты на основе хитозана. Он имеет уникальную линейную фибриллярную поликатионную структуру, которая позволяет обеспечивать адгезионное сродство к компонентам клеточной мембраны. Данный полисахарид имеет высокую биосовместимость, низкое раздражающее действие на слизистые оболочки кишечника, что позволяет его химическим производным свободно использоваться при лечении сильных интоксикаций. Полимер нетоксичен даже при условиях больших дозировок. Чем ниже молекулярная масса и меньше размер, тем быстрее хитозан обнаружит точки взаимодействия с глобулой фермента, что необходимо для образования молекулярного комплекса.

Хитозан является сополимером N-ацетилглюкозамина и глюкозамина, полученных из хитина, который извлекается из раковин ракообразных. Существует множество процессов, которые могут быть использованы для инкапсуляции лекарств в матрицах хитозана, таких как ионотропное гелирование, спрей-сушка, эмульгированное-растворительное испарение и коакервация. Комбинации этих процессов также используются для получения микрочастиц с определенными свойствами и производительностями.

В качестве модели заболевания для оценки новой лекарственной формы препарата мы выбрали острую форму панкреатита у собак. У собак, страдающих от тяжелых

SDVG Ростов-на-Дону
Инв № 137058

форм панкреатита, наиболее часто присутствуют следующие клинические признаки: анорексия (91 %), рвота (90 %), слабость (79 %), боли в животе (58 %), обезвоживание (46 %) и диарея (33 %). Однако важно отметить, что эти результаты не являются общими признаками, которые всегда встречаются у всех пациентов с панкреатитом, поступающих в ветеринарные клиники.

Материалы и методы. Исследования препарата проводились в период января 2023 по январь 2024 г. на базе кафедры терапии и фармакологии в Ставропольском государственном аграрном университете.

Для инкорпорации в хитозан выбрали такие вещества, как аскорбат натрия и ацетат натрия. Аскорбат натрия – это биологически активная добавка (БАД) к пище, представляющая собой натриевую соль витамина С, который является водорастворимым. Ацетат натрия – это натриевая соль уксусной кислоты. В медицине он применяется в сочетании с другими химическими соединениями для дезинтоксикации и гидратации. Это средство способно восстанавливать водный и электролитный баланс при обезвоживании, стимулирует выведение жидкости и предотвращает развитие метаболического ацидоза. Для лучшего поедания препарата в состав добавили пищевой ароматизатор «Говядина» М инкапсулированный.

Эксперименты на животных проводились согласно правилам, принятым Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей, а также приказу Минздрава СССР от 12.08.1977 № 755.

Основной целью исследования было изучение кинетической сорбции панкреатических ферментов из тонкокишечного химуса у животных, страдающих панкреатитом, путем введения хитозановых гелей в двенадцатиперстную кишку. Контрольная группа животных на протяжении всего опыта получала комплексную терапию и лекарственную форму сорбента «Смекта» согласно инструкции.

Собаки содержались в стационаре ветеринарной клиники в стандартных условиях, в качестве корма использовали сухие корма Purina® Pro Plan® Veterinary diets® EN GASTROINTESTINAL. Анализировались физические показатели здоровья животных: температура тела, частота дыхательных движений (ЧДД), чистота сердечных сокращений (ЧСС). Проводили пальпацию, перкуссию, аускультацию и определяли состояние слизистых оболочек.

На момент исследования животные были разделены на опытную и контрольную группы. Каждая группа формировалась по породе, полу, возрасту и массе. В эксперименте использовались собаки различных пород (померанский шпиц, йоркширский терьер, бишон Фризе, чихуахуа, русский той, мопс, французский бульдог, пекинес, ши-тцу, болонка) в возрасте от 4 мес. до 5 лет (самцы и самки) с массой тела 3–10 кг.

Для диагностики заболевания поджелудочной железы у собак использовали такие методы исследования, как первичный осмотр животного (термометрия, пальпация, аускультация), дополнительные методы исследования включали в себя лабораторные анализы (гематологический и биохимический анализ крови) и диагностический метод исследования (УЗИ брюшной полости).

Для определения оптимальной терапевтической дозировки препарата задействовали 40 собак в возрасте от 4 мес. до 5 лет с диагностированным острым панкреатитом. Для эксперимента были сформированы три опытных группы (по 10 собак в каждой) и одна контрольная группа.

Для каждой группы собак с определенной степенью тяжести была применена основная терапия для лечения острого панкреатита.

Основная цель: снятие болевого синдрома, снижение нагрузки на поджелудочную железу, стимуляция механизмов ее самовосстановления, а также предотвращение системных осложнений, некроза поджелудочной железы и предупреждение инфицирования при развитии некроза.

Вместе с основной терапией животные опытных групп получали хитозановый энтеросорбент, который давали перорально, в дозировках 1,0; 1,5; и 2,0 мл/кг массы животного, 3 раза в день, на протяжении 6 сут.

Контрольной группе животных применяли комплексную терапию совместно с со-

рбентом «Смекта», перорально, в дозировке 1,0 мл/кг массы тела, 3 раза в день, в течение 10 сут.

Результаты и обсуждение. Изучая информацию зарубежных ученых (Mateescu Romanita et al., 2012), было обнаружено, что из 573 собак, страдающих заболеваниями пищеварительного канала, острый панкреатит был обнаружен у 56 собак, что составляет 9,77 %. Среди них были 21 самец и 35 самок в возрасте от 5 до 17 лет. Ранее проведенные исследования в Нью-Йоркском центре медицины животных показали, что заболеваемость панкреатитом составляла 21 % из 73 вскрытых собак. В другом исследовании (Newman S. J. et al., 2007) было выявлено наличие признаков острого панкреатита у 64 % из 208 вскрытых собак. Общие данные позволяют сделать предположение, что панкреатит у собак встречается намного чаще, чем его удавалось диагностировать.

При поступлении животного в клинику собирали анамнез, особое внимание уделяли клиническим симптомам. Далее при определении тяжести острого панкреатита мы госпитализировали животное в стационар, где оно проходило дальнейшее лечение. В рамках лечения проводили термометрию, пульсометрию и подсчет частоты дыхательных движений (табл. 1).

Таблица 1

Показатели температуры тела, частоты дыхания и сердечных сокращений у собак, больных панкреатитом

Группа	Температура, °С	Пульс, уд./мин.	Частота дыхания дых. дв./мин
Контроль	38,0	81	17
Опыт	39,05±0,3	125,91±3,56	31,63±4,94

Лабораторные показатели крови оценивались в динамике. Первоначально производили забор проб в день обращения в клинику, затем повторяли анализы во время лечения и в день завершения терапии. Первичные данные представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Гематологические показатели крови собак, больных острым панкреатитом

Показатель	Единицы измерения	Контроль (n=40)	Результаты исследований
Лейкоциты ↑	10^{x9}/л	10,6±0,01	18,77±0,01
Эритроциты↑	10^{x12}/л	6,85±0,01	10,64±0,01
Гемоглобин ↑	г/л	138±0,6	190±0,7
СОЭ↑	мм/ч	2,7±0,06	13,7±0,07
Лимфоциты	%	29±0,5	30±0,5
Гранулоциты↑	%	54±0,5	67,3±0,1
Гематокрит ↑	%	40±0.7	64±0,5
Средний объём эритроцитов	fL	64±0,5	74,2±0,05
Средняя концентрация гемоглабина	г/л	310±0,6	392,4±0.05
Тромбоциты	10^{x9}/л	320±0,5	273.1±0,06
Эозинофилы	%	1,5±0.07	4,8±0,05

Примечание: * – p<0,05 по отношению к контролю.

В ходе анализа гематологических показателей заметны явные изменения уровня лейкоцитов. Кроме того, мы отмечали повышение уровня эритроцитов, гемоглобина и гематокрита, что указывает на наличие обезвоживания пациентов. Было отмечено значительное повышение скорости оседания эритроцитов, что свидетельствует о прогрессировании воспалительного процесса в организме собак.

Анализируя представленные результаты, можно сделать вывод, что острый панкреатит сопровождается выраженными клиническими проявлениями и показателями гематологического анализа.

Наблюдения, выполненные в ходе нашего опыта, подтвердили, что при панкреатите часто наблюдается повышение содержания печеночных ферментов и желчных кислот. Были отмечены изменения в уровнях АЛТ и АСТ, а также повышения общего и прямого билирубина, креатинина и мочевины в крови животных.

Исходя из данных нашего исследования, мы полагаем, что острый панкреатит резко нарушает гомеостаз организма, сопровождаясь синдромом эндогенной интоксикации. Биохимические исследования показали интенсивное изменение маркеров этого синдрома, включая повышение печеночных трансаминаз, билирубина, креатинина и мочевины, а также снижение общего белка.

Результаты клинического и биохимического анализов крови собак представлены в табл. 4.

Исследования показали, что лечение острого панкреатита хитозановым энтеросорбентом в дозе 1,5 мл/кг массы животного 3 раза в день в течение 3–6 сут эффективнее, чем дозировка 1,0 мл/кг. Уже в первые сутки отмечено благоприятное течение острого панкреатита. Животные стали более активные и с охотой употребляли предложенный корм и воду, боль при пальпации уменьшилась.

Результаты опыта по определению оптимальной дозы препарата представлены в табл. 5.

Таблица 3

Биохимическое исследование крови собак при остром панкреатите

Показатель	Единицы измерения	Контроль (n=40)	Результаты исследования
Общий белок↓	g/L	70±0,9	45±1,1
Глюкоза	mmol/	4,8±0,09	6,1±0,09
Общий билирубин↑	umol/L	6,3±0,05	12,20±0,01
Прямой билирубин↑	umol/L	0,7±0,05	4,9±0,09
Аспартат-амино-трансфераза↑	1U/L	20±0,5	74,4±0,06
Аланин-амино-трансфераза↑	1U/L	52±1,06	87,2±0,05
Триглицериды	mmol/	0,8±0,05	3,3±0,0,06
Щелочная фосфатаза↑	1U/L	76±0,05	127±0,06
Креатинин ↑	umol/L	113±0.6	178,3±0,05
Мочевина↑	mg/dL	6,3±0,05	10,93±0,01
Липаза ↑	mmol/	156±0,7	677±0,9
Панкреатическая амилаза↑	E/л	450±0,8	700±0,9
Кальций ↓	mmol/	2,7±0,09	1,83±0,01
Магний	mmol/	0,93±0,01	0,64±0,01

Примечание: *– p≤0, 05 по отношению к контролю.

Таблица 4

Показатели крови собак после перорального введения хитозанового энтеросорбента

Показатель	Единицы измерения	Норма	Группа								
			1,0 мл/кг массы животного			1,5 мл/кг массы животного			2,0 мл/кг массы животного		
			Период, сут			Период, сут			Период, сут		
			3	4	6	3	4	6	3	4	6
Гемоглобин	г/л	120–180	180±0,5	176±0,6	167±0,5	170±0,5	166±0,5	150±0,6	174±0,6	155±0,6	130±0.5
Эритроциты	10^{x12}/л	5,5–8,5	8,5±0,09	8,0±0,1	7,8±0,1	8.0±0.09	7,4±0,08	6,8±0,09	7,2±0,09	6,5±0,05	6,2±0,05
Лейкоциты	10^{x9}/л	6–17	17±0,6	16,7±0,09	16,5±0,1	16.7±0,1	16,6±0,1	16,5±0,1	16,1±0,05	16±0,05	16±0,05
СОЭ	мм/ч	2,0–3,5	6,7±0,1	4,9±0,07	3,5±0,09	5,9±0,1	3,6±0,06	3,3±0,2	4,9±0,03	3,5±0,06	3,0±0,05
Общий белок	g/L	55–75	52±0,9	55±1,2	59±1,2	54±1,2	57±0.8	60±0,9	58±0,5	63±0,5	63±0.5
Глюкоза	mmol/L	3,8–5,55	5,5±0,1	5,3±0,1	5,0±0,1	5,3±0,07	5.1±0,06	5,0±0,06	5,0±0,1	4,9±0,1	4,8±0,09
Общий билирубин	umol/L	1,71–10,26	10,26±0,01	10,20±0,01	10,15±0,01	10,21±0,01	10,10±0,01	10,05±0,01	9,6±0,1	8,4±0,06	5,3±0,05
Щелочная фосфатаза	1U/L	8–76	80±0,9	76±0,9	68±0,9	77±0,9	70±0,9	60±0,9	70±0,9	62±0,5	55±1,1
Липаза	mmol/L	30–560	600±1,2	560±1,5	554±4,2	560±1,06	552±0,9	552±0,9	550±0,9	550±0,9	550±0,9
Панкреатическая амилаза	Е/л	350–550	653±0,6	600±1,2	550±1,5	550±0,5	543±0,7	541±0,6	534±0,5	531±0,8	531±0.8
Креатинин	umol/L	44,2–141,4	150,1±0,05	142,4±0,09	131,7±0,09	141,2±0,09	133,7±0,09	127,4±0,09	120,3±0,05	100,7±0,09	80,4±0,07
Мочевина	mg/dL	1,46–4,3	6,1±0,06	4,3±0,1	3,6±0,1	4,3±0,09	3,2±0,09	2,9±0,09	4,0±0,09	3,0±0,05	2,2±0,05
Аспартатамино-трансфераза	1U/L	8,9–48,5	54,3±0,06	48,5±0,11	40,0±0,05	48,0±0,09	39,7±0,05	28,6±0,05	40,4±0,09	35,6±0,05	23,5±0,06
Аланинамино-трансфераза	1U/L	8,2–57,3	66,5±0,1	57,3±0,07	50,1±0,1	56,3±0,1	46,1±0,08	32,4±0,09	44,4±0,09	30,7±0,05	24,4±0,15

Примечание: *– $p \leq 0,05$ по отношению к контролю.

Таблица 5

Титрация доз хитозановой лекарственной формы энтеросорбента для лечения острого панкреатита собак, n=10

Показатель	Группа животных		
	1	2	3
Дозировка препарата, мл/кг	1,0	1,5	2,0
Интервал между приемом препарата, ч	13	13	13
Выздоровело, гол.	10	10	10
Пало, гол.	0	0	0
Выздоровление, сут	7–8	3–6	3–6
Терапевтическая эффективность, %	100	100	100

На основании результатов проведенных исследований установлено, что по показателю терапевтической эффективности применение хитозанового энтеросорбента во всех испытанных дозах оказалось на уровне 100 %, однако есть явное различие в сроках выздоровления. Так, при применении изучаемого препарата в дозе 1,0 мл/кг улучшение общего состояния наблюдали на 6-е сут, а клиническое выздоровление собак на 7–8 сут.

Применение хитозановой лекарственной формы энтеросорбента в дозе 1,5 и 2,0 мл/кг способствовало снижению температуры тела собак до физиологической нормы к 2-м сут лечения. На 3–6-е сут животные стали активными, хорошо поедали корм, пили воду, рвота, диарея и болевой синдром отсутствовали.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что пероральное введение гелиевых форм хитозановых сорбентов представляет собой эффективный и безопасный способ детоксикации при остром панкреатите.

Выводы. При изучении применения различных доз хитозанового энтеросорбента было установлено, что оптимальная доза для лечения острого панкреатита собак, вызванного различной этиологией, составляет 1,5 мл/кг массы тела животного с интервалом 13 ч. Данный препарат оказался простым в использовании за счет того, что гель имеет вкусовую добавку, которую собаки прекрасно поедали самостоятельно, не вызывая стресса. Животные показали хорошую переносимость препарата.

Список источников

1. *Алейник И. В., Дерезина Т. Н., Ушакова Т. М.* Влияние пищевых белков на липолитическую активность поджелудочного сока // Медицина Кыргызстана. 2019. № 2. С. 5–9.
2. *Арефьева А. Б., Карамян А. С.* Определение панкреатической липазы у собак при остром панкреатите // Приоритетные направления развития современной науки молодых ученых аграриев. 2016. № 2. С. 669.
3. *Бегдуллаев А. К., Маншарипова А. Т., Джусипов А. К. и др.* Проблема направленного транспорта лекарственных веществ в клинической практике // Терапевтический вестник. 2008. Т. 17. № 1. С. 32–36.
4. *Беленький М. Л.* Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Медгиз, 1963. 146 с.
5. *Беляева М. В.* Совершенствование лечебных мероприятий при вторичной гиперлипидемии собак: дис. … канд. вет. наук. Саратов, 2016.
6. *Бескоровайная О. П., Мышкина В. Л.* Особенности морфологического и гистохимического состояния печени и поджелудочной железы при панкреатите у собак // Ветеринария сегодня. 2017. № 2. С. 56–60.
7. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности = Occupational safety standards system. Noxious substances. Classification and general safety

requirements: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.03.76 N 579-ст: введен впервые: дата введения 1977-01-01. М.: Стандартинформ, 2007. 7 с.

8. *Зиганшин А. У., Зиганшина Л. Е.* Наночастицы: фармакологические надежды и токсикологические проблемы // Казанский медицинский журнал. 2008. Т. 89. № 1. С. 1–7.
9. *Кирпичников М. П., Шайтан К. В.* О развитии нанобиотехнологии // Инновации. 2007. Т. 110. № 12. С. 55–61.
10. *Рецкий М. И., Каверин Н. Н., Аргунов М. Н.* Токсикология: учебное пособие для вузов. Ч. 1. Воронеж, 2006.
11. *Стрекалова О. С.* Фосфолипидные наночастицы: получение, характеристика, использование для транспорта лекарств в организме: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2010. 24 с.
12. *Соснов А. В., Иванов Р. В., Балакин К. В. и др.* Разработка систем доставки лекарственных средств с применением микро- и наночастиц // Качественная клиническая практика. 2008. № 2. С. 4–12.
13. *Толчева Е. В., Оборотова Н. А.* Липосомы как транспортное средство для доставки биологически активных молекул // Российский био-терапевтический журнал. 2006. Т. 5. № 1. С. 54–61.
14. *Шляхто Е. В.* Инновационные нанотехнологии в медицине и биологии // Инновации. 2008. Т. 116. № 6. С. 54–59.
15. *Bang C., Thum T.* Exosomes: New players in cell-cell communication // The International Journal of Biochemistry & Cell Biology. 2012. Vol. 44. No. 11. Pp. 2060–2064.
16. *Choi D. S., Kim D. K., Kim Y. K. et al.* Proteomics, transcriptomics, and lipidomics of exosomes and ectosomes // Proteomics. 2013. Vol. 13. No. 10–11. Pp. 1554–1571.
17. *Drazner F. H.* Diseases of the pancreas // Canine and Feline Gastroenterology / ed. by F. H. Drazner, W. B. Saunders, B. D. Jones // Philadelphia. 1986. No. 10 (8). Pp. 295–234.
18. *Esrefoglu M.* Experimental and clinical evidence of antioxidant therapy in acute pancreatitis // World journal of gastroenterology: WJG. 2012. Vol. 18. No. 39. P. 5533.
19. *Freeman L. M.* Antioxidant status and biomarkers of oxidative stress in dogs with congestive heart failure // Journal of Veterinary Internal Medicine. 2005. Vol. 19. No. 4. Pp. 537–541.
20. *Ge R., Tan E., Sharghi-Namini S. et al.* Exosomes in Cancer Microenvironment and Beyond: have we Overlooked these Extracellular Messengers // Cancer Microenvironment. 2012. Vol. 5. No. 3. Pp. 323–332.
21. *Johnstone R. M.* Exosomes biological significance: a concise review // Blood Cells, Molecules and Diseases. 2006. Vol. 36. No. 2. Pp. 315–321.
22. *Liu R., Liu J., Ji X.* Synthetic nucleic acids delivered by exosomes: a potential therapeutic for generelated metabolic brain diseases // Metabolicbraindisease. 2013. No. 28 (4). Pp. 551–562.

References

1. Aleinik I. V., Aleinik I. V., Derezina T. N. et al. (2019) The influence of dietary proteins on the lipolytic activity of pancreatic juice. *Medicine of Kyrgyzstan*, no. 2, pp. 5–9.
2. Arefieva A. B., Karamyan A. S. (2016) Determination of pancreatic lipase in dogs with acute pancreatitis. *Priority areas of development of modern science of young agricultural scientists*, no. 2, p. 669.
3. Begdullaev A. K., Mansharipova A. T., Dzhusipov A. K. et al. (2008) The problem of directed transport of drugs in clinical practice. *Therapeutic Bulletin*, vol. 17, no. 1, pp. 32–36.
4. Belenkiy M. L. (1963) Elements of quantitative assessment of pharmacological effect. 2nd ed., revised. and additional. Leningrad: Medgiz. 146 p.
5. Belyaeva M. V. (2016) Improving therapeutic measures for secondary hyperlipidemia in dogs: dis. ... cand. of veterinary sciences. Saratov.
6. Beskorovaynaya O. P., Myshkina V. L. (2017) Features of the morphological and histochemical state of the liver and pancreas in pancreatitis in dogs. *Veterinary science today*, no. 2, pp. 56–60.

7. GOST 12.1.007-76. Harmful substances. Classification and general safety requirements = Occupational safety standards system. Noxious substances. Classification and general safety requirements: interstate standard: official publication: approved and put into effect by the Resolution of the USSR State Standards Committee dated 10.03.76 N 579-st: introduced for the first time: date of introduction 1977-01-01. Moscow: Standartinform. 2007. 7 p.
8. Ziganshin A. U., Ziganshina L. E. (2008) Nanoparticles: pharmacological hopes and toxicological problems. *Kazan Medical Journal*, vol. 89, no. 1, pp. 1–7.
9. Kirpichnikov M. P., Shaitan K. V. (2007) On the development of nanobiotechnology. *Innovations*, vol. 110, no. 12, pp. 55–61.
10. Retsky M. I., Kaverin N. N., Argunov M. N. (2006) Toxicology: a textbook for universities. Part 1. Voronezh.
11. Strekalova O. S. (2010) Phospholipid nanoparticles: production, characteristics, use for drug transport in the body: abstract of a dis. ... of candidate of biological sciences. Moscow. 24 p.
12. Sosnov A. V., Ivanov R. V., Balakin K. V. et al. (2008) Development of drug delivery systems using micro- and nanoparticles. *High-quality clinical practice*, no. 2, pp. 4–12.
13. Tolcheva E. V., Oborotova N. A. (2006) Liposomes as a vehicle for delivery of biologically active molecules. *Russian Biotherapeutic Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 54–61.
14. Shlyakhto E. V. (2008) Innovative nanotechnologies in medicine and biology. *Innovations*, vol. 116, no. 6, pp. 54–59.
15. Bang C., Thum T. (2012) Exosomes: New players in cell-cell communication. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, vol. 44, no. 11, pp. 2060–2064.
16. Choi D. S., Kim D. K., Kim Y. K. et al. (2013) Proteomics, transcriptomics, and lipidomics of exosomes and ectosomes. *Proteomics*, vol. 13, no. 10–11, pp. 1554–1571.
17. Drazner F. H. Diseases of the pancreas // Canine and Feline Gastroenterology / ed. by F. H. Drazner, W. B. Saunders, B. D. Jones // Philadelphia. 1986. No. 10 (8). Pp. 295–234.
18. Esrefoglu M. Experimental and clinical evidence of antioxidant therapy in acute pancreatitis // World journal of gastroenterology: WJG. 2012. Vol. 18. No. 39. P. 5533.
19. Freeman L. M. Antioxidant status and biomarkers of oxidative stress in dogs with congestive heart failure // Journal of Veterinary Internal Medicine. 2005. Vol. 19. No. 4. Pp. 537–541.
20. Ge R., Tan E., Sharghi-Namini S. et al. (2012) Exosomes in Cancer Microenvironment and Beyond: have we Overlooked these Extracellular Messengers. *Cancer Microenvironment*, vol. 5, no. 3, pp. 323–332.
21. Johnstone R. M. (2006) Exosomes biological significance: a concise review. *Blood Cells, Molecules and Diseases*, vol. 36, no. 2, pp. 315–321.
22. Liu R., Liu J., Ji X. et al. (2013) Synthetic nucleic acids delivered by exosomes: a potential therapeutic for generelated metabolic brain diseases. *Metabolicbraindisease*, vol. 28 (4), pp. 551–562.

Информация об авторах:

Е. С. КАСТАРНОВА – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры терапии и фармакологии;

В. А. ОРОБЕЦ – доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой терапии и фармакологии;

Д. А. ЗИНЧЕНКО – кандидат биологических наук, доцент кафедры паразитологии и ветсанэкспертизы, анатомии и патанатомии имени профессора С. Н. Никольского;

Е. И. СИНЯКОВА – студентка, техник кафедры терапии и фармакологии.

Contribution of the authors:

E. S. KASTARNOVA – Candidate of Biological Sciences, a researcher at the Department of Therapy and Pharmacology;

V. A. OROBETS – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Therapy and Pharmacology;
D. A. ZINCHENKO – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Parasitology and Veterinary Medicine, Anatomy and Pathanatomy named after Professor S. N. Nikolsky;
E. I. SINYAKOVA – Student, technician of the Department of Therapy and Pharmacology.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

All the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.12.2024; одобрена после рецензирования 16.12.2024; принята к публикации 21.12.2024.
The article was submitted 11.12.2024; approved after reviewing 16.12.2024; accepted for publication 21.12.2024.

Научная статья
УДК 619:636.03
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502103

Влияние кормовой добавки, содержащей полиненасыщенные жирные кислоты, на клиническое состояние собак

Александр Александрович Дельцов[1], Ксения Олеговна Белова[2]
[1, 2] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Российская Федерация
[1] deltsov-81@mail.ru;
[2] ksnbelova@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку:
Александр Александрович Дельцов, deltsov-81@mail.ru

Аннотация

Кормовая добавка «Woofs» является уникальным продуктом с высоким содержанием незаменимых аминокислот, в том числе лизина (3,5 %), метионина и цистина (2,4 %), а также витаминов А (6570 МЕ/кг) и Е (122 МЕ/кг), что благоприятно влияет на здоровье собак, укрепляет их иммунитет и улучшает состояние кожи и шерсти. В данной работе представлены результаты исследования влияния кормовой добавки, содержащей полиненасыщенные жирные кислоты, на клиническое состояние собак. Ежедневное введение в рацион собак различных размеров (от 5 до 20 кг) в рекомендуемой и трехкратной дозе (от 1 до 9 шт.) кормовой добавки «Woofs» не оказывает негативного влияния на общее состояние животных, процесс пищеварения, а также показатели клинического и биохимического анализов крови, не вызывает отравления или гибели. При этом кормовая добавка способствует улучшению качества шерстного покрова и охотно поедается собаками.

Ключевые слова: кормовая добавка, собаки, жирные кислоты, аминокислоты, атлантическая треска, кожа

Для цитирования: *Дельцов А. А., Белова К. О.* Влияние кормовой добавки, содержащей полиненасыщенные жирные кислоты, на клиническое состояние собак // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 26–37. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502103

Original article

Effect of a feed additive containing polyunsaturated fatty acids on the clinical status of dogs

Alexander A. Deltsov[1], Kseniya O. Belova[2]

© Дельцов А. А., Белова К. О., 2025

[2] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin. Moscow, Russia

[1] deltsov-81@mail.ru;
[2] ksnbelova@yandex.ru

Corresponding author:
Alexander A. Del'tsov, deltsov-81@mail.ru

Abstract

The feed additive «Woofs» is a unique product with a high content of essential amino acids, including lysine (3.5%), methionine and cystine (2.4%), as well as vitamins A (6570 IU/kg) and E (122 IU/kg), which has a beneficial effect on the health of dogs, strengthens their immunity and improves the condition of the skin and coat. This paper presents the results of a study of the effect of a feed additive containing polyunsaturated fatty acids on the clinical condition of dogs. Daily introduction of the Woofs feed additive into the diet of dogs of various sizes (from 5 to 20 kg) in the recommended and triple dose (from 1 to 9 pcs) does not have a negative effect on the general condition of the animals, the digestion process, as well as clinical and biochemical blood test results, does not cause poisoning or death. At the same time, the feed additive helps to improve the quality of the coat and is readily eaten by dogs.

Keywords: feed additive, dogs, fatty acids, amino acids, atlantic cod, skin

For citation: Deltsov A. A., Belova K. O. (2025) Effect of a feed additive containing polyunsaturated fatty acids on the clinical status of dogs. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 26–37. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502103

Введение. Общее состояние кожи и шерсти собаки является важным показателем ее здоровья. Несбалансированный рацион, дефицит белка, витаминов, макро- и микроэлементов могут вызывать различные алиментарные болезни и приводить к заметному ухудшению шерстного покрова. Питание собак должно в полной мере удовлетворять их физиологические потребности. В поиске новых компонентов для кормовых добавок внимание привлекает атлантическая треска – ценный источник белка, омега-3 и омега-6 жирных кислот и других питательных веществ [16, 18, 20, 21].

Рыба – источник белков животного происхождения, витаминов A, B, D, G, минеральных веществ (кальций, магний, фосфор, цинк, йод и т. д.), аминокислот, жирных кислот омега-3 [17, 19, 22]. Это легкоусвояемый продукт, а его энергетическая ценность выше мяса. Таким образом, можно смело говорить о том, что рыба очень полезна собакам, особенно в период интенсивного роста.

Омега-3 и омега-6 жирные кислоты являются незаменимыми питательными веществами и должны поступать в организм вместе с пищей [3, 23]. Они способствуют увлажнению кожи и делают шерсть более блестящей и здоровой. Кроме того, жирные кислоты могут быть особенно полезны для животных, имеющих проблемы с опорно-двигательным аппаратом, в частности, с заболеваниями суставов. Включение в рацион собак продуктов, богатых омега-3 и омега-6 жирными кислотами, способствует поддержанию их здоровья [5, 9].

В рационе домашних животных имеют значение три основных типа омега-3 жирных кислот: альфа-линоленовая, эйкозапентаеновая и докозагексаеновая [1, 6, 17]. В основном они содержатся в жирной морской рыбе, а также в льняном масле, грецких орехах и других растительных источниках.

Одним из факторов пользы включения омега-3 и омега-6 жирных кислот в рацион собак является улучшение состояния кожи и шерсти [4, 7]. Незаменимые жирные кислоты поддерживают здоровье кожного покрова и делают шерсть блестящей [11, 13]. Они также могут помочь предотвратить сухость кожи.

Жиры крайне важны для когнитивных и поведенческих функций собак на каждом

этапе их жизни. Все собаки – от щенков до животных пожилого возраста – могут извлечь пользу из кормовых добавок, содержащих незаменимые жирные кислоты [2, 12, 13]. Известно, что добавки с омега-3 важны для поддержания сердечно-сосудистой системы и снижения риска развития сердечных заболеваний. Кроме того, добавки с омега-3 и омега-6 жирными кислотами положительно влияют на иммунную систему собак [8, 15].

Цель исследования. Изучение влияния кормовой добавки, содержащей полиненасыщенные жирные кислоты, на клиническое состояние собак.

Материалы и методы. Работа проводилась на кафедре физиологии, фармакологии и токсикологии имени А. Н. Голикова и И. Е. Мозгова Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина. Исследования проводились в пункте для содержания безнадзорных животных.

Кормовая добавка «Woofs» – экологически чистый гипоаллергенный продукт, представляющий собой сушеную кожу атлантической трески (рис. 1). Кожа трески богата полиненасыщенными жирными кислотами, омега-3 и омега-6, которые положительно влияют на состояние кожи и шерсти собак, улучшают усвоение кальция, укрепляют суставы. Содержание протеина в кормовой добавке составляет 93,4 %; фосфора – 1,98; жира – 1,1 %.

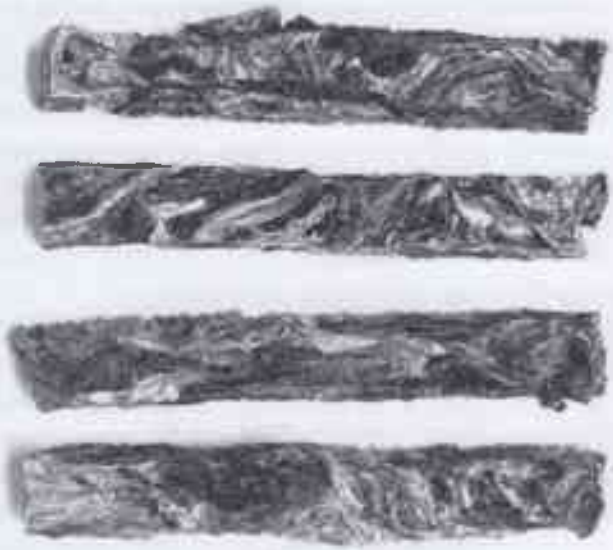

Рис. 1. Кормовая добавка «Woofs» (сушеная кожа атлантической трески)

Кормовая добавка «Woofs» является уникальным продуктом с высоким содержанием незаменимых аминокислот, в том числе лизина (3,5 %), метионина и цистина (2,4 %), а также витаминов А (6570 МЕ/кг) и Е (122 МЕ/кг), что благоприятно влияет на здоровье собак, укрепляет их иммунитет и улучшает состояние кожи и шерсти (табл. 1). Высокое содержание кальция (3,68 %) обеспечивает хороший рост молодых собак, укрепляет кости и профилактирует заболевания, связанные с опорно-двигательным аппаратом.

Таблица 1

Содержание веществ в кормовой добавке Woofs (в 100 г продукта)

Вещество	Содержание
Массовая доля лизина, %	3,5
Массовая доля метионина и цистина, %	2,4
Массовая доля витамина А (ретинол), МЕ/кг	6570
Массовая доля витамина Е (токоферол), МЕ/кг	122
Массовая доля влаги, %	5,2
Массовая доля сырого протеина, %	93,4
Массовая доля сырой клетчатки, %	0,1
Массовая доля фосфора, %	1,98
Обменная энергия, ккал/100 г	395,79
Кальций, %	3,68
Натрий, %	0,73

Состав кормовой добавки «Woofs» (сушеная кожа атлантической трески) подтвержден Испытательным центром ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория» (протокол испытаний от 04.08.2021 № 61922).

Для исследования было сформировано 6 групп клинически здоровых животных, по 10 гол. в каждой:

1) собаки массой тела от 5 до 10 кг, получавшие кормовую добавку в рекомендованной дозе (1 шт./сут);

2) собаки массой тела от 5 до 10 кг, получавшие кормовую добавку в трехкратной дозе (3 шт./сут);

3) собаки массой тела от 10 до 15 кг, получавшие кормовую добавку в рекомендованной дозе (2 шт./сут);

4) собаки массой тела от 10 до 15 кг, получавшие кормовую добавку в трехкратной дозе (6 шт./сут);

5) собаки массой тела от 15 до 20 кг, получавшие кормовую добавку в рекомендованной дозе (3 шт./сут);

6) собаки массой тела от 15 до 20 кг, получавшие кормовую добавку в трехкратной дозе (9 шт./сут).

Ежедневная доза кормовой добавки составляла 10 % от суточного рациона собак. Кормовую добавку давали животным в дополнение к стандартному рациону 1–3 раза в сут через 2 ч после кормления ежедневно в течение 30 сут. При этом на протяжении всего периода эксперимента вели непрерывное наблюдение за животными с оценкой всех физиологических показателей по общепринятым методикам (внешний вид, состояние шерсти и слизистых оболочек, отношение к корму и воде, частота дыхательных движений, сердечных сокращений и температура тела).

Оценка состояния шерсти. Качество шерстного покрова оценивалось визуально по особенности прилегания, блеска, мягкости по 5-балльной шкале:

5 – мягкий шерстный покров, шерсть блестящая, ровно прилегающая к телу, без колтунов;

4 – шерстный покров мягкий на ощупь, имеет матовый блеск, ровно прилегает к телу, есть колтуны на лапах и/или хвосте;

3 – шерстный покров мягкий в области спины и шеи, без блеска, ровно прилегает к телу, есть колтуны на вентральной части живота, лапах и хвосте;

2 – шерстный покров грубый на ощупь, шерсть без блеска, взъерошенная, скатанная;

1 – шерстный покров грубый на ощупь, шерсть без блеска, взъерошенная, с объемными колтунами по всему телу животного.

На 15-е и 30-е сут у животных брали кровь для клинического и биохимического исследований. На 30-е сут проводили копрологическое исследование.

Гематологические исследования выполняли при помощи автоматического биохимического анализатора EOS Bravo V.200 и автоматического гематологического анализатора Hospitex Diagnostics Hemascreen Vet. Лейкограмму определяли путем микроскопии окрашенного мазка крови, затем подсчитывали процентное отношение различных форм лейкоцитов по общепринятой методике по линии меандра с использованием микроскопа Hospitex Diagnostics Microscreen со встроенной цифровой камерой высокого разрешения (рис. 2).

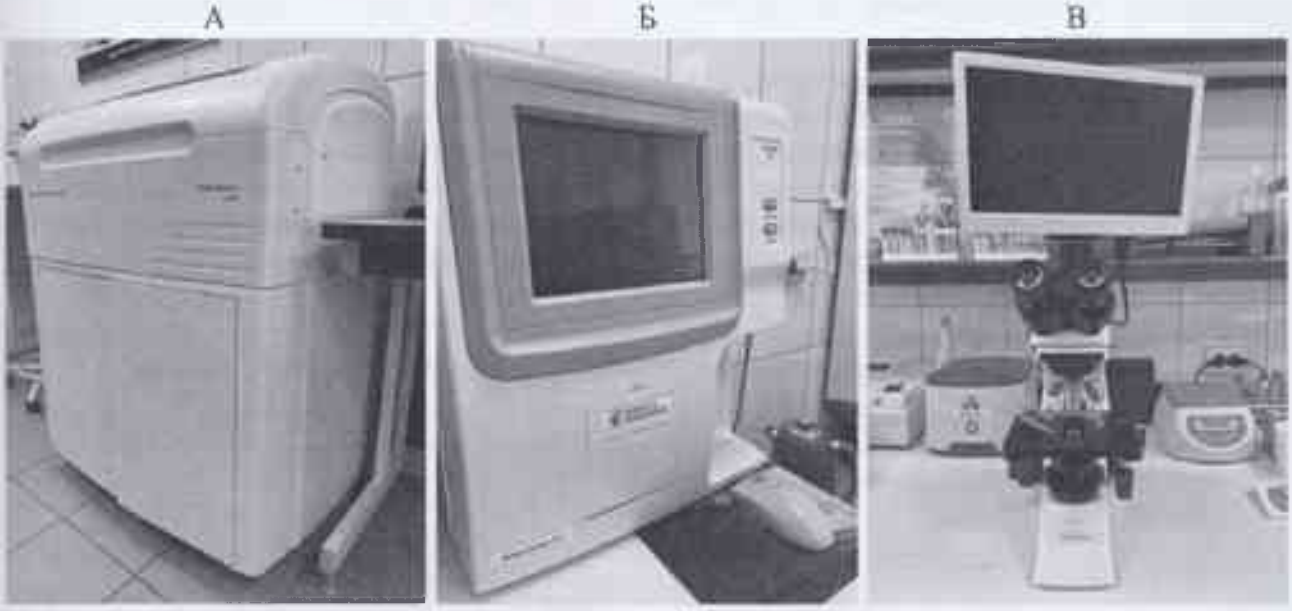

Рис. 2. Приборы для гематологических исследований: **А** – автоматический биохимический анализатора EOS Bravo V.200; **Б** – автоматический гематологический анализатора Hospitex Diagnostics Hemascreen Vet; **В** – микроскоп Hospitex Diagnostics Microscreen

При исследованиях учитывали следующие показатели.

Клинические показатели крови: гематокрит, гемоглобин, эритроциты, лейкоциты, тромбоциты, нейтрофилы, лимфоциты, моноциты, эозинофилы, базофилы.

Биохимические показатели крови: общий белок, альбумин, амилаза, мочевина, креатинин, билирубин общий, щелочная фосфатаза, АСТ, АЛТ, глюкоза, триглицериды, холестерин, калий, натрий.

Копрологические исследования выполняли по общепринятой методике, включающей в себя определение: органолептических показателей (цвета, формы, запаха), водородного показателя, наличия билирубина, стеркобилина, крови, остатков непереваренного корма, растительной клетчатки переваримой и неперевариимой, мышечных волокон, внутриклеточных и внеклеточных крахмальных зерен, жиров, жирных кислот, мыла, слизи, клеточных элементов, яиц гельминтов.

Статистическую обработку результатов исследования проводили в программе Microsoft Excel 2019 по общепринятым методикам расчета средней ошибки средней арифметической средней числовой величины (x±Sx).

Результаты и обсуждение. На протяжении всего периода наблюдения не было зафиксировано летальных случаев, признаков отравления собак, диспепсического расстройства. Все животные были активны, охотно поедали кормовую добавку, потребляли воду и корм в нормальном количестве. В табл. 2 представлена оценка показателей качества шерстного покрова у подопытных собак.

Таблица 2

Оценка качества шерстного покрова собак, балл

Масса тела, кг	Суточная доза кормовой добавки, шт.	Период исследования, сут		
		До эксперимента	15-е	30-е
От 5 до 10	1	4	5	5
	3	4	5	5
От 10 до 15	2	4	4	5
	6	4	5	5
От 15 до 20	3	3	4	5
	9	3	5	5

Из данных табл. 2 видно, что кормовая добавка «Woofs» способствовала улучшению качества шерстного покрова собак. Так, на 30-е сут исследования у всех собак, получавших кормовую добавку в различных дозировках, средняя оценка состояния шерсти составила 5 баллов (мягкий шерстный покров, шерсть блестящая, ровно прилегающая к телу, без колтунов), тогда как до эксперимента была от 3 до 4 баллов.

Результаты измерения физиологических показателей животных (частота сердечных сокращений, дыхательных движений и температура тела) представлены в табл. 3–5.

Таблица 3

Результаты измерения частоты сердечных сокращений у собак, уд./мин

Масса тела, кг	Суточная доза кормовой добавки, шт.	Период исследования, сут		
		До исследования	15-е	30-е
От 5 до 10	1	96±7	94±6	93±5
	3	97±8	95±4	94±4
От 10 до 15	2	91±4	86±5	85±4
	6	89±6	85±3	83±3
От 15 до 20	3	79±7	75±4	74±4
	9	77±6	74±2	73±3

Из данных табл. 3 видно, что частота сердечных сокращений у всех подопытных собак соответствовала норме на протяжении всего периода эксперимента.

Таблица 4

Результаты измерения частоты дыхательных движений у собак, дых. дв./мин.

Масса тела, кг	Суточная доза кормовой добавки, шт.	Период исследования, сут		
		До исследования	15-е	30-е
От 5 до 10	1	23±4	21±3	21±4
	3	24±2	21±2	22±3
От 10 до 15	2	19±3	18±2	18±3
	6	20±3	19±4	18±2
От 15 до 20	3	17±3	16±2	15±2
	9	18±3	17±3	16±1

Сделали вывод о том, что такой показатель, как частота дыхательных движений, также соответствовал нормативным значениям на протяжении всего эксперимента (30 сут) у всех собак, получавших кормовую добавку.

Таблица 5

Результаты измерения температуры тела у собак, °С

Масса тела, кг	Суточная доза кормовой добавки. шт.	Период исследования, сут		
		До исследования	15-е	30-е
От 5 до 10	1	38,6±1,9	38,3±1,8	38.4±1,7
	3	38,7±1,3	38,5±1,5	38.6±1.9
От 10 до 15	2	38,1±1,2	38,2±1,1	38,0±1,3
	6	38,2±0,9	38,0±0,8	38,1±1,0
От 15 до 20	3	37,8±1,1	37,7±0,9	37,7±1.2
	9	37,9±0,8	37,8±0,7	37,6±1,0

По данным табл. 5 можно сделать вывод о том, что температура тела у всех подопытных собак была в пределах нормы на протяжении всего периода исследования (30 сут).

Таким образом, ежедневное потребление кормовой добавки «Woofs» в рекомендуемой и трехкратной дозах собаками от 5 до 20 кг не оказало какого-либо негативного влияния на физиологические показатели (частота дыхательных движений, сердечных сокращений и температура тела), однако способствовало улучшению качества шерстного покрова.

В период исследования также дважды провели клиническое и биохимическое исследования крови подопытных собак (табл. 6, 7).

Таблица 6

Результаты клинического исследования крови у собак

Показатель	Группа, кг					
	5–10 (1 шт.*)	5–10 (3 шт.*)	10–15 (2 шт.*)	10–15 кг (6 шт.*)	15–20 (3 шт.*)	15–20 (9 шт.*)
	15-е сут					
Гематокрит, %	38,9±1,5	38,7±1,8	39,1±1,4	38,8±1,2	40,1±1,1	39,5±1,7
Гемоглобин, г/л	136±10	138±11	141±13	139±9	138±12	137±11
Эритроциты, 10^{12}/л	6,3±0.3	6.4±0.2	6,5±0,2	6,4±0,3	6.7±0,2	6.5±0,3
Тромбоциты, 10^{9}/л	383,7±17,3	387,3±12,4	393,9±19,9	397,7±24,8	401,2±14,5	405.4±16,9

Показатель	Группа, кг					
	5–10 (1 шт.*)	5–10 (3 шт.*)	10–15 (2 шт.*)	10–15 кг (6 шт.*)	15–20 (3 шт.*)	15–20 (9 шт.*)
Лейкоциты, 10^9/л	10,4±0,2	10,1±0,1	10,2±0,8	10,3±0,9	9,8±0,6	9,9±0,3
Юные нейтрофилы, %	0	0	0	0	0	0
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1,6±0,1	1,5±0,1	1,5±0,2	1,5±0,1	1,7±0,3	1,6±0,3
Сегментоядерные нейтрофилы, %	15,2±0,3	15,5±0,3	15,7±0,4	15,8±0,5	15,3±0,3	15,5±0,4
Базофилы, %	0	0	0	0	0	0
Эозинофилы, %	1,4±0,2	1,5±0,2	1,5±0,2	1,6±0,2	1,4±0,1	1,5±0,2
Моноциты, %	7,5±0,8	7,4±0,7	7,6±0,6	7,6±0,7	7,4±0,7	7,5±0,7
Лимфоциты, %	63,9±2,1	64,0±2,2	63,5±2,9	63,2±2,7	64,4±1,8	64,0±1,3
30-е сут						
Гематокрит, %	39,4±1,7	38,9±1,6	38,7±1,1	38,9±1,4	40,3±1,4	39,4±1,6
Гемоглобин, г/л	145±11	142±9	138±19	139±16	137±18	139±13
Эритроциты, 10^{12}/л	6,4±0,3	6.2±0,2	6,4±0.2	6,3±0,1	6.5±0.3	6,5±0,2
Тромбоциты, 10^9/л	387,6±11,6	385,4±14,5	396,9±18,4	399,7±13,3	401,5±13,6	402,2±19.5
Лейкоциты, 10^9/л	9,7±0,2	9,6±0,3	10,2±0,6	10,4±0,5	10,5±0,7	10,8±0,6
Юные нейтрофилы, %	0	0	0	0	0	0
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1.5±0,2	1.6±0,2	1,4±0,2	1,5±0,3	1,5±0,3	1,7±0,2
Сегментоядерные нейтрофилы, %	14,8±0,3	14,7±0,2	15,4±0,5	15,3±0,4	15,1±0,7	15,4±0,5
Базофилы, %	0	0	0	0	0	0
Эозинофилы, %	1,5±0,2	1,4±0,1	1,4±0,2	1,5±0,3	1,6±0,2	1,5±0,1
Моноциты, %	7,2±0,8	7,1±0,5	7,5±0,9	7,6±0,7	7,4±0,7	7,5±0,4
Лимфоциты, %	63,5±2,3	65,6±2,3	64.1±2,2	63,7±2,2	63,9±1,9	63,1±1,9

Примечание: * – суточная доза кормовой добавки.

Из данных табл. 6 видно, что все показатели клинического анализа крови собак при регулярном потреблении ими кормовой добавки соответствуют нормативным значениям на 15-е и 30-е сут эксперимента.

Таблица 7

Результаты биохимического исследования крови у собак

Показатель	Группа, кг					
	5–10 (1 шт.*)	5–10 (3 шт.*)	10–15 (2 шт.*)	10–15 кг (6 шт.*)	15–20 (3 шт.*)	15–20 (9 шт.*)
15-е сут						
АЛТ, Е/л	62,13±4,93	60,69±5.85	69,39±5,70	67,26±2,91	64,51±2,21	62,45±2,91
АСТ, Е/л	43.8±3.95	44,35±3,01	45.50±9,69	48,39±2.16	48,14±6,28	48,18±2,37
Билирубин общий, мкмоль/л	2,70±0,90	2,84±1,29	2,89±1,44	2,65±1,87	2,60±0,97	2,67±2,97
Щелочная фосфатаза, Е/л	71,28±14,67	70,69±19.77	72,09±15,19	74,73±11,38	76,21±16,87	75,34±14,51
Креатинин, мкмоль/л	124,25±34,09	124,20±13,97	121,71±24,11	123,63±40,09	122,64±31,65	121,88±30,11
Мочевина, ммоль/л	7,65±3,39	7,35±1,07	7,15±1,53	7,56±4,58	7,76±6,51	7,35±3,67
Общий белок, г/л	61,54±7,48	62,01±6,11	60,70±6,86	68,73±9,48	65,37±9,40	65,71±8,59
Альбумин, г/л	31,45±1,87	33,69±3,73	33,89±4,85	31,78±3,66	36,01±5,26	36,90±4,10
Амилаза, U/l	1461,91±312,81	1429,82±136.63	1493.90±296,44	1573,80±163.48	1524,80±435,08	1605,61±249,39
Холестерин общий, ммоль/л	5,38±1,16	5,81±1,53	5,47±1,51	5,17±1,15	5,77±1,38	5,19±0,98

Показатель	Группа, кг					
	5–10 (1 шт.*)	5–10 (3 шт.*)	10–15 (2 шт.*)	10–15 (6 ш1 *)	15–20 (3 шт.*)	15–20 (9 шт.*)
Остатки непереваренного корма, (отсутствует) –(обнаружено)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Растительная клетчатка (неперевариимая), (–) – (+) – (++) – (+++)	1±0	1±1	1±0	1±0	1±1	1±1
Растительная клетчатка (переваримая), (–) – (+) – (++) – (+++)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Мышечные волокна, (отсутствует) – (количество в полях зрения)	3±1,5	2±1	1±1	3±1,5	3±0,5	2±1
Крахмальные зерна (внутриклеточные), (–) – (+) – (++) – (+++)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Крахмальные зерна (внеклеточные), (–) – (+) – (++) –(+++)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Жиры, (–) – (+) – (++) – (+++)	0,5±0	1±0	0±0	1±1	1±1	0±0
Жирные кислоты, (–) – (+) – (++) – (+++)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Мыла, (–) – (+) – (++) – (+++)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Клеточные элементы, (отсутствует) – (количество в полях зрения)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Слизь (в смеси с калом), (–) – (+) – (++) –(+++)	1±1	0±1	0±0	0±0	0±0	0±0
Яйца гельминтов, (–) – (+)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Прочее в кале	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0

Примечание: * – суточная доза кормовой добавки.

Таким образом, копрологическое исследование показало, что кормовая добавка не оказывает негативного влияния на процесс пищеварения у собак, все показатели кала соответствовали норме к концу эксперимента.

Заключение. Из вышесказанного можно заключить, что ежедневное введение в рацион собак различных размеров (от 5 до 20 кг) в рекомендуемой и трехкратной дозе (от 1 до 9 шт.) кормовой добавки «Woofs» не оказывает негативного влияния на общее состояние животных, процесс пищеварения, а также показатели клинического и биохимического анализов крови, не вызывает отравления или гибели. При этом кормовая добавка способствует улучшению качества шерстного покрова и охотно поедается собаками.

Кормовая добавка «Woofs» является уникальным продуктом с высоким содержанием незаменимых аминокислот и витаминов, что благоприятно влияет на здоровье собак, укрепляет их иммунитет и улучшает состояние кожи и шерсти. Кальций, содержащийся в данной кормовой добавке, обеспечивает хороший рост молодых собак, укрепляет кости и профилактирует заболевания, связанные с опорно-двигательным аппаратом.

Таким образом, кормовая добавка безопасна и может без особых ограничений (с учетом индивидуальной переносимости и калоража рациона) использоваться в качестве дополнения к рациону собак мелких, средних и крупных пород.

Список источников

1. *Алексеенко Е. В., Николаева А. В., Горшунова К. Д.* Аргументация подходов к выбору ингредиентов и моделирова нию рецептуры жирового эмульсионно

го соуса // Молодой ученый. 2020. № 22 (312). С. 83–86.
2. *Антипов А. А., Дельцов А. А.* Влияние энтеральных лекарственных препаратов железа на клиническое состояние крыс и морфологию кишечника в эксперименте по изучению острой токсичности // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2014. № 1. С. 16–19.
3. *Архипов М. И.* Кормление с.-х. животных: с добавлением химического анализа кормов / сост. П. М. Петров (Руководство для студентов ветеринарных и с.-х. ВУЗов, ветврачей, агрономов, совхозов и колхозов). Витебск: Белорус. ветерин. институт. Свиноводтреста, 1931.
4. *Бачинская В. М., Дельцов А. А.* Определение безопасности мяса кроликов при использовании в рационе препарата Био-железо с микроэлементами // Ветеринария. 2014. № 4. С. 54–55.
5. *Братишко Н. И., Притуленко О. В., Гавилей Е. В. и др.* Соотношение омега-6:омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в комбикорме // Птицеводство. 2014. № 9. С. 24–27.
6. *Буц А. А., Терешина А. С.* Применение омега-3 омега-6 в целях улучшения физико-химического состава масел // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. № 7. С. 1247–1250.
7. *Василевич Ф. И., Бачинская В. М., Дельцов А. А.* Влияние белковых гидролизатов на аминокислотный состав мяса перепелов // Пермский аграрный вестник. 2019. № 3 (27). С. 103–108.
8. *Василевич Ф. И., Бачинская В. М., Дельцов А. А. и др.* Опыт применения белковых гидролизатов в молочном скотоводстве // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 1. С. 76–82.
9. *Гаммель И. В., Запорожская Л. И., Магин Г. Ю.* Получение и исследование осетрового рыбьего жира – источника ОМЕГА-3 и ОМЕГА-6 полиненасыщенных жирных кислот // Медицинский альманах. 2013. № 5 (28). С. 182–187.
10. Государственный реестр кормовых добавок для животных URL: https://galen.vetrf.ru.
11. *Дельцов А. А., Бачинская В. М., Гончар Д. В. и др.* Исследование рынка кормовых добавок на основе белковых гидролизатов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 3. С. 19–25.
12. *Дельцов А. А., Белова К. О.* Анализ рынка йодсодержащих кормовых добавок для животных // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 1. С. 84–92.
13. *Дельцов А. А., Косова И. В.* Анализ сферы обращения лекарственных средств для ветеринарного применения // Ремедиум. 2014. № 7–8. С. 29–31.
14. *Дельцов А. А., Косова И. В.* Современное состояние фармацевтического рынка лекарственных средств для ветеринарного применения в странах ЕАЭС // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2020. № 1 (27). С. 61–67.
15. *Дельцов А. А., Родькина О. Р., Белова К. О.* Оценка параметров хронической токсичности комплексного препарата «Абиовит» // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2022. № 6. С. 38–45.
16. *Жуков А. В.* Жирные кислоты с очень длинной цепью в составе мембранных липидов растений // Физиология растений. 2018. Т. 65. № 6. С. 418–437.
17. *Зайнуллина Н. В.* Создание функциональных мясных продуктов, обогащенных полиненасыщенными (омега-3 и омега-6) жирными кислотами // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 240–243.
18. *Калинченко С. Ю., Соловьев Д. О., Аветисян Л. А. и др.* Распространенность дефицита Омега-3 жирных кислот в различных возрастных группах // Вопросы диетологии. 2018. Т. 8. № 1. С. 11–16.
19. *Кисляк Ю. С., Чаленко К. А., Стороженко Т. Н.* Биологическая роль полиненасыщенных жирных кислот (омега 3, омега 6) // Научные горизонты. 2020. № 9 (37). С. 130–133.
20. *Лизенко М. В., Регеранд Т. И., Бахирев А. М.* Сравнительное исследование жирнокислотного состава липопротеинов высокой плотности сыворотки кро-

ви человека и некоторых животных // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2005. № 4. С. 49–54.

21. *Прокопенко Е. В., Орлова С. В., Никитина Е. А.* Водоросли и омега-3 ПНЖК / Е. В. Прокопенко // Медицинский алфавит. 2022. № 16. С. 93–101.
22. *Титов В. Н., Щекотова А. П.* Олеиновые, пальмитиновые триглицериды, липопротеины очень низкой плотности. Атеросклероз, атероматоз артерий и патогенез ишемической болезни сердца // Пермский медицинский журнал. 2019. Т. 36. № 1. С. 102–117.
23. *Maruyama C., Nakano R., Shima M. et al.* Effects of a Japan Diet Intake Program on Metabolic Parameters in Middle-Aged Men: A Pilot Study // J Atheroscler Thromb. 2017. Apr. 3. Vol. 24 (4). Pp. 393–401.

References

1. Alekseenko E. V., Nikolaeva A. V., Gorshunova K. D. (2020) Argumentation of approaches to the selection of ingredients and modeling the recipe for fat emulsion sauce. *Young scientist*, no. 22 (312), pp. 83–86 (In Russ.).
2. Antipov A. A., Deltsov A. A. (2014) The Effect of Enteral Iron Medicinal Preparations on the Clinical Condition of Rats and Intestinal Morphology in an Experiment on Acute Toxicity. *Russian Veterinary Journal. Farm Animals*, no. 1, pp. 16–19 (in Russ.).
3. Arkhipov M. I. (1931) Feeding of agricultural animals: With the addition of chemical analysis of feed / compiled by P. M. Petrov (Guide for students of veterinary and agricultural universities, veterinarians, agronomists, state farms and collective farms). Vitebsk: Belarusian veterinary institute of pig breeding trust (In Russ.).
4. Bachinskaya V. M., Deltsov A. A. (2014) Determination of the safety of rabbit meat when using the drug Bio-iron with microelements in the diet. *Veterinary Science*, no. 4, pp. 54–55 (In Russ.).
5. Bratishko N. I., Pritulenko O. V., Gaviley E. V. et al. (2014) The ratio of omega-6:omega-3 polyunsaturated fatty acids in compound feed. *Poultry farming*, vol. 9, pp. 24–27 (In Russ.).
6. Buts A. A., Tereshina A. S. (2022) Use of omega-3 omega-6 to improve the physicochemical composition of oils. *Issues of sustainable development of society*, no. 7, pp. 1247–1250 (In Russ.).
7. Vasilevich F. I., Bachinskaya V. M., Deltsov A. A. (2019) Influence of protein hydrolysates on the amino acid composition of quail meat. *Perm Agrarian Bulletin*, no. 3 (27), pp. 103–108 (In Russ.).
8. Vasilevich F. I., Bachinskaya V. M., Deltsov A. A. et al. (2024) Experience of using protein hydrolysates in dairy cattle breeding. *Veterinary Science, Animal Science and Biotechnology*, no. 1, pp. 76–82 (In Russ.).
9. Gammel I. V., Zaporozhskaya L. I., Magin G. Yu. (2013) Obtaining and studying sturgeon fish oil - a source of OMEGA-3 and OMEGA-6 polyunsaturated fatty acids. *Medical almanac*, no. 5 (28), pp. 182–187 (In Russ.).
10. State Register of Animal Feed Additives. URL: https://galen.vetrf.ru.
11. Deltsov A. A., Bachinskaya V. M., Gonchar D. V. et al. (2023) Research of the market of feed additives based on protein hydrolysates. *Veterinary science, animal husbandry and biotechnology*, no. 3, pp. 19–25 (In Russ.).
12. Deltsov A. A., Belova K. O. (2023) Analysis of the market of iodine-containing feed additives for animals. *Veterinary science, animal husbandry and biotechnology*, no. 1, pp. 84–92 (In Russ.).
13. Deltsov A. A., Kosova I. V. (2020) Current state of the pharmaceutical market of medicines for veterinary use in the EAEU countries. *Issues of ensuring the quality of medicines*, no. 1 (27), pp. 61–67 (In Russ.).
14. Deltsov A. A., Kosova I. V. (2014) Analysis of the Circulation of Veterinary Medicines. *Remedium*, no. 7–8, pp. 29–31 (In Russ.).
15. Deltsov A. A., Rodkina O. R., Belova K. O. (2022) Evaluation of Chronic Toxicity Parameters of the Complex Drug "Abiovit".

Veterinary Science, Animal Science and Biotechnology, no. 6, pp. 38–45 (In Russ.).
16. Zhukov A. V. (2018) Very long-chain fatty acids in the composition of plant membrane lipids. *Plant physiology*, vol. 65, no. 6, pp. 418–437 (In Russ.).
17. Zainullina N. V. (2018) Creation of functional meat products enriched with polyunsaturated (omega-3 and omega-6) fatty acids. *Current issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*, no. 20, pp. 240–243 (In Russ.).
18. Kalinchenko S. Yu., Soloviev D. O., Avetisyan L. A. et al. (2018) Prevalence of Omega-3 Fatty Acid Deficiency in Different Age Groups. *Questions of Dietology*, vol. 8, no. 1, pp. 11–16 (In Russ.).
19. Kislyak Yu. S., Chalenko K. A., Storozhenko T. N. (2020) Biological Role of Polyunsaturated Fatty Acids (omega 3, omega 6). *Scientific Horizons*, no. 9 (37), pp. 130–133 (In Russ.).
20. Lizenko M. V., Regerand T. I., Bakhirev A. M. et al. (2005) Comparative study of the fatty acid composition of high-density lipoproteins in the blood serum of humans and some animals. *Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry*, no. 4, pp. 49–54 (In Russ.).
21. Prokopenko E. V., Orlova S. V., Nikitina E. A. (2022) Algae and omega-3 PUFA. *Medical alphabet*, no. 16, pp. 93–101 (In Russ.).
22. Titov V. N., Shchekotova A. P. (2019) Oleic, palmitic triglycerides, very low density lipoproteins. Atherosclerosis, atheromatosis of arteries and pathogenesis of ischemic heart disease. *Perm Medical Journal*, vol. 36, no. 1, pp. 102–117 (In Russ.).
23. Maruyama C., Nakano R., Shima M. et al. (2017) Effects of a Japanese Diet Intake Program on Metabolic Parameters in Middle-Aged Men: A Pilot Study. *J. Atheroscler Thromb.*, Apr. 3, vol. 24 (4), pp. 393–401.

Информация об авторах:

А. А. ДЕЛЬЦОВ – доктор ветеринарных наук, кандидат фармацевтических наук, проректор по науке и инновациям, заведующий кафедрой физиологии, фармакологии и токсикологии имени А. Н. Голикова и И. Е. Мозгова;

К. О. БЕЛОВА – аспирантка, ассистент кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии имени А. Н. Голикова и И. Е. Мозгова.

Information about the authors:

A. A. DELTSOV – Doctor of Veterinary Sciences, candidate of Pharmaceutical Sciences, Head of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A. N. Golikov and I. E. Mozgov;

K. O. BELOVA – Postgraduate student, assistant at the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A. N. Golikov and I. E. Mozgov.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.12.2024; одобрена после рецензирования 17.12.2024; принята к публикации 22.12.2024.
The article was submitted 12.12.2024; approved after reviewing 17.12.2024; accepted for publication 22.12.2024.

Научная статья
УДК 619:617.7:635.5
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502104

Техника измерения внутриглазного давления птицам тонометром Tonovet. Основные ошибки при проведении процедуры

Любовь Анатольевна Соломахина
Воронежский ветеринарный госпиталь № 1, Воронеж, Россия, barashek.l@yandex.ru

Аннотация

Измерение внутриглазного давления (ВГД) является важной диагностической процедурой в работе врача-офтальмолога. Интерпретация показателей ВГД важна для постановки таких диагнозов, как глаукома, передний увеит, увеальная глаукома, а также для дифференциации этих состояний. Поэтому крайне важно, чтобы врач-офтальмолог владел техникой измерения ВГД и учитывал все нюансы, которые могут повлиять на полученные результаты.

Ключевые слова: внутриглазное давление (ВГД), глаз, птицы, тоновет, тонометрия, ветеринарная офтальмология

Для цитирования: *Соломахина Л. А.* Техника измерения внутриглазного давления птицам тонометром Tonovet. Основные ошибки при проведении процедуры // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 38–42. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502104

Original article

Technique for measuring intraocular pressure in birds using a Tonovet tonometer. Basic errors during the procedure

Lyubov A. Solomakhina
Voronezh Veterinary Hospital No. 1, Voronezh, Russia, barashek.l@yandex.ru

Abstract

Measuring intraocular pressure (IOP) is an important diagnostic procedure in the work of an ophthalmologist. Interpretation of IOP values is important for making diagnoses such as glaucoma, anterior uveitis, uveal glaucoma, as well as for differentiating these conditions. Therefore, it is extremely important for an ophthalmologist to master the technique of measuring IOP and take into account all the nuances that can affect the results obtained.

Keywords: Intraocular Pressure (IOP), Eye, Birds, Tonovet, Tonometry, Veterinary ophthalmology

© Соломахина Л. А., 2025

For citation: Solomakhina L. A. (2025) Technique for measuring intraocular pressure in birds using a Tonovet tonometer. Basic errors during the procedure. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 38–42. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502104

Введение. В ветеринарной офтальмологии применяют несколько основных видов тонометрии глаза: импрессионную, аппланационную, рикошетную (отскоковую), пневмотонометрию, пальпаторную (пальцевую).

В нашей офтальмологической практике мы работали с разными тонометрами для измерения ВГД птицам и сделали вывод, что далеко не все тонометры можно применять птицам. Основным ограничением является маленький размер глаз птиц некоторых видов и сложность фиксации данных пациентов.

Основным представителем импрессионных тонометров является тонометр Шиотца. На наш взгляд, данный тонометр не удобен в применении птицам: он не подходит птицам мелких видов и даже для крупных видов птиц его применение ограничено, требует местной анестезии.

Для аппланационной тонометрии применяют тонометры Маклакова и Топорен. Около двух лет мы использовали в своей практике тонометр Маклакова и сделали вывод, что минусом данного тонометра является то, что он требует предварительного местного обезболивания и не всегда подходит для птиц мелких видов.

Пневмотонометрия не применяется птицам из-за технических сложностей выполнения процедуры и стоимости оборудования.

Пальпаторная (пальцевая) тонометрия не является надежным способом измерения ВГД. Кроме того, она абсолютно не подходит птицам из-за наличия у них склеральных косточек и маленького размера глаз.

Исходя из нашего опыта работы с птицами, мы остановились на применении ветеринарного рикошетного (отскокового) тонометра Tonovet (Icare; Финляндия). Опыт применения данного тонометра в нашей практике более 15 лет. Этот тонометр прост в использовании, высокоточный, в отличие от других тонометров не требует местной анестезии и подходит для применения даже для самых маленьких глаз птиц благодаря размеру одноразового наконечника, который может применяться на глазах птиц с диаметром от 3 мм. Кроме того, прибор можно без опасений применять на глазах с риском перфорации роговицы. Для проведения замеров ВГД данным тонометром требуется небольшая тренировка и знание деталей, которые рассмотрены далее.

Подготовка к измерению ВГД тонометром Tonovet. Важно помнить, что перед процедурой измерения ВГД в глаза птицы нельзя закапывать мидриатики, местные анестетики и гипотензивные препараты, так как в этом случае полученные результаты не будут объективными. Это связано с тем, что мидриатики повышают ВГД, а местные анестетики и противоглаукоматозные препараты оказывают гипотензивное действие, т.е. снижают ВГД. Кроме того, важно, чтобы животное было спокойно в момент замера ВГД и не было жесткой фиксации головы и шеи пациента, а также давления пальцами на веки.

Техника проведения процедуры измерения ВГД тонометром Tonovet. Методика изменения ВГД заключается в быстром ударе по центру роговицы сменного одноразового наконечника. Измерение занимает 0,1 с, а корнеальный рефлекс возникает через 0,2 с. Таким образом, исследование является безболезненным (не пугает животное) и безопасным, так как на роговицу не оказывается сильного давления, также используются одноразовые наконечники, что исключает риск инфицирования.

Измерение ВГД тонометром Tonovet является быстрым и точным. Диапазон измерения: 1–99 мм рт. ст. Погрешность измерения в диапазоне 5–30 мм рт. ст. – не более 2,8 %. Погрешность измерения в диапазоне 30–80 мм рт. ст. – не более 10 %. Кроме того, удобным является автоматическое сохранение данных предыдущих измерений.

А Б

Рис. 1. Измерение ВГД птице прибором Tonovet (А, Б)

Для включения тонометра необходимо нажать кнопку запуска измерения. На дисплее тонометра отображаются все сегменты (рис. 1, 2). Далее на дисплее отобразится надпись «LoAd», которая указывает на необходимость установки в тонометр одноразового наконечника. Вскрывается туба наконечника и наконечник устанавливается в держатель, как показано на рис. 2. После установки наконечника нельзя опускать тонометр вниз, так как это спровоцирует выпадение наконечника. Прибор активируется однократным нажатием кнопки измерения. На дисплее будет отображаться «00», указывающее на то, что тонометр находится в режиме запуска и готов к работе. После активации тонометра наконечник примагничивается и не может выпасть.

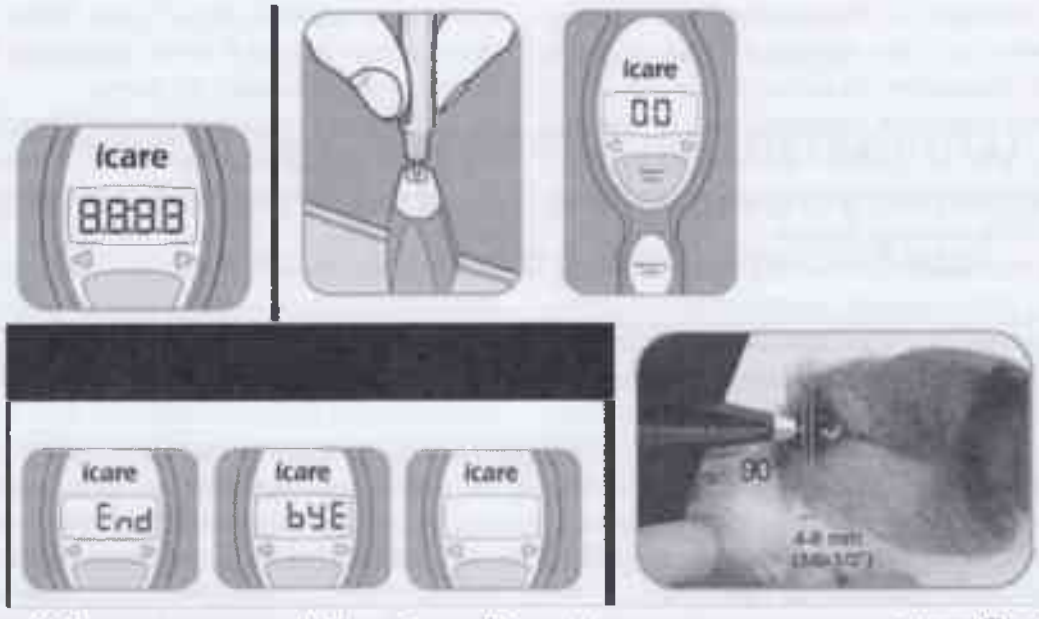

Рис. 2. Схема измерения ВГД прибором Tonovet (руководство по эксплуатации Tonovet)

Рабочее расстояние от наконечника до роговицы пациента должно составлять от 4 до 8 мм (расстояние должно примерно равняться длине муфты наконечника).

Для получения истинного значения ВГД необходимо измерять в центральной точке роговицы, поскольку результаты, получаемые при измерении различны

частей глаза, будут отличаться один от другого.

Рекомендуется выполнить 6 последовательных измерений для получения наиболее точных результатов, однако, если измерение ВГД выполнено по всем правилам (без погрешности), что отражается на мониторе прибора, то достаточно одного измерения.

После каждого правильно выполненного отдельного измерения прибор издает короткий звуковой сигнал. После проведения 6 замеров раздается более длинный звуковой сигнал, и окончательный результат отображается на дисплее. Если измерение выполнено неправильно, то прибор издает два звуковых сигнала и отображает на дисплее сообщение об ошибке.

После проведения измерения необходимо выключить тонометр, нажав кнопку «End». Если тонометр не используется в течение 2 мин, он автоматически выключается.

Основные ошибки при измерении ВГД тонометром Tonovet:

– неправильная фиксация пациента. Для получения корректных значений ВГД важно не зажимать шею пациента и не оказывать давления на глазные яблоки, так как в этом случае мы получим ложное завышение показателей. Измерение ВГД тонометром Tonovet безболезненное, не требует предварительного местного обезболивания роговицы;

– неправильная дистанция прибора от глаза пациента: слишком далеко или слишком близко. В данном случае прибор Tonovet будет выдавать ошибку и замер ВГД не будет осуществлен до момента, пока не будет выбрана нужная дистанция. Ощущение «правильной» дистанции для проведения процедуры нарабатывается с опытом и не представляет сложности при некоторой тренировке;

– неправильный угол размещения прибора. В данном случае проведение процедуры будет также неосуществимо, поскольку при наклоне прибора вниз наконечник будет выпадать и замер ВГД будет невозможен, а при наклоне прибора вверх будет выдаваться ошибка. Правильным является перпендикулярное размещение прибора относительно плоскости роговицы. Для проведения корректного замера необходимо прицеливаться в центральную зону роговицы.

Выводы. Исходя из вышесказанного, тонометр Tonovet является простым и высокоточным прибором, который идеально подходит для применения птицам. Знание технических особенностей работы с этим тонометром позволяет с легкостью производить замеры ВГД птицам даже самых маленьких размеров и не требует применения местной анестезии.

Список источников / References

1. Dubielzig R. R., Ketring K., McLellan G. J. et al. Veterinary Ocular Pathology a comparative review / Saunders Elsevier. China, 2010.
2. *Gelatt K. N.* Essentials of Veterinary ophthalmology. 3th ed. Willey-Blackwell, 2014.
3. *Martin C. L.* Ophthalmic Disease in Veterinary medicine. London: Manson, 2010.
4. *Martin G. R.* Eye // Form and Function in Birds / ed. by A. S. King, J. McLelland. Vol. 3. London: Academic Press, 1985.
5. *Ott M.* Visual accommodation in vertebrates: mechanisms, physiological response and stimuli // Comp Physiol A. 2006. Vol. 192. Pp. 97–111.
6. *Petersen J. S., Crispin S.* BSAVA Manual of Small Animal Ophthalmology. BSAVA. Spain, 2002.
7. *Pettigrew J. D., Wallman J., Wildsoet C. F.* Saccadic oscillations facilitate ocular perfusion from the avian pectin // Nature. 1990. Vol. 343. Pp. 362–363.
8. *Sivak J. G.* Avian mechanisms for vision in air and water // Trends Neurosci. 1980. Vol. 12. Pp. 314–317.
9. Slatter's Fundamentals of Veterinary ophthalmology. 4th ed. Saunders Elsevier. China, 2008.
10. *Stades F. C., Wyman M., Boevé M. H. et al.* Ophthalmology for the Veterinary Practitioner / Schlutersche Verlagsgesellschaft mbH&Co. Germany, 2007.

11. Veterinary ophthalmology / ed. by K. N. Gelatt, B. C. Gilger, T. J. Kern. 5th ed. Willey-Blackwell, 2013.
12. Veterinary ophthalmology / ed. by Kirk N. Gelatt, Brian C. Gilger, Thomas J. Kern. 6th ed. Willey-Blackwell, 2021.
13. *Williams D. L.* Ophthalmology of exotic pets. Willey-Blackwell, 2012.
14. *Willis A. M., Wilkie D. A.* Avian ophthalmology. Part 1: anatomy, examination and diagnostic techniques // J. Avian Med Surg. 1999. Vol. 13. Pp. 160–166.
15. *Willis A. M., Wilkie D. A.* Avian ophthalmology. Part 2: review of ophthalmic diseases // J. Avian Med Surg. 1999. Vol. 13. Pp. 245–251.

Информация об авторе:

Л. А. СОЛОМАХИНА – кандидат ветеринарных наук, ветеринарный врач-офтальмолог, микрохирург, член Русского общества ветеринарных офтальмологов (RSVO), член Европейского общества ветеринарных офтальмологов (ESVO), член Европейского колледжа ветеринарных офтальмологов (ECVO), член Британской ассоциации ветеринарных офтальмологов (BrAVO), исследователь, преподаватель-исследователь, аспирантка ECVO по наследственным заболеваниям глаз.

Information about the author:

L. A. SOLOMAKHINA – Candidate of Veterinary Sciences, (Chief doctor, DVM, Ophthalmologist, microsurgeon), Member of the Russian Society of Veterinary Ophthalmologists (RSVO), Member of the European Society of Veterinary Ophthalmologists (ESVO), Member of the European College of Veterinary Ophthalmologists (ECVO), Member of the British Association of Veterinary Ophthalmologists (BrAVO), «Researcher. Research Teacher», ECVO graduate student in hereditary eye diseases.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 13.12.2024; одобрена после рецензирования 18.12.2024; принята к публикации 23.12.2024.
The article was submitted 13.12.2024; approved after reviewing 18.12.2024; accepted for publication 23.12.2024.

Научная статья
УДК 636.2.085.65
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502105

Антиоксидантная способность организма телят на фоне воздействия цикориевой кислоты

Антон Павлович Лашин[1], Никита Игоревич Максимов[2], Максим Викторович Сыроватский[3]

[1, 2, 3] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, г. Москва, Россия

[1] ant.lashin@yandex.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-0385-7339;
[2] Kit4862@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1949-6347;
[3] mSyrovatskiy@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-2668-6579

Автор, ответственный за переписку:
Максим Викторович Сыроватский, mSyrovatskiy@mail.ru

Аннотация

Целью исследования было изучение влияния цикориевой кислоты на антиоксидантную способность телят. Для проведения опыта было отобрано 16 здоровых животных живой массой 195–205 кг, которые были разделены на две группы, по 8 гол. в каждой. Контрольная группа животных получала основной рацион, а опытная группа – основной рацион + 0,15 кг/сут цикориевой кислоты. В течение 60 сут эксперимента проводили забор крови на 1-е и 15-е, затем на 30-е и в завершение на 45-е и 60-е сут. Результаты показали, что на 30-е и 60-е сут эксперимента в опытной группе животных общая антиоксидантная способность в сыворотке крови была значительно выше, чем в контрольной, а содержание малонового диальдегида было, наоборот, ниже, чем у животных контрольной группы. Согласно результатам проведенных исследований можно отметить, что добавление цикориевой кислоты к основному рациону может эффективно облегчить состояние животных на фоне окислительного стресса, а также улучшить антиоксидантную способность организма.

Ключевые слова: антиоксидантная способность, сыворотка крови, телята, цикориевая кислота

Для цитирования: *Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В.* Антиоксидантная способность организма телят на фоне воздействия цикориевой кислоты // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 43–50. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502105

Original article

Antioxidant capacity of calves' organisms under the influence of chicoric acid

© Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В., 2025

Anton P. Lashin[1], Nikita I. Maksimov[2], Maxim V. Syrovatskiy[3]
[1, 2, 3] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia
[1] ant.lashin@yandex.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-0385-7339;
[2] Kit4862@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1949-6347;
[3] mSyrovatskiy@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-2668-6579

Corresponding author:
Maxim V. Syrovatskiy, mSyrovatskiy@mail.ru

Abstract

The aim of the study was to study the effect of chicoric acid on the antioxidant capacity of calves. To conduct the experiment, 16 healthy animals with a live weight of 195-205 kg were selected, which were divided into 2 groups of 8 animals each. The control group of animals received the main diet, and the experimental group received the main diet + 0.15 kg/day chicoric acid. During the 60-day experiment, blood was collected on days 1 and 15, then on day 30, and finally on days 45 and 60. The results showed that on the 30th day and on the 60th day of the experiment in the experimental group of animals, the total antioxidant capacity in the blood serum was significantly higher than in the control group, and the content of malondialdehyde was, on the contrary, lower than in animals of the control group. According to the results of the studies, it can be noted that the addition of chicoric acid to the basic diet can effectively alleviate the condition of animals against the background of oxidative stress, as well as improve their antioxidant capacity.

Keywords: antioxidant capacity, blood serum, calves, chicoric acid

For citation: Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V. (2025) Antioxidant capacity of calves against the background of exposure to chicory acid. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 43–50. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502105

Введение. Цикориевая кислота – это естественное соединение, которое встречается у различных семейств растений. Это производное кофеиновой кислоты, поэтому она тесно связана с другими мощными антиоксидантами, такими как хлорогеновая кислота [1, 2]. Молодняк сельскохозяйственных животных особенно восприимчив к окислительному стрессу из-за их быстрого роста и развивающейся иммунной системы. Однако антиоксидантные защитные механизмы все еще развиваются, что делает их уязвимыми для разрушительных последствий свободных радикалов. Было доказано, что на фоне применения цикориевой кислоты наблюдается ряд положительных свойств: улучшение иммунной функции, что отражается в укреплении иммунной системы путем защиты иммунных клеток от окислительного повреждения и приводит к улучшению устойчивости к болезням [3, 13]. Цикориевая кислота может способствовать ускорению роста и общему развитию у телят, снижая проявления окислительного стресса, а также быть протектором окислительного повреждения жизненно важных органов и тканей, уменьшая риск хронических заболеваний в поздние сроки онтогенеза [4, 12]. В связи с этим дополнительные исследования имеют решающее значение для подтверждения вышеперечисленных преимуществ и обеспечения безопасного и эффективного использования цикориевой кислоты для молодняка сельскохозяйственных животных.

Цель исследования. Оценка показателей антиоксидантного статуса телят на фоне применения цикориевой кислоты.

Поставленная цель предопределила решение следующих задач:

– проанализировать влияние общепринятого хозяйственного рациона на некоторые биохимические показатели сыворотки крови телят;

– дать оценку антиоксидантной способности организма телят на фоне применения цикориевой кислоты.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе ООО СП «Калужское», где для проведения опыта было отобрано 16 здоровых животных живой массой 195–205 кг, которые были разделены на две группы, по 8 гол. в каждой. Контрольная группа животных получала основной рацион, а опытная группа – основной рацион + 0,15 кг/сут цикориевой кислоты.

Перед проведением опыта проводили расчет и нормирование основного рациона по составу питательных веществ для дальнейшего его применения в течение исследования. В различные периоды исследования (1-е, 15-е, 30-е, 45-е и 60-е сут) проводили забор крови по общепринятой методике.

Антиоксидантный статус оценивали по содержанию сывороточной глутатионпероксидазы, малонового диальдегида, супероксиддисмутазы, общей антиоксидантной способности в плазме крови. В работе использовали приборы: спектрофотометр КФК-2МП, спектрофотометр UNICO, фотоэлектроколориметр Solar PV 1251 C [5, 6].

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ «Statistica v.6.0» (Statsoft Inc., США). Различия количественных показателей между исследуемыми независимыми группами анализировали с помощью t-критерия Стьюдента [8, 9].

Животных кормили в соответствии с принятой схемой животноводческой фермы.

Результаты исследований и обсуждение. Предварительно (перед проведением опыта) проводили расчет и нормирование основного рациона по составу питательных веществ для дальнейшего его применения в течение исследования. Среднесуточный рацион молодняка и его питательная ценность приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, химический состав кормов значительно варьируется в зависимости от их типа. Принятый в хозяйстве рацион соответствует всем требованиям половозрастной группы исследуемых животных.

Таблица 1

Среднесуточный рацион молодняка и его питательная ценность

Показатель	Ед. измерения	Группа	
		Контрольная	Опытная
Сено тимофеечное	кг	2,5	2,5
Сенаж тимофеечно-клеверный	кг	7,0	7,0
Силос кукурузный	кг	5,0	5,0
Комбикорм	кг	2,0	2,0
Свекловичная меласса	кг	0,9	0,9
Монокальцийфосфат	г	30,0	30,0
Мел кормовой	г	40,0	40,0
Соль	г	40,0	40,0
Цикориевая кислота	кг	–	0,15
Питательная ценность рациона			
Энергетические кормовые единицы (ЭКЕ)	–	5,8	5,8
Обменная энергия	МДж	76,2	76,2
Сухое вещество	кг	7,4	7,4
Сырой протеин	г	990,5	990,5
Переваримый протеин	г	772,6	772,6
Сахар	г	590,2	590,2
Крахмал	г	656,2	656,2
Сырой жир	г	239,7	239,7
Сырая клетчатка	г	1899,2	1899,2
Кальций	г	44,8	44,8
Фосфор	г	30,2	30,2
Каротин	мг	467,0	467,0

Следующим этапом исследования явилось определение влияния цикориевой кислоты на антиоксидантную способность телят (табл. 2).

Таблица 2

Влияние цикориевой кислоты на антиоксидантную способность телят, x±Sx

Показатель	Группа	Период, сут				
		1	15	30	45	60
Глутатиопероксидаза, Ед/мл	Контрольная группа, n=6	13,0±1,12	14,0±1,98	8,4±0,70**	10,0±1,90	14,3±3,28
	Опытная группа, n=6	14,0±1,20	15,2±2,01	10,2±0,61*	10,7±1,76	13,0±2,10
Общая антиоксидантная способность, Ед/мл	Контрольная группа, n=6	7,9±1,02	8,0±1,32	5,4±0,23**	9,2±0,70**	5,4±2,95
	Опытная группа, n=6	8,0±0,98	9,7±1,65	7,7±0,63*	11,3±0,85*	6,3±1,48
Малоновый диальдегид, нмоль/мл	Контрольная группа, n=6	7,0±1,28	8,1±0,98	5,5±0,92*	4,8±0,30	6,4±1,97
	Опытная группа, n=6	7,1±1,32	7,3±1,20	4,1±0,38**	4,2±0,21	4,5±1,13
Супероксиддисмутаза, Ед/мл	Контрольная группа, n=6	33,0±0,89	34,0±0,98	26,5±4,09**	17,6±6,8	32,2±0,98
	Опытная группа, n=6	35,0±1,21	37,0±4,96	36,0±1,03*	17,6±4,78	30,6±2,32

Примечание: * – $p>0,05$; ** – $p<0,01$.

Анализируя данные табл. 2, можно отметить, что содержание малонового диальдегида в сыворотке крови на 30-е сут исследования было ниже, чем в контрольной группе, разница была значительной, однако критического различия между исследуемыми группами животных не наблюдалось.

По сравнению с контрольной группой содержание малонового диальдегида в сыворотке крови опытной группы было значительно снижено, что свидетельствует о том, что цикориевая кислота в определенной степени уменьшает содержание малонового диальдегида в организме и значительно снижает степень перекисного окисления липидов в организме, что напрямую может улучшить антиоксидантную способность телят. Кроме того, по сравнению с контрольной группой активность супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы в сыворотке крови телят опытной группы была повышена на 30-е сут эксперимента, а уровень общей антиоксидантной способности в сыворотке крови был значительно выше в опытной группе в середине проведения опыта. Полученные данные указывают на то, что добавление цикориевой кислоты к основному рациону положительно влияет на процессы исчезновения свободных радикалов в организме, своевременного восстановления поврежденных клеток, уменьшения окислительного стресса в организме и улучшения антиоксидантной способности организма.

Стоит отметить, что антиоксиданты – это функциональные протекторы организма, позволяющие избежать повреждения свободными радикалами. Антиоксидантные ферменты могут эффективно устранять свободные радикалы кислорода в организме посредством ряда преобразований, они выполняют функцию противодействия окислению и защиты структурной целостности клеточных мембран. Активность антиоксидантных ферментов обычно используется для определения окислительно-антиоксидантного статуса организма животных.

Заключение. На основании проведенного исследования можно отметить, что добавление цикориевой кислоты к основному рациону может значительно увеличить активность общей антиоксидантной активности, но в то же время значительно снизить содержание малонового диальдегида и ак-

тивность аспартатаминотрансферазы в сыворотке крови [9, 10]. В свою очередь, это указывает на то, что цикориевая кислота может эффективно облегчить течение окислительного стресса у телят и улучшать антиоксидантную активность у молодых животных [11, 14–19].

Список источников

1. *Аджиев Д. Д., Калугин Ю. А., Балакирев Н. А.* Антиоксидантная система кроликов в раннем постнатальном онтогенезе. 1. Основные антиоксидантные ферменты эритроцитов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 3. С. 39–45. EDN YTCXGP.
2. *Афанасьева А. И., Сарычев В. А., Смеян Д. А.* Морфологический статус крови и показатели роста телят раннего постнатального периода при использовании фитоадаптогенов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 8 (214). С. 51–58. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-214-8-51-58. EDN KEIBXJ.
3. *Барило О. А., Мерзленко Р. А., Барило В. Э.* Динамика роста и показатели естественной резистентности у телят при введении в рацион пребиотика «Энервит» // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2022. Т. 11. № 1. С. 256–259. DOI: 10.48612/sbornik-2022-1-63. EDN HCPKHV.
4. *Заикин В. И., Леонтьев Л. Б.* Морфо-биохимический статус крови новорожденных телят при внесении в их рацион фитобиотика // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2024. № 1 (53). С. 12–16. DOI: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS.
5. *Казанин Н. К.* Показатели роста телят черно-пестрой породы при использовании экстракта шрота клюквы // Молодежь – Барнаулу: материалы XXIV городской научно-практической конференции молодых ученых (Барнаул, 01–30 ноября 2022 г.). Барнаул: Алтайский государственный университет, 2023. С. 770–771. EDN WOGLVW.
6. *Котарев В. И., Брюхова И. В.* Влияние ферментативного пробиотика на клинико-биохимические показатели крови и динамику роста телят // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 95. С. 165–173. DOI: 10.21515/1999-1703-95-165-173. EDN AGEMNM.
7. *Максимов Н. И., Лашин А. П.* Сравнительная оценка влияния рационов на показатели роста и биохимического статуса крупного рогатого скота // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 83–88. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14053. EDN WEJPDF.
8. *Мартынов В. А.* Влияние метабиотика на показатели роста телят в молочном периоде // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию Алтайского ГАУ (Барнаул, 09–10 февраля 2023 г.): в 2 кн. Кн. 2. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2023. С. 166–168. EDN BKKSIC.
9. *Миронов А. Н.* Показатели роста и развития телят при использовании иммуномодуляторов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 1 (190). С. 224–232. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-224-232. EDN JVWVFW.
10. *Неприятель А. А.* Биохимические и биологические свойства крови маралов и пятнистых оленей в период срезки пантов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2018. № 8. С. 30–33. EDN YGISYX.
11. Патент № 2600824 C1 Российская Феерация, МПК A61K 36/185, A61K 36/36, A61K 36/68. Способ повышения неспецифической резистентности организма новорожденных телят: № 2015143969/15: заявл. 13.10.2015: опубл. 27.10.2016 / А. П. Лашин, Н. В. Симонова, Н. Н. Симонова; заявитель: ФГБОУВО «Дальневосточный государственный аграрный университет». EDN NHYMHN.
12. *Петрова О. Г., Мильштейн И. М., Привалова Д. А. и др.* Влияние анолита нейтрального на оптимизацию и нормали-

зацию обменных процессов, повышение сохранности, увеличение прироста массы у телят // Наукосфера. 2022. № 6-1. С. 11–18. DOI: 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM.

13. *Попов И. В., Чумакова В. В., Попова О. И. и др.* Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства Lamiaceae, культивируемых в Ставропольском крае // Химия растительного сырья. 2019. № 4. С. 163–172. DOI: 10.14258/jcprm.2019045200. EDN ULYWBC.
14. *Пронина Г. И., Саная О. В.* Физиолого-иммунологическая оценка дискусов по гематологическим и цитохимическим показателям // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 3. С. 69–72. EDN YTCXKL.
15. *Савельева Л. Н.* Биохимический статус крови телят в норме и при патологии органов пищеварения // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9 (186). С. 179–183. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-179-183. EDN RDEUKV.
16. *Сайбель О. Л.* Обоснование выбора методики стандартизации травы цикория обыкновенного (Cichoriumintybus L.) // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2021. № 2 (32). С. 4–11. DOI: 10.34907/JPQAI.2021.52.51.002. EDN VGMCNX.
17. *Тарасов С. С., Корягин А. С., Гаврилова А. А.* Значение р-каротина в антиоксидантной защите плазмы крови кролика европейского (Orictolagus cuniculus) в норме и при гипертермическом воздействии // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2018. № 1. С. 68–75. EDN YOWOON.
18. *Lashin A., Simonova N., Miller T. et al.* Substantiation of the choice of the model for the formation of oxidative stress in preclinical studies // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE 2022) (Divnomorskoe village, Krasnodar region, Russia, September 26 – October 02, 2022). Vol. 381. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202338101106. EDN PZWGAF.
19. *Maksimov N. I., Lashin A. P.* Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle // XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022» (Rostov-na-Donu, 25–27.05.2022). Springer, 2023. Pp. 79–89. EDN UWRAXF.

References

1. Adzhiev D. D., Kalugin Yu. A., Balakirev N. A. (2017) Antioxidant system of rabbits in early postnatal ontogenesis. 1. Main antioxidant enzymes of erythrocytes. *Veterinary, zootechnics and biotechnology*, no. 3, pp. 39–45. EDN YTCXGP (In Russ.).
2. Afanasyeva A. I., Sarychev V. A., Smeyan D. A. (2022) Morphological status of blood and growth indicators of calves of the early postnatal period when using phytoadaptogens. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, no. 8 (214), pp. 51–58. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-214-8-51-58. EDN KEIBXJ (In Russ.).
3. Barilo O. A., Merzlenko R. A., Barilo V. E. (2022) Growth dynamics and indicators of natural resistance in calves when introducing the prebiotic «Enervit» into the diet // Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine. Vol. 11. No. 1. Pp. 256–259. DOI: 10.48612/sbornik-2022-1-63. EDN HCPKHV (In Russ.).
4. Zaikin V. I., Leontiev L. B. (2024) Morpho-biochemical status of the blood of newborn calves when a phytobiotic is added to their diet. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*, no. 1 (53), pp. 12–16. DOI: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS (In Russ.).
5. Kazanin N. K. (2023) Growth indicators of black-and-white calves using cranberry meal extract // Youth – Barnaul: materials of the xxiv city scientific and practical conference of young scientists (Barnaul, November 01–30, 2022). Barnaul: Altai State

University. Pp. 770–771. EDN WOGLVW (In Russ.).
6. Kotarev V. I., Bryukhova I. V. (2022) Influence of an enzymatic probiotic on clinical and biochemical blood parameters and growth dynamics of calves. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, no. 95, pp. 165–173. DOI: 10.21515/1999-1703-95-165-173. EDN AGEMNM (In Russ.).
7. Maksimov N. I., Lashin A. P. (2020) Comparative assessment of the influence of diets on growth indicators and biochemical status of cattle. *Far Eastern Agrarian Bulletin*, no. 4 (56), pp. 83–88. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14053. EDN WEJPDF (In Russ.).
8. Martynov V. A. (2023) The influence of metabiotics on the growth rates of calves in the dairy period // Agricultural science – agriculture: Collection of materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 80th anniversary of the Altai State Agrarian University (Barnaul, February 09–10, 2023): in 2 books. Book 2. Barnaul: Altai State Agrarian University. Pp. 166–168. EDN BKKSIC (In Russ.).
9. Mironov A. N. (2023) Indicators of growth and development of calves using immunomodulators. *Bulletin of KrasGAU*, no. 1 (190), pp. 224–232. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-224-232. EDN JVWVFW (In Russ.).
10. Nepriyatel A. A. (2018) Biochemical and biological properties of the blood of deer and sika deer during the cutting of antlers. *Veterinary, zootechnics and biotechnology*, no. 8, pp. 30–33. EDN YGISYX (In Russ.).
11. Patent No. 2600824 C1 Russian Federation, IPC A61K 36/185, A61K 36/36, A61K 36/68. Method for increasing nonspecific resistance of the body of newborn calves: No. 2015143969/15: application. 10/13/2015: publ. 10.27.2016 / A. P. Lashin, N. V. Simonova, N. P. Simonova; applicant "Far eastern state agricultural university". – EDN NHYMHN (In Russ.).
12. Petrova O. G., Milshtein I. M., Privalova D. A. et al. (2022) The influence of neutral anolyte on the optimization and normalization of metabolic processes, increasing safety, increasing weight gain in calves. *Scienceosphere*, no. 6-1, pp. 11–18. DOI: 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM (In Russ.).
13. Popov I. V., Chumakova V. V., Popova O. I. et al. (2019) Biologically active substances exhibiting antioxidant activity of some representatives of the Lamiaceae family cultivated in the Stavropol region. *Chemistry of plant raw materials*, no. 4, pp. 163–172. DOI: 10.14258/jcprm.2019045200. EDN ULYWBC (In Russ.).
14. Pronina G. I., Sanaya O. V. (2017) Physiological and immunological assessment of discus fish by hematological and cytochemical parameters. *Veterinary, zootechnics and biotechnology*, no. 3, pp. 69–72. EDN YTCXKL (In Russ.).
15. Savelyeva L. N. (2022) Biochemical status of blood of calves in normal and with pathology of digestive organs. *Bulletin of KrasGAU*, no. 9 (186), pp. 179–183. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-179-183. EDN RDEUKV (In Russ.).
16. Saibel O. L. (2021) Justification for the choice of methods for standardizing the herb of common chicory (Cichorium intybus L.). *Issues of ensuring the quality of medicines*, no. 2 (32), pp. 4–11. DOI: 10.34907/JPQAI.2021.52.51.002. EDN VGMCNX (In Russ.).
17. Tarasov S. S., Koryagin A. S., Gavrilova A. A. (2018) The value of p-carotene in the antioxidant protection of blood plasma of the European rabbit (Orictolagus cuniculus) under normal conditions and under hyperthermic exposure. *Veterinary, zootechnics and biotechnology*, no. 1, pp. 68–75. EDN YOWOON (In Russ.).
18. Lashin A., Simonova N., Miller T. et al. Substantiation of the choice of the model for the formation of oxidative stress in preclinical studie // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE 2022) (Divnomorskoe village, Krasnodar region, Russia, September 26 – October 02, 2022). Vol. 381. EDP Sciences:

EDP Sciences. 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202338101106. EDN PZWGAF.

19. Maksimov N. I., Lashin A. P. (2023) Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle // XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022» (Rostov-na-Donu, May 25-27, 2022). Springer. Pp. 79–89. EDN UWRAXF.

Информация об авторах:

А. П. ЛАШИН – доктор биологических наук, профессор;
Н. И. МАКСИМОВ – доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
М. В. СЫРОВАТСКИЙ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors:

A. P. LASHIN – Doctor of Biological Sciences, Professor;
N. I. MAKSIMOV – doctor of agricultural sciences, associate professor;
M. V. SYROVATSKIY – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.12.2024; одобрена после рецензирования 19.12.2024; принята к публикации 24.12.2024.
The article was submitted 14.12.2024; approved after reviewing 19.12.2024; accepted for publication 24.12.2024.

Научная статья
УДК 615.281.9:619
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502106

Изучение острой пероральной токсичности нового препарата «Амоксиянтарь» на лабораторных животных

Дамир Исмаилович Удавлиев[1], Сергей Владимирович Енгашев[2], Екатерина Сергеевна Енгашева[3], Александр Михайлович Лунегов[4], Алена Сергеевна Хлебалина[5]

[1] Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия
[2] Научно-внедренческий центр «Агроветзащита», Сергиев Посад, Россия
[3] Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Москва, Россия
[4] Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия
[5] Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (ВНИВИП) – филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-технологический институт птицеводства» ВНИТИП, Россия

[1] ORCID: 0000-0002-8829-8715;
[2] ORCID: 0000-0002-7230-0374;
[3] ORCID: 0000-0002-4808-8799;
[4] ORCID: 0000-0003-4480-9488;
[5] ORCID: 0009-0001-7660-7904

Аннотация

Одними из ключевых исследований после фармацевтических являются токсикологические, позволяющие определить класс опасности и летальную дозу лекарственного препарата. Было проведено исследование в ходе изучения острой токсичности по определению средней летальной дозы и летальной дозы нового лекарственного средства для ветеринарного применения «Амоксиянтарь». При обобщении результатов исследования острой пероральной токсичности на мышах при испытании дозы 7500 и 12 500 мг/кг признаков интоксикации у экспериментальных мышей отмечено не было, гибели животных в течение эксперимента не зафиксировано. По результатам исследования острой пероральной токсичности на крысах при испытании дозы 22 500 мг/кг наблюдали признаки интоксикации, зафиксирована гибель трех животных, т.е. данную дозу можно считать LD_{50}. В ходе эксперимента было доказано, что доза 25 000 мг/кг является летальной LD_{100}.

Ключевые слова: «Амоксиянтарь», острая токсичность, экспериментальные животные, летальная доза, масса тела

Для цитирования: *Удавлиев Д. И., Енгашев С. В., Енгашева Е. С. и др.* Изучение острой пероральной токсичности нового препарата «Амоксиянтарь» на лабораторных животных // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 51–57. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502106

© Удавлиев Д. И., Енгашев С. В., Енгашева Е. С., Лунегов А. М., Хлебалина А. С., 2025

Original article

Study of acute oral toxicity of the new drug «Amoxiyantar» on laboratory animals

Damir I. Udavliev[1], Sergey V. Engashev[2], Ekaterina S. Engasheva[3], Alexander M. Lunegov[4], Alena S. Khlebalina[5]

[1] Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia
[2] Scientific and Innovation Center "Agrovetzashita", Sergiev Posad, Russia
[3] All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – branch of the Federal State Budgetary Scientific Research Center RES RAS, Moscow, Russia
[1] St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russia
[5] The All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Poultry Farming (VNIVIP) – a branch of the Federal Scientific Center "All-Russian Scientific and Technological Institute of Poultry Farming" VNITIP, Russia

[1] ORCID: 0000-0002-8829-8715;
[2] ORCID: 0000-0002-7230-0374;
[3] ORCID: 0000-0002-4808-8799;
[4] ORCID: 0000-0003-4480-9488;
[5] ORCID: 0009-0001-7660-7904

Abstract

One of the key studies, after pharmaceutical research, is toxicological studies, which determine the hazard class and lethal dose of the drug. We conducted a study, in the course of studying acute toxicity, to determine the average lethal dose and lethal dose of a new drug for veterinary use Amoxiyantar. When summarizing the results of the study of acute oral toxicity in mice, when testing doses of 7,500 and 12 500 mg/kg, there were no signs of intoxication in experimental mice, and no animal deaths were recorded during the experiment. According to the results of a study of acute oral toxicity in rats, when testing a dose of 22 500 mg/kg, signs of intoxication were observed in experimental rats, the death of three animals from this group was recorded during the experiment, which can be considered this dose LD50. During the experiment, it was proved that a dose of 25 000 mg/kg is lethal LD100.

Keywords: amoxic acid, acute toxicity, experimental animals, lethal dose, body weight

For citation: Udavliev D. I., Engashev S. V., Engasheva E. S. et al. (2025) Study of acute oral toxicity of the new drug «Amoxiyantar» on laboratory animals. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 51–57. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502106

Введение. Фармацевтические исследования лекарственных средств для ветеринарного применения являются первым этапом создания лекарственных препаратов [10]. Одними из ключевых исследований (после фармацевтических) являются токсикологические, позволяющие определить класс опасности и летальную дозу лекарственного препарата [3, 6, 9]. Данные исследования позволяют определить токсичность, вызванную лекарственным препаратом, при введении дозы в срок, не превышающий 24 ч.

При составлении регистрационного досье на лекарственный препарат обязательно включают отчет по исследованию острой токсичности с определением класса опасности лекарственного препарата. Некоторые исследователи, руководствуясь нормативно-правовой документацией, изучая лекарственные средства для энтерального применения, завершают эксперимент по острой токсичности в случае отсутствия гибели животных в дозе 5000 мг/кг [1, 4, 7, 8].

Для формирования полной картины фармакодинамических и токсических эф-

фектов исследуемого лекарственного препарата исследования острой токсичности не завершаются определением класса опасности, а включают в себя исследования терапевтической и токсической широты препарата и летальной дозы [11]. Эти исследования служат основой для разработки рекомендаций по дозировке и условиям применения лекарств, а также обеспечивают информирование ветеринарных специалистов и владельцев животных о потенциальных рисках. Только после тщательного анализа всех полученных данных возможно дальнейшее продвижение препарата на рынок, что гарантирует высокую степень защиты здоровья животных и минимизацию рисков для их владельцев.

Нами было проведено исследование в ходе изучения острой токсичности по определению средней летальной дозы и летальной дозы нового лекарственного средства для ветеринарного применения «Амоксиянтарь».

Материалы и методы. Для проведения испытаний были использованы клинически здоровые белые аутбредные крысы массой 200–207 г в количестве 30 гол., белые аутбредные мыши массой 20–22 г в количестве 30 гол. Лабораторных животных содержали согласно ГОСТ 33216-2014 [2], кормление осуществлялось полнорационным экструдированным комбикормом ПК-120 (ГОСТ Р 51849-2001).

Острую пероральную токсичность препарата «Амоксиянтарь» на лабораторных мышах изучали на двух опытных и одной контрольной группах, по 10 гол. в каждой. Для приготовления раствора навеску 25 г порошка лекарственного препарата растворяли в 50 мл дистиллированной воды (для 1-й опытной группы); 15 г лекарственного препарата растворяли в 50 мл дистиллированной воды (для 2-й опытной группы). Испытуемый препарат вводили лабораторным животным в виде водного раствора однократно перорально с помощью атравматического желудочного зонда в объеме 0,5 мл/гол. (максимально допустимый объем для однократного введения), при этом животные 1-й опытной группы получили дозу 12 500 мг/кг, 2-й опытной группы – 7500 мг/кг. Контрольной группе вводили внутрижелудочно дистиллированную воду в объеме 0,5 мл/гол.

Для изучения острой пероральной токсичности препарата «Амоксиянтарь» на лабораторных крысах были сформированы 4 опытных и 1 контрольная группы, по 6 крыс (самцов) в каждой. Для приготовления раствора навеску 25 г лекарственного препарата растворяли в 50 мл дистиллированной воды. Раствор испытуемого препарата вводили лабораторным животным однократно перорально с помощью атравматического желудочного зонда в объемах: 5 мл/гол. (1-я опытная группа), 8 мл/гол. (2-я опытная группа), 9 мл/гол. (3-я опытная группа), 10 мл/гол. (4-я опытная группа). Для введения объема препарата, превышающего 5 мл/гол. (максимальный объем для однократного введения крысе), препарат вводили дважды: в первый раз – в максимальном объеме введения; второй – оставшийся объем. Контрольной группе вводили дистиллированную воду в объеме 5 мл/гол. Суммарно экспериментальные крысы получали дозы испытуемого препарата: 1-я группа – 12 500 мг/кг; 2-я – 20 000; 3-я – 22 500; 4-я – 25 000 мг/кг.

При испытании доз проводился контроль массы тела экспериментальных животных до введения исследуемого препарата, а также на 7-е и 14-е сут.

Результаты исследований. При испытании доз препарата «Амоксиянтарь» 7500 и 12 500 мг/кг не вызвали гибели мышей. Общее состояние экспериментальных животных было удовлетворительным, клинических признаков интоксикации не наблюдали. На различные раздражители (болевые, звуковые, световые) реакция соответствовала норме.

При взвешивании мышей было установлено, что все животные в группе на протяжении опыта стабильно набирали массу тела (рис. 1).

При изучении острой пероральной токсичности лекарственного препарата «Амоксиянтарь» на лабораторных аутбредных крысах при внутрижелудочном введении доз 12 500 и 20 000 мг/кг не вызвало гибели крыс. Общее состояние экспериментальных животных 1-й и 2-й групп было удовлетво-

рительным, клинических признаков интоксикации не наблюдали. На различные раздражители (болевые, звуковые, световые) реакция соответствовала норме.

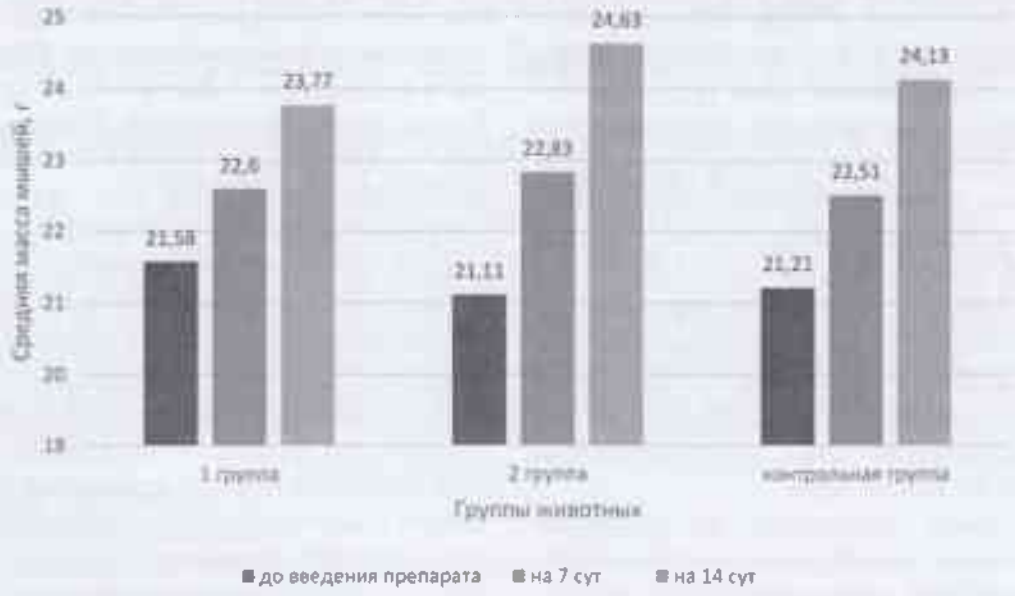

Рис. 1. Динамика средней массы тела мышей до и после введения препарата «Амоксиянтарь»

При взвешивании крыс было установлено, что животные 1-й и 2-й групп на протяжении опыта стабильно набирали массу тела (рис. 2).

Рис. 2. Динамика средней массы тела крыс до и после введения препарата «Амоксиянтарь»

3-й опытной группе было введено 22 500 мг/кг. Такая доза вызвала гибель трех крыс (на 2-е и 4-е сут). Через 10 мин после введения препарата у всех крыс данной группы наблюдали шаткость походки, животные принимали вынужденное лежачее положение, через 1,5 ч наблюдали снижение реакции на внешние раздражители. Через 4 ч после введения препарата у крыс всей группы наблюдали сниженную реакцию на внешние раздражители, вынужденное лежачее положение. При взвешивании крыс было установлено, что все выжившие животные снижали массу

тела в течение 14 сут эксперимента (см. рис. 2).

4-й опытной группе было введено 25 000 мг/кг, доза вызвала гибель 3 крыс на 1-е сут и 3 крыс на 2-е сут эксперимента. Сразу после введения препарата у всех животных из данной группы наблюдались признаки интоксикации: одышка, снижение реакции на внешние раздражители, извращение аппетита, шаткость походки. Через 5 мин после введения у крысы № 5 была отмечена вокализация. Через 1 ч после введения препарата у двух крыс наблюдали вынужденное лежачее положение. У всех животных данной группы была нарушена координация движений; снижена реакция на тактильные, звуковые и световые раздражители. Целостность и эластичность кожного и шерстного покрова сохранены, окраска видимых слизистых оболочек соответствовали норме.

В ходе эксперимента было доказано, что доза 25 000 мг/кг является смертельной.

Выводы. При обобщении результатов исследования острой пероральной токсичности на мышах можно сделать следующие выводы. При испытании дозы 7500 и 12 500 мг/кг признаков интоксикации у экспериментальных мышей отмечено не было, гибели животных в течение эксперимента не зафиксировано.

При обобщении результатов исследования острой пероральной токсичности на крысах можно сделать следующие выводы. При испытании доз 12 500 и 20 000 мг/кг признаков интоксикации у экспериментальных крыс отмечено не было, гибели животных в течение эксперимента не зафиксировано. При испытании дозы 22 500 мг/кг наблюдали признаки интоксикации у экспериментальных крыс, зафиксирована гибель трех животных из данной группы в течение эксперимента, т.е. можно считать данную дозу LD_{50}. Доза 25 000 мг/кг является летальной LD_{100}.

Список источников

1. *Абрамов А. А.* Фармако-токсикологическая оценка и эффективность препарата бетатиосол-L при патологиях печени у коров: дис. … канд. вет. наук. Краснодар, 2020.179 с.
2. ГОСТ 33216-2014. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами.
3. *Гуськова Т. А.* Лекарственная токсикология и безопасность лекарственных средств // Токсикологический вестник. 2014. № 2 (125). С. 2–4.
4. *Дельцов А. А., Бачинская В. М., Гончар Д. В. и др.* Оценка острой токсичности комплексного препарата на основе белкового гидролизата для кроликов // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов 2-й Научно-практической конференции (Москва, 23 июня 2023 г.) / под общей редакцией С. В. Позябина, Л. А. Гнездиловой. М.: Сельскохозяйственные технологии, 2023.
5. *Дорожкин В. И., Бирюкова Н. П., Бахмутова Т. В.* Современные требования к изучению общетоксического действия фармакологических веществ // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2019. № 2 (30). С. 205–215. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902015.
6. *Иванникова Р. Ф., Бессарабова Е. В., Фисенко Н. В.* Изучение острой токсичности пробиотика проветин // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов 2-й Научно-практической конференции (Москва, 23 июня 2023 г.) / под общ. ред. С. В. Позябина, Л. А. Гнездиловой. М.: Сельскохозяйственные технологии, 2023. С. 223–224.
7. *Матвеев В. М.* Разработка состава и применение антисептического ранозаживляющего геля для животных: дис. … канд. вет. наук. СПб., 2021. 145 с.
8. *Понамарев В. С.* Фармако-токсикологическая оценка комплексного препарата с гепатопротекторной активностью: дис. … канд. вете. наук. СПб., 2021.148 с.

9. *Семененко М. П., Басанкин А. В., Семененко К. А.* Оценка общетоксических свойств препарата ДОН-1 в рамках доклинической безопасности для теплокровных животных // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2 (66). С. 111–116. DOI: 10.18286/1816-4501-2024-2-111-116.
10. *Соколов В. Д., Андреева Н. Л.* Проблемы в лекарствоведении известны, их надо по возможности решать // Актуальные проблемы и инновации в современной ветеринарной фармакологии и токсикологии: материалы V международного съезда ветеринарных фармакологов и токсикологов (Витебск, 26–30 мая 2015 г.). Витебск: Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2015. С. 9–10.
11. *Соколов В. Д., Андреева Н. Л., Ноздрин Г. А. и др.* Фармакология: учебник. 4-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2022. 576 с.

References

1. Abramov A. A. (2020) Pharmaco-toxicological assessment and efficacy of the drug betathiosol-L in liver pathologies in cows: dis. ... of candidate of veterinary sciences. Krasnodar. 179 p. (In Russ.).
2. GOST 33216-2014. Guidelines for the maintenance and care of laboratory animals. Rules for the maintenance and care of laboratory rodents and rabbits.
3. Guskova T. A. (2014) Medicinal toxicology and safety of medicines. *Toxicological bulletin*,. № 2(125). Pp. 2–4 (In Russ.).
4. Deltsov A. A., Bachinskaya V. M., Gonchar D. V. Assessment of acute toxicity of a complex preparation based on protein hydrolysate for rabbits // Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin: Proceedings of the 2nd Scientific and Practical Conference (Moscow, June 23, 2023) / under the general editorship of S. V. Pozyabin, L. A. Gnezdilova. Moscow: Agricultural Technologies. 2023 (In Russ.).
5. Dorozhkin V. I., Biryukova N. P., Bakhmutova T. V. (2019) Modern requirements for the study of the general toxic effect of pharmacological substances. Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology, no. 2 (30), pp. 205–215. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902015 (In Russ.).
6. Ivannikova R. F., Bessarabova E. V., Fisenko N. V. (2023) The study of acute toxicity of probiotic provetin // Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin: Proceedings of the 2nd Scientific and Practical Conference (Moscow, June 23, 2023) / under the general editorship of S. V. Pozyabin, L. A. Gnezdilova. Moscow: Agricultural Technologies. Pp. 223–224 (In Russ.).
7. Matveev V. M. (2021) Development of the composition and application of antiseptic wound healing gel for animals: dis. ... of candidate of veterinary sciences. 145 p. (In Russ.).
8. Ponamarev V. S. (2021) Pharmaco-toxicological assessment of a complex drug with hepatoprotective activity: dis. ... of candidate of veterinary sciences. SPb. 148 p. (In Russ.).
9. Semenenko M. P., Basankin A. V., Semenenko K. A. (2024) Assessment of the general toxic properties of the drug DON-1 in the framework of preclinical safety for warm-blooded animals. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, no. 2 (66), pp. 111–116. DOI: 10.18286/1816-4501-2024-2-111-116 (In Russ.).
10. Sokolov V. D., Andreeva N. L. (2015) Problems in pharmacology are known, they should be solved if possible // Current problems and innovations in modern veterinary pharmacology and toxicology: Proceedings of the V International Congress of Veterinary Pharmacologists and Toxicologists (Vitebsk, May 26-30, 2015). Vitebsk: Educational institution "Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine". Pp. 9–10 (In Russ.).
11. Sokolov V. D., Andreeva N. L., Nozdrin G. A. et al. (2022) Pharmacology: Textbook. 4th ed., revised and supplemented. SPb.: Lan Publishing House. 576 p. (In Russ.).

Информация об авторах:

Д. И. УДАВЛИЕВ – доктор биологических наук, профессор;
С. В. ЕНГАШЕВ – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН;
Е. С. ЕНГАШЕВА – доктор биологических наук;
А. М. ЛУНЕГОВ – кандидат ветеринарных наук, доцент;
А. С. ХЛЕБАЛИНА – аспирантка.

Information about the authors:

D. I. UDAVLIEV – Doctor of Biological Sciences, Professor;
S. V. ENGASHEV – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences;
E. S. ENGASHEVA – Doctor of Biological Sciences;
A. M. LUNEGOV – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;
A. S. KHLEBALINA – postgraduate student.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.12.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.
The article was submitted 15.12.2024; approved after reviewing 20.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.

Научная статья
УДК: 619:615.2.619:618.19-002
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502107

Комплексное лечение клинической формы мастита дойных коров в условиях животноводческой фермы

Кристина Викторовна Шепелева[1], Роман Васильевич Рогов[2], Жора Юрикович Мурадян[3], Александр Константинович Петров[4], Евгений Владимирович Куликов[5]

[1, 2, 4, 5] Аграрно-технологический институт РУДН им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия
[3] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

[1] shepeleva-kv@rudn.ru, ORCID: 0000-0002-1105-2602;
[2] rogov-rv@rudn.ru, ORCID: 0000-0002-3010-5714;
[3] zh_muradyan@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2516-7627
[4] petrov-ak@rudn.ru, ORCID: 0000-0002-6152-4655;
[5] kulikov-ev@rudn.ru, ORCID: 0000-0001-6936-2163

Автор, ответственный за переписку:
Мурадян Жора Юрикович, zh_muradyan@mail.ru

Аннотация

Заболеваемость маститом является одной из самых важных проблем современного молочного животноводства, которая приносит значительный экономический ущерб в результате снижения молочной продуктивности, затрат на лечение и профилактику, снижения сроков эксплуатации продуктивных животных. В статье представлены результаты диагностики и лечения клинической формы мастита в сравнительном аспекте. В ходе научно-производственного опыта в условиях хозяйства были сформированы 4 группы животных, по 10 гол. в каждой. Диагноз на серозно-катаральный мастит ставили на основание проведенного клинико-маммологического исследования, пробы «Кенотест» и определения количества соматических клеток.

После проведенного лечения у животных всех трех опытных групп вышеописанные клинические признаки не наблюдались, их сглаживание имелось уже после двукратного ведения препаратов и нанесения мази. Среди опытных групп наиболее выраженно этот процесс проходил в 3-й опытной группе, где применяли «Мамикур». Наиболее выраженный лечебный эффект был получен в группе О-II, где применяли препарат «Мамикур»: после проведенного лечения отрицательная проба «Кенотест» наблюдалась у 90 % животных (9 гол.), а количество соматических клеток составляло 345,2±57,5 тыс/ см^3.

Ключевые слова: лактирующие коровы, клинический мастит, «Мамикур», соматические клетки, соматос В-2К, интрацистернально

Для цитирования: *Шепелева К. В., Рогов Р. В., Мурадян Ж. Ю. и др.* Комплексное лечение клинической формы мастита дойных коров в условиях животноводческой фермы // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 58–66. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502107

© Шепелева К. В., Рогов Р. В., Мурадян Ж. Ю., Петров А. К., Куликов Е. В., 2025

Original article

Complex treatment of clinical mastitis in dairy cows in a livestock farm

Kristina V. Shepeleva[1], Roman V. Rogov[2], Zhora Yu. Muradyan[3], Alexander K. Petrov[4], Evgeny V. Kulikov[5]

[1, 2, 4, 5] Agrarian-Technological Institute of RUDN University named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

[3] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

[1] shepeleva-kv@rudn.ru, ORCID: 0000-0002-1105-2602;
[2] rogov-rv@rudn.ru, ORCID: 0000-0002-3010-5714;
[3] zh_muradyan@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2516-7627
[4] petrov-ak@rudn.ru, ORCID: 0000-0002-6152-4655;
[5] kulikov-ev@rudn.ru, ORCID: 0000-0001-6936-2163

Corresponding author:
Zhora Yu. Muradyan, zh_muradyan@mail.ru

Abstract

The incidence of mastitis is one of the most important problems of modern dairy farming, which causes significant economic damage from a decrease in milk productivity, from the cost of treatment and prevention, from a reduction in the life of productive animals. The article presents the results of diagnosis and treatment of the clinical form of mastitis in a comparative aspect. In the course of scientific and production experience, 4 groups of animals with 10 heads each were formed in the conditions of the farm. The diagnosis of serous-catarrhal mastitis was based on a clinical mammological examination, a cenotest test, and a determination of the number of somatic cells.

After the treatment, the above-described clinical signs were not observed in animals of all three experimental groups and their smoothing was observed after twice administration of drugs and application of ointment. Among the experimental groups, this process was most pronounced in the third experimental group, where mamikur was used. The most pronounced therapeutic effect was obtained in the O-II group, where mamikur was used, where, after treatment, a negative cenotest test was observed in 90% of animals (9 heads), and the number of somatic cells was 345.2±57.5 thousand/ cm^3.

Keywords: lactating cows, clinical mastitis, mammature, somatic cells, somatos B-2K, intracisternally.

For citation: Shepeleva K. V., Rogov R. V., Muradyan Zh. Yu. et al. (2025) Complex treatment of clinical mastitis in dairy cows in a livestock farm. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 58–66. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502107

Введение. В настоящее время важная и повсеместная проблема молочных комплексов – заболеваемость коров маститом. Мастит – это воспалительное заболевание молочной железы, в результате чего поражаются одна или несколько долей вымени. Данное заболевание является одной из самых важных проблем современного молочного скотоводства, которая приносит значительный экономический ущерб из-за снижения молочной продуктивности, затрат на лечение и профилактику, снижения сроков эксплуатации продуктивных животных [1–3]. В период лечения значительно снижается удой и хозяйство несет убытки в связи с недополучением товарного молока – основного

источника дохода. В зависимости от степени поражения и вида воспаления удой может снижаться на 10–100 %, а иногда приводит к истощению и гибели животного. Молоко от больной маститом коровы не допускается в реализацию и подлежит уничтожению в связи с возможным попаданием в молоко патогенных микроорганизмов и их токсинов. В группу факторов, вызывающих мастит, могут входить обсемененность оборудования микроорганизмами, травмы вымени, а также различные системные заболевания, такие как эндометрит, патология дистальных участков конечностей, кетоз и др. [4–6].

По данным Международной молочной федерации, сообщениям Европейской ассоциации животноводов, а также по результатам наших многих исследований, клиническая форма мастита диагностируется у 10,0–25,0 %, а субклиническая – у 25,0–60,0 % коров молочного стада [7–9].

Это заболевание не только доставляет болевые ощущения животному, но и приносит убытки производству. Кроме того, молоко от коров больных маститом нельзя использовать в пищу после окончания лечения, так как в качестве терапии чаще всего используются антибиотики. Даже после успешного лечения потребуется много сил, чтобы восстановить удои [10, 11].

Мероприятия, направленные на профилактику данной патологии, своевременно снижают заболеваемость коров и помогают сократить экономические потери [12, 13]. Лечение некоторыми препаратами не всегда оказывает положительный результат. Задача ветеринарных специалистов – определение новых высокоэффективных способов и средств терапии всех форм мастита у КРС. В качестве лекарственных средств применяют сульфаниламидные препараты, производные нитрофуранов и антимикробные вещества – антибиотики. Вышеперечисленные препараты могут приводить к снижению чувствительности микрофлоры и вызывать мастит. Это и является основной причиной поиска новых высокоэффективных антибактериальных средств от данной патологии у КРС [14, 15].

Цель исследований. Оценка эффективности комплексного лечения клинической формы мастита дойных коров в сравнительном аспекте.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт проводили в условиях МТФ хозяйства ООО «Бабаево» (с. Бабаево, Собинский район Владимирской области). Противомаститные препараты, результаты изучения которых представлены в данной научной статье, используются и были выбраны нами совместно со специалистами животноводческого комплекса, на базе которого выполняли научно-исследовательскую работу. Исследование проводили с целью улучшения качества терапии маститов коров в данном хозяйстве. С учетом пар аналогов были сформированы 4 группы лактирующих коров черно-пестрой голштинизированной породы 2–4 лактации, живой массой 500–550 кг, с удоем 7–8 тыс./год. У опытных животных проводились все плановые диагностические мероприятия (хозяйство благополучно по лейкозу, туберкулезу, бруцеллезу). Перед доением происходит проверка молока из каждой четверти вымени путем сдаивания первых струек.

Для проведения опыта было сформировано 3 опытные группы животных и одна контрольная, по 10 гол. в каждой:

1-я опытная группа (О-I) – коровы с клинической серозно-катаральной формой мастита, получавшие терапию препаратом «Мастиет® форте» (8 г) каждые 12 ч до улучшения клинических признаков;

2-я опытная группа (О-II) – коровы с клинической серозно-катаральной формой мастита, получавшие терапию препаратом «Мамикур» (8 г) каждые 12 ч до улучшения клинических признаков;

3-я опытная группа (О-III) – коровы с клинической серозно-катаральной формой мастита, получавшие терапию препаратом «Кобактан® LC» трехкратно интрацистернально с интервалом 12 ч после доения.

Животным 4-й группы (О-IV) подкожно в область вымени вводили физиологический раствор хлорида натрия по 7 мл 2 раза в день с интервалом 12 ч в течение 5 сут. В дополнение к назначенной терапии антибактериальными препаратами во всех опытных группах применялась мазь «Лювена» наружно на пораженную четверть вы-

мени в количестве 5 г, предварительно очистив кожу от механических примесей.

Перед применением препаратов пораженную четверть вымени полностью освобождают от молока, дезинфецируют сосок очищающей салфеткой. С наконечника шприца снимают колпачок и вводят наконечник в молочный канал вымени. Содержимое шприца полностью выдавливают в пораженную четверть, после чего удаляют шприц, пережимают верхушку соска и массируют четверть. Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1

Схема научно-хозяйственного опыта в условиях хозяйства

№ группы	Коровы, гол.	Препарат	Кратность применения	Контролируемые параметры
О-I	10	«Мастиет® форте» + мазь «Лювена»	Каждые 12 ч и/ц до улучшения клинических признаков	Клинико-маммологическое исследование, проба «Кенотест», количественный анализ соматических клеток
О-II	10	«Мамикур» + мазь «Лювена»	Каждые 12 ч и/ц до улучшения клинических признаков	
О-III	10	«Кобактан® LC» + мазь «Лювена»	Каждые 12 ч и/ц до улучшения клинических признаков	
О-IV	10	NaCl	2 раза в день в течение 5 сут, п/к	

Диагноз на клинический серозно-катаральный мастит ставили на основании результатов клинико-маммологического исследования (рис. 1). С помощью пробного доения была установлена степень нарушения функции молочной железы. Выдаиванием молока с приложенным усилием определяли тонус сфинктера соска. В частности, в случае нарушения молокоотдачи наблюдали уменьшение количества и изменение состава секрета вымени: вид молока, цвет и наличие хлопьев и сгустков в нем.

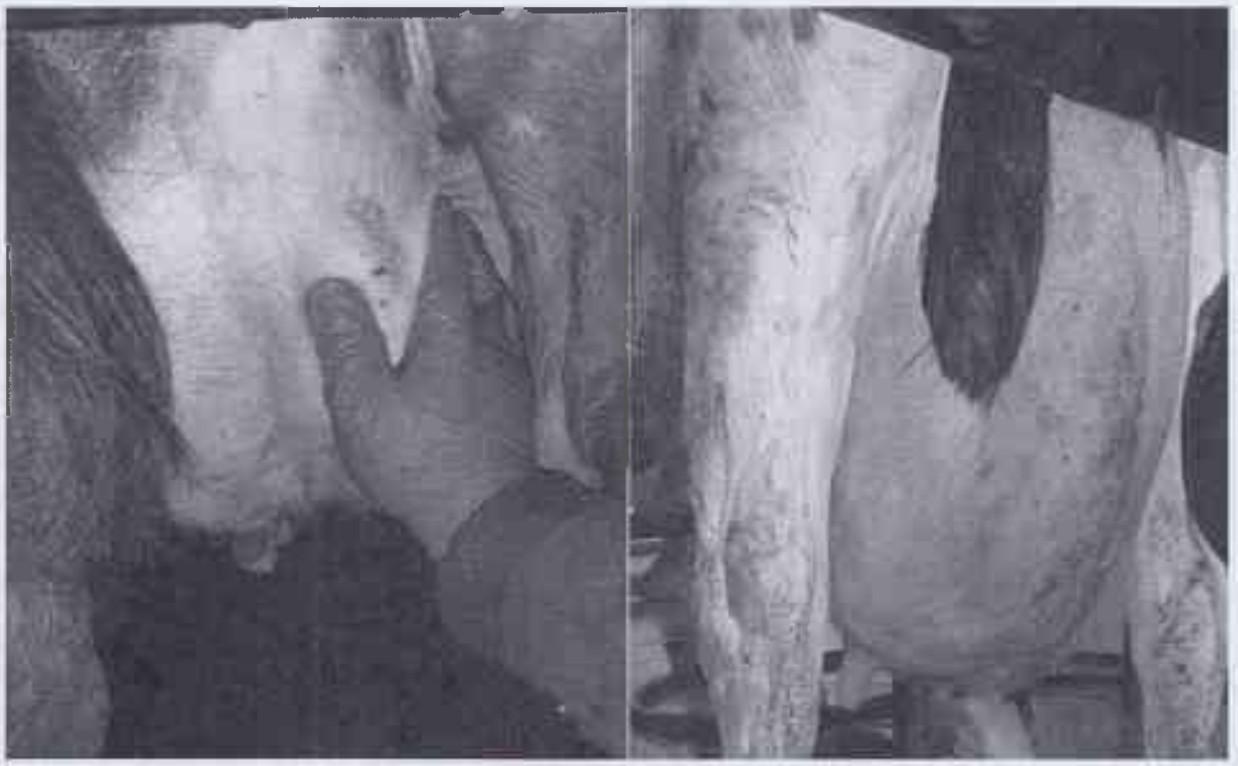

Рис. 1. Клинико-маммологическое исследование молочной железы

Оценку результатов лечения проводили по результатам клинико-маммологического исследования. При отсутствии клинических признаков мастита для исключения субклинического течения мастита проводили пробу с «Кенотест», а также определяли

количество соматических клеток в молоке (анализатор молока вискозиметрический «Соматос В-2К») (рис. 2, 3).

Проба с «Кенотест» заключалась в смешивании 2 мл молока из каждой четверти вымени с 2 мл раствора «Кенотест». После перемешивания палочкой в течение 15 с проводили учет реакции. Оценивали вязкость желе:

– отрицательная реакция – однородная жидкость (–); мастита нет;

– сомнительная реакция – следы образования желе (±); субклинический мастит;

– положительная реакция – ясно видимый сгусток (от слабого до плотного), который можно выбросить из луночки палочкой (+); клиническая форма мастита.

Рис. 2. Проведение исследования проб молока с «Кенотест»

Метод определения количества соматических клеток в молоке с применением вискозиметра («Соматос В-2К») заключается в определении условной вязкости проб молока, смешанных с водным раствором «Мастоприм» по времени вытекания через капилляр. Диапазон показаний прибора от 90 до 1500 тыс. клеток в 1 $см^3$ молока.

Коровы, у которых после терапии клинического мастита содержание соматических клеток находилось ниже 500 тыс./1 $см^3$, были полностью выздоровевшими; выше 500 тыс./1 $см^3$ – заболевание перешло в субклиническую форму.

Результаты исследования. При клинико-маммологическом исследовании в начале эксперимента у больных животных наблюдали следующие клинические признаки: увеличение и отек пораженной четверти вымени, повышение местной температуры (горячая на ощупь), покраснение, болезненность, при пальпации ткань вымени могла быть каменистая, плотная, нередко отмечали увеличение надвыменных лимфатические узлов, снижение молочной продуктивности. Не отмечали учащения пульса и дыхания, общего угнетения животного, уменьшения аппетита и повышения температуры тела. При доении молока отмечалось выделение водной жидкости с большим количеством сгустков и хлопьев казеина. У животных всех опытных групп была положительная реакция на «Кенотест». Данные представлены в табл. 2 и 3.

После проведенного лечения у животных всех трех опытных групп вышеописанные клинические признаки не наблюдались, их сглаживание определяли после

двукратного введения препаратов и нанесения мази. Среди опытных групп наиболее выраженно этот процесс проходил в 3-й опытной группе, где применяли «Мамикур».

Таблица 2

Результаты клинического обследования коров с серозно-катаральным маститом до лечения

Показатель, %	О-I (n=10)	О-II (n=10)	О-III (n=10)
Отек пораженной четверти вымени	100	100	100
Повышение местной температуры	100	100	100
Гиперемия	90	80	80
Болезненность	100	100	100
Увеличенные надвыменные лимфоузлы	60	50	40
Снижение молочной продуктивности	40	50	40
Общее угнетение животного	–	–	–
Снижение аппетита	–	10	–
Повышение температуры тела	–	10	–

По завершении лечебных мероприятий нами были проведены дополнительные исследования с «Кенотест», а также подсчет соматических клеток в молоке (см. рис. 2, 3).

Рис. 3. Определение количества соматических клеток в молоке с применением вискозиметра («Соматос В-2К»)

Таблица 3

Проба с «Кенотест» и результаты подсчета соматических клеток в пробах молока вискозиметрическим методом на 3-и сут после проведенной терапии

Реакция	О-I (n=10)	О-II (n=10)	О-III (n=10)	О-IV (n=10)
Отрицательная («Кенотест»), %	80	90	80	100
Количество соматических клеток, тыс./см^3 («Соматос В-2К»)	355.6±46,8	345,2±57,5	350,6±54,8	334.83±99,83
Сомнительная («Кенотест»), %	20	10	20	–
Количество соматических клеток, тыс./см^3 («Соматос В-2К»)	790,2±85,3	710,3±65,2	830,5±65,2	–
Положительная («Кенотест»), %	–	–	–	–

Из данных табл. 3 видно, что в группах, где применяли противомаститные препараты «Мастиет® форте» (О-I) и «Кобактан® LC» (О-III), произошла нормализация количества соматических клеток до 355,6±46,8 тыс./см³ у 80 % животных (8 гол.) и отрицательная проба «Кенотест», в то время как у 20 % животных этой группы реакция на «Кенотест» была сомнительной, а количество соматических клеток превышало значения ГОСТ и составляло 790,2±85,3 и 830,5±65,2, что говорило о переходе клинической формы мастита в субклиническую форму. Наиболее выраженный лечебный эффект был получен в группе О-II, где применяли препарат «Мамикур»: после проведенного лечения отрицательная проба «Кенотест» наблюдалась у 90 % животных (9 гол.), а количество соматических клеток составляло 345,2±57,5 тыс./см³; только у одного животного (10 %) была сомнительная реакция пробы «Кенотест», а количество соматических клеток соответствовало субклинической форме мастита 710,3±65,2 тыс./см³.

Заключение. В результате применения противомаститных препаратов в сравнительном аспекте у животных всех трех опытных групп клинические признаки исчезали уже после двукратного введения препаратов и нанесения мази. Наиболее выраженный терапевтический эффект был получен в группе О-II, где применяли препарат «Мамикур»: после проведенного лечения отрицательная проба «Кенотест» наблюдалась у 90 % животных (9 гол.), а количество соматических клеток составляло 345,2±57,5 тыс./см³, и лишь у одной коровы (10 %) была сомнительная реакция пробы «Кенотест», а количество соматических клеток соответствовало субклинической форме мастита 710,3±65,2 тыс./см³.

Список источников

1. *Акназаров Б. К., Джангазиев М. М., Ибраимов О. С.* Профилактика маститов и послеродовых заболеваний у коров // Современные проблемы ветеринарного обеспечения репродуктивного здоровья животных. Воронеж: Истоки, 2009. С. 38–41.
2. *Баймишева Д. Ш., Коростелева Л. А., Котенков С. В.* Факторы, обусловливающие возникновение маститов // Зоотехния. 2007. № 8. С. 22–24.
3. *Войтенко Л. Г., Картушина А. С., Шутова Ю. А. и др.* Мастит. Диагностика. Методы лечения // Ветеринарная патология. 2013. № 4 (46). С. 9–13.
4. *Гамаюнов В. М., Амиров А. Х.* К оценке эффективности противомаститных препаратов для лактирующих коров // Приоритеты развития АПК в современных условиях: сборник материалов Международной научно-практической конференции к 40-летию Смоленской ГСХА. Смоленск, 2014. С. 221–224.
5. *Гамаюнов В. М., Амиров А. Х.* Эффективность Ваккомаста при мастите у лактирующих коров // Ветеринария. 2016. № 5. С. 32–34.
6. *Гамаюнов В. М., Кольцов Д. Н., Новиков В. М.* Эффективность Прималакта при мастите у лактирующих коров // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 7 (4–9). Июль. Ч. 3. С. 28–30.
7. *Коренник И. В.* Комплексный подход к профилактике и лечению коров при мастите // Ветеринария. 2015. № 8. С. 35–39.
8. *Круглова Ю. С., Рогов Р. В., Хмеленко Р. С. и др.* Инновационный продукт «ПРЕВАКС» в комплексной терапии и профилактике маститов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 5. С. 86–96.
9. *Мурадян Ж. Ю., Рогов Р. В., Круглова Ю. С.* Влияние пробиотического препарата «МУЦИНОЛ-ЭКСТРА» на гематологические показатели крови молодняка крупного рогатого скота // Аграрная наука. 2021. № 5. С. 11–13.
10. *Никитина М. В., Столбова О. А., Скосырских Л. Н.* Изучение этиологических факторов мастита крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 197–200.
11. *Рогов Р. В., Люсин Е. А.* Терапевтическая эффективность препарата Энрофлон гель при лечении клинического

и субклинического мастита у крупного рогатого скота // Аграрная наука. 2020. № 10. С. 18–21.

12. *Рогов Р. В., Круглова Ю. С., Мурадян Ж. Ю.* Применение препарата «МАСТИНОЛ-ФОРТЕ» в терапии клинического мастита у дойных коров // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021. № 12. С. 19–24.
13. *Степанова Е. Д., Скосырских Л. Н.* Структура заболеваемости молочного поголовья крупного рогатого скота в условиях интенсивного животноводства // Мир Инноваций. 2019. № 4. С. 70–75.
14. *Черненок В. В., Ткачев М. А., Черног Ю. Н.* Эффективность разных методов диагностики мастита у коров // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4 (74). С. 39–42.
15. *Kruglova Yu. S., Rogov R. V., Khmelenko R.* Additive "PREVAX" application for mastitis prevention and complex treatment in high-producing cows // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023). Chelyabinsk, 2023. P. 03029.

References

1. Aknazarov B. K., Dzhangaziyev M. M., Ibraimov, O. S. (2009) Prevention of mastitis and postpartum diseases in cows // Modern problems of veterinary provision of reproductive health of animals. Voronezh: Istoki. Pp. 38–41 (In Russ.).
2. Baimisheva D. Sh., Korosteleva L. A., Kotenkov S. V. (2007) Factors causing mastitis. *Zootechnics*, no. 8, pp. 22–24 (In Russ.).
3. Voitenko L. G., Kartushina A. S., Shutova Yu. A. et al. (2013) Mastitis. Diagnostics. Treatment methods. *Veterinary pathology*, no. 4 (46), pp. 9–13 (In Russ.).
4. Gamayunov V. M., Amirov A. H. (2014) On the assessment of the effectiveness of anti-mastitis drugs for lactating cows // Priorities for the development of the agro-industrial complex in modern conditions: collection of materials of the International scientific and practical conference on the 40th anniversary of the Smolensk State Agricultural Academy. Smolensk. Pp. 221–224 (In Russ.).
5. Gamayunov V. M., Amirov A. H. (2016) Efficiency of Vacomast for mastitis in lactating cows. *Veterinary science*, no. 5, pp. 32–34 (In Russ.).
6. Gamayunov V. M., Koltsov D. N., Novikov V. M. (2016) Efficiency of Primalact in mastitis in lactating cows. *International Research Journal*, no. 7 (4–9), July, part 3, pp. 28–30 (In Russ.).
7. Korennik I. V. (2015) Integrated approach to prevention and treatment of cows with mastitis. *Veterinary science*, no. 8, pp. 35–39 (In Russ.).
8. Kruglova Yu. S., Rogov R. V., Khmelenko R. S. et al. (2023) Innovative product «PREVAX» in complex therapy and prevention of mastitis. *Veterinary science, animal science and biotechnology*, no. 5, pp. 86–96 (In Russ.).
9. Muradyan Zh. Yu., Rogov R. V., Kruglova Yu. S. (2021) The effect of the probiotic drug "MUCINOL-EXTRA" on hematological parameters of the blood of young cattle. *Agrarian science*, no. 5, pp. 11–13 (In Russ.).
10. Nikitina M. V., Stolbova O. A., Skosyrskikh L. N. (2019) Study of etiological factors of mastitis in cattle. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*, no. 5 (79), pp. 197–200 (In Russ.).
11. Rogov R. V., Lyusin E. A. (2020) Therapeutic efficacy of Enroflon gel in the treatment of clinical and subclinical mastitis in cattle. *Agrarian science*, no. 10, pp. 18–21 (In Russ.).
12. Rogov R. V., Kruglova Yu. S., Muradyan Zh. Yu. (2021) Use of the drug «MASTINOL-FORTE» in the treatment of clinical mastitis in dairy cows. *Veterinary science, animal science and biotechnology*, no. 12, pp. 19–24 (In Russ.).
13. Stepanova E. D., Skosyrskikh L. N. (2019) Structure of morbidity of dairy cattle in conditions of intensive animal husbandry. *World of Innovations*, no. 4, pp. 70–75 (In Russ.).
14. Chernenok V. V., Tkachev M. A., Chernock Yu. N. (2019) Efficiency of different methods for diagnosing mastitis in cows.

Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy, no. 4 (74), pp. 39–42 (In Russ.).
15. Kruglova Yu. S., Rogov R. V., Khmelenko R. et al. (2023) Additive «PREVAX» application for mastitis prevention and complex treatment in high-producing cows // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023). Chelyabinsk. P. 03029.

Информация об авторах:

К. В. ШЕПЕЛЕВА – аспирантка департамента ветеринарной медицины;
Р. В. РОГОВ – кандидат биологических наук, доцент департамента ветеринарной медицины;
Ж. Ю. МУРАДЯН – кандидат биологических наук, доцент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных;
А. К. ПЕТРОВ – кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины;
Е. В. КУЛИКОВ – кандидат биологических наук, доцент департамента ветеринарной медицины.

Information about the authors:

K. V. SHEPELEVA – Postgraduate student of the Department of Veterinary Medicine;
R. V. ROGOV – PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine;
Zh. Yu. MURADYAN – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Reproduction of Animals;
A. K. PETROV – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine;
E. V. KULIKOV – PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine.

Вклад авторов:

Авторы внесли эквивалентный вклад в написание статьи.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.12.2024; одобрена после рецензирования 21.12.2024; принята к публикации 26.12.2024.
The article was submitted 16.12.2024; approved after reviewing 21.12.2024; accepted for publication 26.12.2024.

Научная статья
УДК 619:615.9
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502108

Микотоксины в органах как диагностический фактор и индикатор наличия микотоксинов в кормах

Эдуард Ильясович Семёнов[1], Наиля Нариманова Мишина[2], Айсылу Завдатовна Мухарлямова[3], Оксана Викторовна Шлямина[4], Николай Михайлович Василевский[5], Александр Маратович Сайфутдинов[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия

Автор, ответственный за переписку:
Эдуард Ильясович Семенов, semyonovei@bk.ru

Аннотация

Микотоксины могут быть причиной снижения сохранности поголовья и продолжительности продуктивного использования животных, ухудшения показателей продуктивности и качества получаемой продукции. Идентифицировать микотоксины как этиологический фактор заболевания бывает довольно сложно из-за того, что протекание микотоксикоза чаще принимает хронический характер. Микотоксины в организме быстро подвергаются метаболизации с образованием других токсичных соединений, трудно определяемых аналитическими методами. Цель анализа – исследование на наличие микотоксинов и их метаболитов в органах и тканях птицы и кормах при диагностировании микотоксикозов. В качестве исходного материала использовали пробы, поступившие из птицефабрик для диагностирования микотоксикоза: 9 образцов кормов и 18 образцов патологического материала (почки и печень). Микотоксины идентифицировали различными методами, как регламентированными, так и описанными в зарубежной литературе. В результате исследования проб кормов и патологического материала методом иммуноферментного анализа содержание Т-2 токсина, зеараленона, фумонизина В1, афлатоксина В1, дезоксиниваленола, охратоксина А составило менее предела чувствительности метода. При исследовании проб методом тонкослойной хроматографии по ГОСТ 28396-89 содержание патулина также составляло менее предела чувствительности метода. Измеренные концентрации свидетельствуют о том, что выявленные микотоксины не могут являться основной причиной падежа.

На втором этапе исследования анализ образцов кормов и патологического материала выполнялся при помощи метода ВЭЖХ-МС. Полученные на этом этапе данные по содержанию нормируемых микотоксинов также не превышали значений ПДК. Однако были выявлены микотоксины и их метаболиты, которые на первом этапе исследования идентифицировать не удалось.

Ценность проведенного исследования заключается в возможности дать корректное ветеринарное заключение и рекомендации благодаря обнаружению микотоксинов и продуктов их метаболизма в тканях при их отсутствии в предоставленных пробах корма. При установлении причин падежа ошибочно ограничиваться определением остаточных количеств 6 основных нормируемых микотоксинов в кормах. Необходимо определять больший спектр микотоксинов и их

© Семенов Э. И., Мишина Н. Н., Мухарлямова А. З., Шлямина О. В., Васплевский Н. М., Сайфутдинов А. М., 2025

метаболитов в кормах и по возможности в органах и тканях. Также необходимо развитие современной нормативной базы по аналитическим методикам определения микотоксинов, в особенности по их определению в органах и тканях животных.

Ключевые слова: микотоксины, метаболиты, трансмиссия, птицы

Финансирование: исследования выполнены по Государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ № 08.2020.07/05.1-9 на тему «Анализ кормов, сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и воды по показателям качества и содержанию экотоксикантов техногенного и природного происхождения».

Для цитирования: *Семенов Э. И., Мишина Н. Н., Мухарлямова А. З. и др.* Микотоксины в органах как диагностический фактор и индикатор наличия микотоксинов в кормах // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 67–77. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502108

Original article

Mycotoxins in organs as a diagnostic factor and indicator of the presence of mycotoxins in feed

Eduard I. Semenov[1], Nailya N. Mishina[2], Aisylu Z. Mukharlyamova[3], Oksana V. Shlyamina[4], Nikolay M. Vasilevsky[5], Aleksandr M. Saifutdinov[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

Corresponding author:
Eduard Ilyasovich Semenov, semyonovei@bk.ru

Abstract

Mycotoxins can cause a decrease in the safety of livestock and the duration of productive use of animals, deterioration in productivity and quality of products. It can be quite difficult to identify mycotoxins as an etiological factor of the disease due to the fact that the course of mycotoxicosis more often takes on a chronic character. Mycotoxins in the body are rapidly metabolized to form other toxic compounds that are difficult to determine by analytical methods. The aim of the study was to investigate the presence of mycotoxins and their metabolites in poultry organs and tissues and feed when diagnosing mycotoxicoses. Samples received from poultry farms for the diagnosis of mycotoxicosis were used as the starting material: 9 feed samples and 18 samples. of the material (kidneys and liver). The identification of mycotoxins was determined by various methods, both regulated and described in foreign literature. As a result of the study of feed samples and pathological material by enzyme immunoassay, the content of T-2 toxin, zearalenone, fumonisin B1, aflatoxin B1, deoxynivalenol, ochratoxin A was less than the sensitivity limit of the method. When examining samples by thin-layer chromatography according to GOST 28396-89, the patulin content was also less than the sensitivity limit of the method. The measured concentrations indicate that the detected mycotoxins cannot be the main cause of death.

At the second stage of the study, the analysis of feed samples and pathological material was performed using the HPLC-MS method. The data obtained at this stage on the content of normalized mycotoxins also did not exceed the MPC values. However, mycotoxins and their metabolites were identified, which could not be identified at the first stage of the study.

The value of the conducted research lies in the possibility to give a correct conclusion and recommendations due to the detection of mycotoxins and their metabolic products in tissues in their absence in the provided feed samples. When determining the causes of death, it is a mistake to limit oneself to determining the residual amounts of the 6 main normalized mycotoxins in feed. It is necessary to identify a wider range of mycotoxins and their metabolites in feed and, if possible, in organs and tissues. It is also necessary to develop a modern regulatory framework for analytical methods for the determination of mycotoxins, especially for their determination in animal organs and tissues.

Keywords: mycotoxins, metabolites, transmission, birds

Financial Support: The research was carried out according to the State Assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. № 08.2020.07/05.1-9 on the topic «Analysis of feed, agricultural products, food products and water for quality indicators and content of ecotoxicants of technogenic and natural origin».

For citation: Semenov E. I., Mishina N. N., Mukharlyamova A. Z. et al. (2025) Mycotoxins in organs as a diagnostic factor and indicator of the presence of mycotoxins in feed. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 67–77. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502108

Введение. В процессе установления причин падежа сельскохозяйственных животных и птиц одну из ключевых позиций, помимо оценки клинической картины и патологоанатомических изменений, занимает комплексное токсико-микологическое исследование образцов кормов, органов и тканей. В схему данного исследования обязательно входит анализ на содержание микотоксинов – вторичных продуктов жизнедеятельности микроскопических грибов. Микотоксины относят к особо опасным контаминантам сельскохозяйственной продукции из-за их токсических свойств. Микотоксины могут быть причиной снижения сохранности поголовья и продолжительности продуктивного использования животных, ухудшения показателей продуктивности и качества получаемой продукции [12, 13].

Идентифицировать микотоксины как этиологический фактор заболевания бывает довольно сложно из-за того, что микотоксикоз чаще протекает хронически. В кормах они зачастую обнаруживаются в минимальных концентрациях либо не обнаруживаются вовсе. Микотоксины в организме быстро подвергаются метаболизации с образованием других токсичных соединений, трудно определяемых аналитическими методами [3, 6, 14, 20, 23, 26].

Определение микотоксинов в пищевых продуктах и кормах проводят по нормативным документам, которые предписывают использование методов на основе хроматографии (высокоэффективной жидкостной, тонкослойной и газовой) и иммуноанализа (ГОСТ 28001, ГОСТ 28396, ГОСТ 31653, ГОСТ 34140-2017, ГОСТ EN 15835, ГОСТ EN 15851). Официальные утвержденные методики, как правило, нацелены на определение одного или нескольких родственных соединений в определенных продуктах растительного и животного происхождения. В ГОСТ 34140-2017 представлен метод определения микотоксинов в пищевых продуктах, кормах и продовольственном сырье, реализуемый при помощи высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС), позволяющий определять до 49 веществ одновременно и в достаточно низких концентрациях. Его преимущества перед другими методиками обусловлены удачным сочетанием ВЭЖХ и способа детекции [9]. Для определения микотоксинов и продуктов их метаболизма в органах и тканях имеется ограниченное число стандартных методов, причем каждый из них ориентирован только на один токсин [1]. Указанные методики реализованы на основе метода тонкослойной хроматографии и обладают низкой чувствительностью. Эффективно применить вместо них стандартные методы на основе ВЭЖХ или

газовой хроматографии довольно сложно, поскольку способ пробоподготовки, рассчитанный на корма и пищевые продукты, не подходит для извлечения микотоксинов из такого вида образцов, как патологический материал (органы и ткани).

В зарубежной периодической научной литературе к настоящему времени описано достаточно много методик определения микотоксинов и их метаболитов в органах и тканях животных. Например, в работе X. Cao et al. [19], предложен способ пробоподготовки, охватывающий широкий спектр как биологических образцов, так и микотоксинов.

Цель исследования. Исследование на наличие микотоксинов и их метаболитов в органах и тканях птицы и кормах при диагностировании микотоксикозов.

Материалы и методы. В качестве исходного материала использовали пробы, поступившие с одной из птицефабрик Республики Татарстан для диагностирования микотоксикозов: 9 образцов кормов (ПК-4R-1534, участок 1; ПК-1-2R-1482, участок 2; ПК-1-3R-1464, участок 2; ПК-1-2R-1482, участок 3; ПК-1-3R-1464, участок 3; ПК-1-1R-1483, участок 4; ПК-1-3R-1464, участок 4; ПК-1-1R-1483, участок 5; ПК-1-3R-1464, участок 5) и 18 образцов патологического материала (почки и печень от участков 1–5).

Определение микотоксинов в образцах кормов выполняли с использованием отечественных коммерческих тест-наборов: Т-2 токсина, зеараленона, афлатоксина В1, охратоксина А, фумонизина В1 – по ГОСТ 31653, дезоксиниваленола согласно Рекомендациям по микотоксикологическому контролю кормов для сельскохозяйственных животных от 13.04.2014 № 25/3089. Определение вышеупомянутых микотоксинов в патологическом материале (почки и печень павшей птицы) осуществляли по методике пробоподготовки, описанной С. Ю. Гулюшиным с соавт. [4]. Методом ТСХ проводили индикацию патулина в кормах по ГОСТ 28396. Метод ВЭЖХ-МС для определения микотоксинов в кормах использовали согласно K. Nualkaw et al. [22]. В патологическом материале микотоксины и их метаболиты идентифицировали согласно X. Cao et al. [19]. Данные исследования выполняли с применением хромато-масс спектрометрического комплекса на базе хроматографа Agilent Infinity 1100 и масс-спектрометра Bruker Impact II. Поиск целевых соединений осуществлялся с применением программного обеспечения TargetScreener v.1.2 по предварительно созданной базе данных микотоксинов и их метаболитов.

Результаты и обсуждение. На первом этапе провели исследование на определение количественного содержания регламентируемых микотоксинов (афлатоксины, Т-2 токсин, дезоксиниваленол, зеараленон, охратоксин А, фумонизин В1, патулин) в кормах.

В результате исследования проб кормов и патологического материала методом иммуноферментного анализа содержание микотоксинов составило менее предела чувствительности метода. Так, для Т-2 токсина и зеараленона составило <0,02 мг/кг; фумонизина В1 – <0,05; афлатоксина В1 – <0,002; дезоксиниваленола – <0,2; охратоксина А – <0,004 мг/кг. При исследовании проб методом тонкослойной хроматографии по ГОСТ 28396-89 содержание патулина также составляло менее предела чувствительности метода – <0,1 мг/кг.

С одной стороны, измеренные концентрации свидетельствуют о том, что выявленные микотоксины не могут являться основной причиной падежа. С другой стороны, о безопасности корма при наличии в нем микотоксинов судят по нормативам их предельно-допустимой концентрации (ПДК), при этом не учитывается возможный синергизм действия, т.е. увеличение токсичности при одновременном присутствии нескольких токсинов в корме, даже в минимальных количествах [7].

Многолетние исследования ряда отечественных ученых показывают, что один вид плесневелых грибов может одновременно продуцировать несколько микотоксинов, т.е. больше, чем регламентировано определять [2, 10, 15]. Из-за многообразия видов микроскопических грибов, загрязняющих кормовое сырье, часто наблюдается контаминация кормов и другими микотоксинами, которые не регламентируются нормативно-методической и правовой документацией,

но способны оказать токсическое действие на животных и человека или потенцировать действие основных групп микотоксинов. Такие микотоксины принято называть эмерджентными (стеригматоцистин, монилиформин, альтернариол и др.).

При попадании в организм микотоксины подвергаются процессу метаболизации в печени и его трансформации в другие менее токсичные соединения, которые выделяются через почки. При этом увеличению нагрузки на органы детоксикации способствуют не только сами микотоксины, но и их структурные производные, эмерджентные микотоксины и ряд других факторов.

На втором этапе исследования анализ образцов кормов и патологического материала выполнялся при помощи метода ВЭЖХ-МС, который включал в себя использование более высокочувствительного способа индикации и поиск большего количества токсикантов. Результаты, полученные для проб органов и тканей, обрабатывались с учетом поиска микотоксинов нормируемых согласно ГОСТ 34140 и опирались на описанные ранее основные направления метаболизма ксенобиотиков в организме. Результаты в сравнении с полученными ранее представлены в табл. 1. Следует отметить, что в условиях проведенного аналитического исследования хроматографически разделить ацетил производные дезоксиниваленола не удалось, однако идентифицировать их удалось при более детальном изучении масс-спектра по фрагментным ионам.

Полученные на этом этапе данные по содержанию нормируемых микотоксинов также не превышали значений ПДК. Однако были выявлены микотоксины и их метаболиты, которые на первом этапе исследования идентифицировать не удалось. На рис. 1 приведены хроматограмма образца печень РМ-2 и масс-спектр на пике, соответствующем 3- и 15-ацетилдезоксиниваленолам (время выхода 6,7 мин). В масс-спектре идентифицируются псевдомолекулярный ион $[M+H]^+$ с массовым числом 339,2 Да, соответствующий обоим изомерам ацетилдезоксиниваленола, и осколочные ионы. Ион с m/z=231,2 Да является осколочным для 3-ацетилдезоксиниваленола, ион с m/z=307,1 Да является осколочным для 15-ацетилдезоксиниваленола.

Микотоксины обладают разной кумуляцией в органах и тканях. Т-2 токсин быстро подвергается метаболизму в организме животных, с образованием менее токсичных веществ – НТ-2 токсин, Т-2 триол и Т-2 тетраол и др., обладающих меньшей биологической активностью [24]. Так, НТ-токсин идентифицируется в печени через 5 мин после введения Т-2 токсина, а через 5 мин содержание Т-2 токсина плазме крови снижается на 20–50 % [16].

Зеараленон метаболизируется до основных метаболитов: α-, β-зеараленол, α-, β-зеараланол и зеараланона, обладающих более активным эстрогенным действием. При этом данные по трансмиссии в кровь значительно варьируют у разных исследователей [21].

ДОН, как правило, быстро всасывается и широко распределяется во многих органах, затем ДОН сначала обогащается в плазме, печени и почках, а затем накапливается в кишечнике. ДОН также быстро разрушается в пищеварительном канале и печени животных. Имеются также различия среди животных. Свиньи и люди высокочувствительны к ДОН, и у них схожие скорости всасывания, высокая биодоступность (> 55 %) и длительное время выведения [24].

После употребления загрязненной пищи и корма AFB 1 всасывается в тонком кишечнике и в основном метаболизируется в печени. Токсичные метаболиты приводят к гепатоцеллюлярному некрозу, фиброзу и гиперплазии соединительной ткани. Афлатоксин В1 через 24 ч после его введения обнаруживался в тканях в небольших количествах, но имел тенденцию к кумуляции, так как в исследованиях на свиньях остатки афлатоксина были определены в тканях печени, почек и мышц животных, получавших афлатоксины с кормом [11]. В тканях цыплят афлатоксин обнаруживался спустя 10 сут после исключения из корма афлатоксина [8].

Охратоксин А обладает высокой кумуляцией и обнаруживается в зависимости от дозы в мышечной ткани свиней до 2 нед., в печени – 3 нед., в почках – 4 нед. [5]. В ра-

боте S. Yang et al. [25] предложен метаболический профиль ОТА у крыс и кур.

В экспериментах на крысах через 7 сут после введения патулина в тканях и крови выявляли 2–3 % введенного количества токсина с преимущественной локализацией в эритроцитах [17].

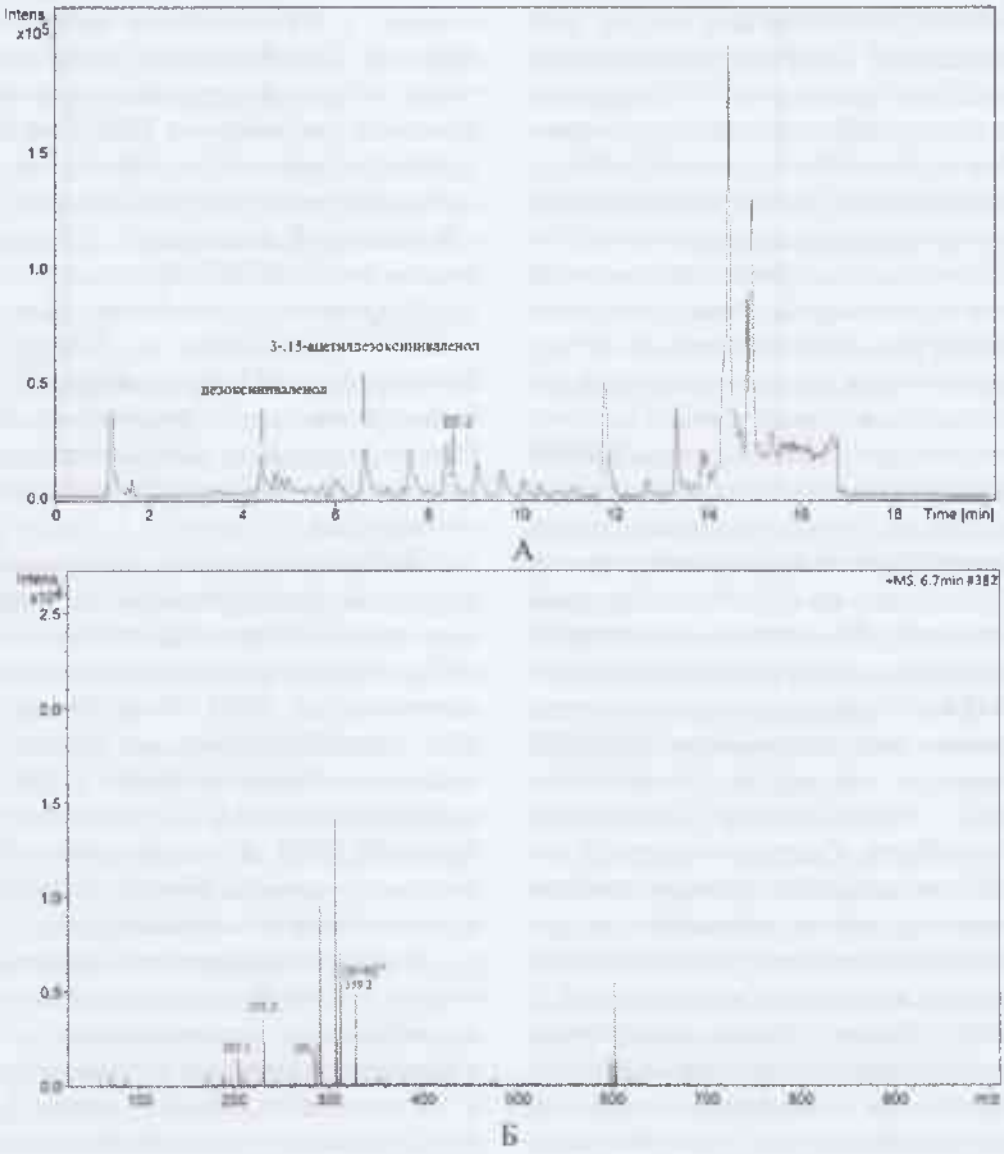

Рис. 1. Результат исследования образца печень РМ-2:
А – хроматограмма; Б – масс-спектр 3- и 15-ацетилдезоксиниваленолов

Таблица 1

Результаты исследования проб кормов и патологического материала на содержание микотоксинов и их метаболитов методом ВЭЖХ-МС

Образец	Микотоксин/метаболит	Концентрация, мкг/кг
ПК-4R-1534, участок 1	НТ-2 токсин	11,1±6,7
ПК-1-2R-1482, участок 2	НТ-2 токсин	14,0±8,5
	Неосоляниол	10,1±5,8
ПК-1-3R-1464 участок 2	Охратоксин А	<1,0
	НТ-2 токсин	12,2±7,4
ПК-1-2R-1482, участок 3	Дезоксиниваленол (ДОН)	20,2±14,1

Образец	Микотоксин/метаболит	Концентрация, мкг/кг
ПК-1-3R-1464, участок 3	Охратоксин А	<1,0
	НТ-2 токсин	16,1±9,8
ПК-1-1R-1483, участок 4	Охратоксин А	<1,0
ПК-1-3R-1464, участок 4	Охратоксин А	<1,0
	Дезоксиниваленол (ДОН)	15,1±10,6
	НТ-2 токсин	18,0±10,9
	Диацетоксискирпенол	1,6±0,8
ПК-1-1R-1483, участок 5	НТ-2 токсин	13,4±8,1
	Патулин	1,4±1,0
ПК-1-3R-1464, участок 5	Охратоксин А	1,5±1,1
Печень, участок 1	Ниваленол	1,6±0,9
Печень, участок 2	Дезоксиниваленол (ДОН)	<1,0
	НТ-2 токсин	10,3±6,3
	3-,15-ацетилдезоксиниваленол	1,4±0,6
Печень, участок 3	НТ-2 токсин	13,1±7,9
	Ниваленол	1,3±0,7
Печень, участок 5	Охратоксин А	2,2±1,6
Почки, участок 5	Охратоксин А	5,4±3,9
Печень, участок 2	3-,15-ацетилдезоксиниваленол	5,0±2,0
Печень, участок 3	Охратоксин А	0,5±0,3
	3-,15-ацетилдезоксиниваленол	12,8±5,1
Почки, участок 3	Охратоксин А	3,2±2,3
Печень, участок 4	Охратоксин А	0,5±0,3
	3-,15-ацетилдезоксиниваленол	4,6±1,8
Почки, участок 4	Охратоксин А	3,5±2,5

Полученные данные согласуются с литературными источниками. Так, охратоксин А обладает высоким кумулятивным свойством и был обнаружен в кормах в дозе <1 мкг/кг, тогда как в органах и тканях – 0,5–5,0 мкг/кг. ДОН быстро метаболизируется и его обнаружили в образцах кормов в дозах 15–20 мкг/кг, в то время как в печени и почках обнаружили только его метаболиты – 3-ацетилдезоксиниваленол, 15-ацетилдезоксиниваленол и ниваленол в концентрациях 1 мкг/кг. Также в минимальной концентрации в органах и тканях в дозе 1 мкг/кг обнаружили НТ-2 токсин при его отсутствии в кормах.

Следует отметить, что анализ кормов с применением только официально утвержденных методов анализа не позволил дать заключение, способное сохранить поголовье птицы. Вероятно, это может быть связано с ошибками в отборе, хранении и транспортировке проб. Поскольку пробы были предоставлены представителями хозяйства, могла иметь место неправильная выборка средней пробы образцов корма (доказано, что в одном хранилище очаги локализации плесеней неравномерны). Неправильное хранение при транспортировке могло привести к частичному разрушению микотоксинов, что сказалось на определяемой концентрации.

Заключение. Ценность проведенного исследования состоит в возможности дать корректное ветеринарное заключение и рекомендации благодаря обнаружению микотоксинов и продуктов их метаболизма в тканях при их отсутствии в предоставленных пробах корма. При установлении причин падежа ошибочно ограничиваться определением остаточных количеств 6 основных нормируемых микотоксинов в кормах. Необходимо определять больший спектр микотоксинов и их метаболитов в кормах, а по возможности – в органах и тканях. Также

необходимо развитие современной нормативной базы по аналитическим методикам определения микотоксинов, в особенности по их определению в органах и тканях животных. Требуется совместить новые методы, особенности отбора проб, половозрастную и видовую физиологию животных, влияние типа кормления и различных морбидных состояний животных, взаимодействие с лекарствами и другими ксенобиотиками, что, несомненно, влияет на метаболизм микотоксинов. Эти результаты не только помогут лучше понять судьбу микотоксинов в организме, но и предоставят базовую информацию для оценки токсикологии и безопасности пищевых продуктов для здоровья человека и животных. Задача глобальна и сложна, но является новым и, несомненно, необходимым этапом в диагностике и профилактике микотоксикозов и оценке безопасности продукции.

Список источников

1. *Антонов Б. И., Яковлева Т. Ф., Дерябина В. И. и др.* Лабораторные исследования в ветеринарии. Биохимические и микологические: справочник. М.: Агропромиздат, 1991. 288 с.
2. *Буркин А. А., Кононенко Г. П.* Контаминация микотоксинами луговых трав в Европейской части России // Сельскохозяйственная биология. 2015. № 4. С. 109–118.
3. *Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Левитин М. М. и др.* Фузариоз зерновых культур // Защита и карантин растений. 2011. № 5. С. 69–120.
4. *Гулюшин С. Ю., Буркин А. А., Кононенко Г. П.* Иммуноферментный анализ цитринина и охратоксина А в контаминированных тканях птицы // Доклады РАСХН. 2011. № 1. С. 58–60.
5. *Жуленко В. Н., Рабинович М. И., Таланов Г. А.* Ветеринарная токсикология. М.: Колос, 2004. 384 с.
6. *Закирова Г. Ш., Папуниди К. Х., Валеев А. Р. и др.* Разработка способа экспресс пробоподготовки для анализа пиретроидов и микотоксинов в зерне методом газожидкостной хроматографии // Ветеринарный врач. 2017. №. 3. С. 26–29.
7. *Крюков В. С.* Полимикотоксикоз: оценка действия // Комбикорма. 2013. № 10. С. 59–63.
8. *Крюков В. С., Крупин В. В.* Афлатоксин в мясе цыплят-бройлеров, потреблявших токсичные комбикорма // Вопросы питания. 1993. № 2. С. 51–55.
9. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды / под общ. ред. А. Т. Лебедева. М.: Техносфера, 2013. 632 с.
10. *Матросова Л. Е., Ермолаева О. К., Иванов А. А.* Мониторинг микроскопических грибов в сельскохозяйственной продукции Республики Татарстан // Ветеринарный врач. 2009. № 3. С. 52–53.
11. Микотоксины: Совместное издание Программы ООН по окружающей среде и ВОЗ (Гигиенические критерии состояния окружающей среды ,11). М. Медицина, 1982. 146 с.
12. *Мишина Н. Н., Семенов Э. И., Папуниди К. Х. и др.* Влияние комплекса цеолита и шунгита на резистентность и продуктивность цыплят-бройлеров при смешанном микотоксикозе // Ветеринарный врач. 2018. № 6. С. 3–9.
13. *Мухарлямова А. З.* Определение уровня загрязнения кормов афлатоксином В1 // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2023. Т. 9. № 2 (34). С. 162–167. DOI: 10.30914/2411-9687-2023-9-2-162-167.
14. Общая токсикология / под ред. Б. Курляндского, В. Филова. М.: Медицина, 2002. 608 с.
15. *Седова И. Б., Чалый З. А., Захарова Л. П.* Анализ результатов мониторинга загрязнения продовольственного зерна урожая 2017 года и продуктов его переработки микотоксинами // Успехи медицинской микологии. 2019. Т. 20. С. 661–665.
16. *Труфанов О. В.* Метаболизм Т-2 токсина неспецифическими эстеразами крови in vitro // Успехи медицинской микологии. 2003. Т. 1. С. 181–183.
17. *Тутельян В. А., Кравченко Л. В.* Микотоксины (Медицинские в биологические аспекты) / АМН СССР. М.: Медицина, 1985. 320 с.

18. *Anik E., Niemcewicz M., Podogrocki M. et al.* T-2 Toxin-The Most Toxic Trichothecene Mycotoxin: Metabolism, Toxicity, and Decontamination Strategies // Molecules. 2021. Vol. 26 (22). P. 6868. DOI: 10.3390/molecules26226868
19. *Cao X., Wu S., Yue Y. et al.* Ding A high-throughput method for the simultaneous determination of multiple mycotoxins in human and laboratory animal biological fluids and tissues by PLE and HPLC–MS/MS // Journal of Chromatography B. 2013. Vol. 942. Pp. 113–125.
20. *Cavallarin L., Antoniazzi S., Giaccone D. et al.* Transfer of aflatoxin M1 from milk to ripened cheese in three Italian traditional production methods // Food Control. 2014. Vol. 38. Pp. 174–177.
21. *Han X., Huangfu B., Xu T. et al.* Research progress of safety of zearalenone: a review // Toxins (Basel). 2022. Vol. 14 (6). 386 p. DOI: 10.3390/toxins14060386.
22. *Nualkaw K., Poapolathep S., Zhang Z. et al.* Simultaneous determination of multiple mycotoxins in swine, poultry and dairy feeds using ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry // Toxins. 2020. Vol. 12 (4). 253 p. https://doi.org/10.3390/toxins12040253.
23. *Semenov E., Tremasov M., Matrosova L. et al.* Joint effect of the mycotoxins T-2 toxin, deoxynivalenol and zearalenone on the weaner pigs against a background of the infection load // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. Pp. 1860–1868.
24. *Sun Y., Jiang J., Mu P. et al.* Toxicokinetics and metabolism of deoxynivalenol in animals and humans // Arch Toxicol. 2022. Vol. 96 (10). Pp. 2639–2654. DOI: 10.1007/s00204-022-03337-8.
25. *Yang S., Zhang H., De Saeger S. et al.* In vitro and in vivo metabolism of ochratoxin A: a comparative study using ultra-performance liquid chromatography-quadrupole/time-of-flight hybrid mass spectrometry // Anal Bioanal Chem. 2015. Vol. 407 (13). Pp. 3579–3589. DOI: 10.1007/s00216-015-8570-0.
26. *Zain M. E.* Impact of mycotoxins on humans and animals // Journal of Saudi Chemical Society. 2011. Vol. 15 (2). Pp. 129–144.

References

1. Antonov B. I., Yakovleva T. F., Deryabina V. I. et al. (1991) Laboratory research in veterinary medicine. Biochemical and mycological: handbook. M.: Agropromizdat. 288 p. (In Russ.).
2. Burkin A. A., Kononenko G. P. (2015) Mycotoxin contamination of meadow grasses in European Russia. *Agricultural Biology*, no. 4, pp. 109–118 (In Russ.).
3. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O.P., Levitin M. M. (2011) Fusariosis of grain crops. *Protection and quarantine of plants*, no. 5, pp. 69–120 (In Russ.).
4. Gulyushin S. Yu., Burkin A. A., Kononenko G. P. (2011) Enzyme immunoassay of citrinin and ochratoxin A in contaminated poultry tissues. RASKHN reports, no. 1, pp. 58–60 (In Russ.).
5. Zhulenko V. N., Rabinovich M. I., Talanov G. A. (2004) Veterinary toxicology. M.: Kolos. 384 p. (In Russ.).
6. Zakirova G. Sh., Papunidi K. Ch., Valeev A. R. et al. (2017) Method for sample preparation for analysis of express pyrethroids and mycotoxins in grain by the method of gas-liquid chromatography. *Vetvrach*, no. 3, pp. 26–29 (In Russ.).
7. Kryukov V. S. (2013) Polymycotoxicosis: assessment of action. *Compound feed*, no. 10, pp. 59-63 (In Russ.).
8. Kryukov V. S., Krupin V. V. (1993) Aflatoxin in the meat of broiler chickens that consumed toxic compound feeds. *Nutrition issues*, no. 2, pp. 51–55 (In Russ.).
9. (2013) Mass spectrometry for the analysis of environmental objects / ed. by A. T. Lebedev. M.: Technosphere. 632 p. (In Russ.).
10. Matrosova L. E., Ermolaeva O. K., Ivanov A. A. (2009) The monitoring microscopic fungi in Tatarstan Republic agricultural products. *Vetvrach*, no. 3, pp. 52–53 (In Russ.).
11. (1982) Mycotoxins: Joint publication of the United Nations Environment Programme and WHO (Hygienic Criteria for the State of the Environment, 11). M.: Medicine. 146 p.

12. Mishina N. N., Semenov E. I., Papunidi K. Kh. (2018) Influence of the complex of zeolite and shungit on the resistance and productivity of broiler chickens under a mixed mycotixicosis. *Vetvrach*, no. 6, pp. 3–9 (In Russ.).
13. Mukharlyamova A. Z. (2023) Determination of the level of feed contamination with aflatoxin B1. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, no. 9 (2), pp. 162–167 (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-2-162-167 (In Russ.).
14. (2002) General toxicology / ed. By B. Kurlyandsky, V. Filov. M.: Medicine. 608 p. (In Russ.).
15. Sedova I. B., Chalyy Z. A. Zakharova L. P. (2019) Analysis of the results of monitoring contamination of food grains of the 2017 harvest and products of its processing with mycotoxins. *Advances in medical mycology*, no. 20, pp. 661–665 (In Russ.).
16. Trufanov O. V. (2003) Metabolism of T-2 toxin by non-specific blood esterases in vitro. *Advances in medical mycology*, no. 1, pp. 181–183 (In Russ.).
17. Tutelyan V. A., Kravchenko L. V. (1985) Mycotoxins (Medical in biological aspects) / AMN USSR. M.: Medicine. 320 p.
18. Anik E., Niemcewicz M., Podogrocki M. et al. (2021) T-2 Toxin-The Most Toxic Trichothecene Mycotoxin: Metabolism, Toxicity, and Decontamination Strategies. *Molecules*, no. 26 (22). P. 6868. DOI: 10.3390/molecules26226868.
19. Cao X., Wu S., Yue Y. et al. (2013) Ding A high-throughput method for the simultaneous determination of multiple mycotoxins in human and laboratory animal biological fluids and tissues by PLE and HPLC–MS/MS. *Journal of Chromatography B*, no. 942, pp. 113–125.
20. Cavallarin L., Antoniazzi S., Giaccone D. et al. (2014) Transfer of aflatoxin M1 from milk to ripened cheese in three Italian traditional production methods. *Food Control*, no. 38, pp. 174–177.
21. Han X., Huangfu B., Xu T. et al. (2022) Research progress of safety of zearalenone: a review. *Toxins (Basel)*, no. 14 (6), pp. 386. DOI: 10.3390/toxins14060386.
22. Nualkaw K., Poapolathep S., Zhang Z. et al. (2020) Simultaneous determination of multiple mycotoxins in swine, poultry and dairy feeds using ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Toxins*, no. 12 (4), p. 253. https://doi.org/10.3390/toxins12040253.
23. Semenov E., Tremasov M., Matrosova L. et al. (2016) Joint effect of the mycotoxins T-2 toxin, deoxynivalenol and zearalenone on the weaner pigs against a background of the infection load. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, no. 7, pp. 1860–1868.
24. Sun Y., Jiang J., Mu P. et al. (2022) Toxicokinetics and metabolism of deoxynivalenol in animals and humans. *Arch Toxicol.*, no. 96 (10), pp. 2639–2654. DOI: 10.1007/s00204-022-03337-8.
25. Yang S., Zhang H., De Saeger S. et al. (2015) In vitro and in vivo metabolism of ochratoxin A: a comparative study using ultra-performance liquid chromatography-quadrupole/time-of-flight hybrid mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem.*, no. 407 (13), pp. 3579–3589. DOI: 10.1007/s00216-015-8570-0.
26. Zain M. E. (2011) Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, no. 15 (2), pp. 129–144.

Информация об авторах:

Э. И. СЕМЕНОВ – доктор ветеринарных наук, заведующий отделением токсикологии;
Н. Н. МИШИНА – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник и заведующий лаборатории фармакологии лекарственных средств;
А. З. МУХАРЛЯМОВА – научный сотрудник лаборатории физико-химического и прецизионного анализа;
О. В. ШЛЯМИНА – кандидат химических наук, руководитель;
Н. М. ВАСИЛЕВСКИЙ – доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник;

А. М. САЙФУТДИНОВ – кандидат химических наук, заведующий лабораторией физико-химического и прецизионного анализа.

Information about the authors:

E. I. SEMENOV – Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of Toxicology, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety;

N. N. MISHINA – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher and Head of the Laboratory of Pharmacology of Medicines, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety;

A. Z. MUKHARLYAMOVA – Researcher at the Laboratory of Physico-Chemical and Precision Analysis, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety;

O. V. SHLYAMINA – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Testing Center, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety;

N. M. VASILEVSKY – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety;

A. M. SAIFUTDINOV – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Laboratory of Physico-chemical and Precision Analysis, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety.

Вклад авторов:

СЕМЕНОВ Э. И. – руководство, обработка и интерпретация результатов, подготовка рукописи;

МИШИНА Н. Н. – выполнение экспериментальной работы, подготовка литературного обзора источников по теме статьи и рукописи;

МУХАРЛЯМОВА А. З. – выполнение хромато-масс спектрометрических исследований, комплектация результатов исследований для статьи;

ШЛЯМИНА О. В. – обработка и интерпретация результатов, подготовка рукописи;

ВАСИЛЕВСКИЙ Н. М. – консультативная помощь по проведению экспериментальной работы;

САЙФУТДИНОВ А. М. – подбор методик хромато-масс спектрометрических измерений. Обработка и интерпретация результатов хромато-масс спектрометрических исследований.

Contribution of the authors:

SEMENOV E. I. – Supervision of work, processing and interpretation of results, preparation of manuscript

MISHINA N. N. – Performing experimental work. Conducting a literary review of sources on the topic of the article. The manuscript has been prepared.

MUKHARLYAMOVA A. Z. – Participation in experimental work on the topic of the article. Completing the research results for the article;

SHLYAMINA O. V. – Processing and interpretation of results, preparation of manuscript

VASILEVSKY N. M. – Advisory assistance was provided for conducting experimental work

SAIFUTDINOV A. M. – Performing experimental work. Completing the research results for the article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.12.2024; одобрена после рецензирования 22.12.2024; принята к публикации 27.12.2024.
The article was submitted 17.12.2024; approved after reviewing 22.12.2024; accepted for publication 27.12.2024.

Научная статья
УДК: 636.5.087.69
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502109

Гистологические показатели мышц цыплят-бройлеров при добавлении в рацион витаминизированного комплекса «Нитамин»

Валентина Михайловна Бачинская[1], Александр Александрович Дельцов[2], Надежда Алексеевна Бачинская[3], Александра Алексеевна Попова[4]

[1, 2, 4] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К И. Скрябина, Москва, Россия
[3] ФГБУ «ВГНКИ», г. Москва, Россия

[1] bachinskaya1980@mail.ru;
[2] deltsov-81@mail.ru;
[3] nadezdabachinska@mail.ru;
[4] alekss.popova@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку:
Валентина Михайловна Бачинская, bachinskaya1980@mail.ru

Аннотация

В статье представлены результаты изучения влияния витаминизированного комплекса «Нитамин» на гистоморфологические показатели мышечной ткани цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500». В результате исследования установлено, что применение витаминизированного комплекса «Нитамин» по установленной схеме в дозировке 1 мл/л благоприятно сказывается на наборе живой массы цыплят-бройлеров. Достоверно установлено, что цыплята из опытной группы опережали по массе контрольную группу на 6,5 % на 35-е сут жизни. При гистологическом исследовании сердечной ткани установлено, что изучаемый препарат не вызывает патологических изменений. Гистологическое исследование четырехглавой мышцы бедра позволило установить, что мышечная ткань цыплят из опытной группы имеет четкие границы между волокнами, поперечная исчерченность хорошо выражена. Кроме того, морфометрия этой ткани позволила оценить диаметр мышечных волокон, толщину их пучков, толщину эндомизия и перимизия. Нами отмечено, что диаметр мышечных волокон и толщина их пучков преобладали у опытной группы над контрольной на 12,77 и 8,35 % соответственно. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности добавления в рацион цыплят-бройлеров витаминизированного препарата «Нитамин».

Ключевые слова: четырехглавая мышца бедра, сердечная мышца, мышечная ткань, цыплята-бройлеры, витаминизированный комплекс, толщина мышечных волокон

Для цитирования: *Бачинская В. М., Дельцов А. А., Бачинская Н. А., Попова А. А.* Гистологические показатели мышц цыплят-бройлеров при добавлении в рацион витаминизированного комплекса «Нитамин» // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 78–85. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502109

© Бачинская В. М., Дельцов А. А., Бачинская Н. А., Попова А. А., 2025

Original article

Histological indices of broiler chickens muscles when added to the diet of vitaminized complex «Nitamin»

Valentina M. Bachinskaya[1], Alexander A. Deltsov[2], Nadezhda A. Bachinskaya[3], Alexandra A. Popova[4]

[1, 2, 4] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

[3] Federal State Budgetary Institution "VGNKI", Moscow, Russia

[1] bachinskaya1980@mail.ru

[2] deltsov-81@mail.ru

[3] nadezdabachinska@mail.ru

[4] alekss.popova@yandex.ru

Corresponding author:
Valentina M. Bachinskaya, bachinskaya1980@mail.ru

Abstract

The article presents the results of studying the effect of vitaminized complex "Nitamin" on histomorphological parameters of muscle tissue of broiler chickens cross "Cobb-500". As a result of the study it was found that the use of vitaminized complex "Nitamin" according to the established scheme in the dosage of 1 ml / l favorably affects the live weight gain of broiler chickens. It is reliably established that chickens from the experimental group prevailed in weight over the control group by 6.5% on the 35th day of life. Histologic study of cardiac tissue showed that the studied preparation does not cause pathologic changes. Histological study of quadriceps femoris muscle allowed to establish that the muscle tissue of chickens from the experimental group has clear boundaries between fibers, transverse striation is well expressed. In addition, morphometry of this tissue allowed us to estimate the diameter of muscle fibers, the thickness of their bundles, the thickness of endomysium and perimysium. We noted that the diameter of muscle fibers and the thickness of their bundles prevailed in the experimental group over the control group by 12.77% and 8.35%, respectively. The obtained data indicate the advisability of adding the vitaminized preparation "Nitamin" to the diet of broiler chickens.

Keywords: quadriceps femoris muscle, cardiac muscle, muscle tissue, broiler chickens, vitamin complex, muscle fiber thickness

For citation: Bachinskaya V. M., Deltsov A. A., Bachinskaya N. A., Popova A. A. (2025) Histological indicators of muscles of broiler chickens when added to the diet vitaminized complex "Nitamin". *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 78–85. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502109

Введение. Производство мяса бройлеров в настоящее время занимает одно из первых мест в обеспечении страны продуктами животного происхождения. Оно не только удовлетворяет потребности населения в высококачественных белках, но и способствует развитию агропромышленного комплекса [2, 7]. Это объясняется тем, что бройлеры современных кроссов обладают высоким уровнем обмена веществ, который, в свою очередь, приводит к быстрому созреванию птицы. Для того чтобы полностью реализовать генетический потенциал бройлеров, необходимо учитывать потребность птицы в питательных веществах в соответствии с ее возрастом, физиологическим состоянием и продуктивностью.

Высокопродуктивные птицы обладают слабой приспособительной способностью к резким изменениям микроклимата, что приводит к нарушению работоспособности организма в целом и впоследствии негативно отражается на качестве выпускаемой продукции. Поэтому современные исследователи нацелены на поиски биологически активных веществ, которые смогут восполнить недостающие макро- и микроэлементы, а также сохранить или улучшить качество выпускаемой продукции от мясных кроссов [3].

Витамины стимулируют метаболизм и это говорит об огромном их значении в процессе индивидуального развития организма. Недостаток витаминов в первые сутки жизни может привести к снижению продуктивности или даже к гибели молодняка [4]. Именно поэтому необходимо обеспечивать птицу витаминами для поддержания высокой ее продуктивности и естественной резистентности в течение всего продуктивного периода. Для достижения наилучших результатов в производстве мяса важно учитывать баланс витаминов, таких как A, D_3, E и группы B, которые имеют особое значение в физиологических процессах [1]. Применение витаминизированных добавок актуально в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства, где высокие темпы роста и плотность посадки требуют повышенного внимания к питанию [5].

Цель исследования. Изучить гистологическое строение сердечной мышцы и четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» при добавлении в рацион витаминизированного комплекса «Нитамин».

Материалы и методы. Исследование проводили на базе кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина. Объектом исследования служили цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500» в количестве 40 гол. По принципу групп-аналогов были сформированы две группы, по 20 цыплят в каждой: 1-я группа являлась опытной и дополнительно к стандартному рациону получала витаминизированный комплекс «Нитамин» в дозе 1 мл/л воды; 2-я группа служила контролем и добавок к рациону не получала (табл. 1).

Таблица 1

Схема эксперимента

Группа	Число цыплят, гол.	Тип кормления
1-я группа (опытная)	20	Курсовое добавление в рацион витаминизированного препарата по схеме: стандартный рацион + препарат «Нитамин» со 2-х по 7-е сут жизни цыплят-бройлеров в дозировке 1 мл/л воды; стандартный рацион + препарат «Нитамин» с 15-х по 18-е сут в дозировке 1 мл/л воды
2-я группа (контрольная)	20	Стандартный рацион (без добавления препарата)

Птицы обеих групп находились в одном помещении, условия содержания, ухода и плотность посадки были аналогичны. Взвешивание птиц опытной и контрольной групп проводили каждые 7 сут. Убой цыплят-бройлеров проводили на 35-е сут жизни с соблюдением санитарно-гигиенических норм. Осмотр тушек и внутренних органов после убоя проводили в соответствии с Ветеринарными правилами убоя животных и Ветеринарными правилами назначения и проведения ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и продуктов убоя (промысла) животных, предназначенных для переработки и (или) реализации. Определение органолептических показателей проводили согласно ГОСТ 51944–2002 «Мясо птицы. Методы определения органолептических показателей, температуры и массы». Материалом для гистологического исследования служили образцы сердечной мышцы и мышечной ткани четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров. Гистологическое исследование выполнялось по общепринятым методикам согласно ГОСТ 31931–2012 «Мясо птицы. Методы гистологического и микроскопического анализа». Отобранный материал фиксировали в 10%-

м растворе нейтрального формалина, после чего изготавливали гистологические срезы размером 5–7 мкм. Полученные срезы изучали с помощью светового микроскопа «Микромед». Обработку морфометрических показателей гистологического изображения выполняли с помощью бесплатной англоязычной программы QuPath-0.5.1-x64.

Результаты исследования. На протяжении всего исследования цыплята-бройлеры были активные, хорошо потребляли корм и воду. Нарушений в клиническом статусе обеих групп отмечено не было. Птицы были хорошо упитаны, имели округлую форму груди, киль слегка выделялся, клюв имел глянцевый вид, повреждений кожного покрова и костной ткани не отмечали. Срок исследования составил 35 сут, сохранность при этом составила 100 % (табл. 2).

Таблица 2

Сохранность цыплят-бройлеров в период исследования

Показатель	Опытная группа	Контрольная группа
Цыплята в начале исследования, гол.	20	20
Цыплята в конце исследования, гол.	20	20
Срок выращивания, сут	35	35
Сохранность, %	100	100

При изучении прироста цыплят-бройлеров обеих групп нами отмечено, что цыплята из опытной группы преобладали по живой массе над контрольной группой (табл. 3).

Таблица 3

Динамика прироста живой массы цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500»

Возраст, сут	Опытная группа	Контрольная группа
1	43,04±3,03	42,66±2,46
7	93,75±7,72	85,45±5,39
14	165,60±18.72	149,20±20,91
21	447,00±34,90	406,00±38,81
28	1438,00±108,20	1322,00±86,96
35	2412,00±125,70	2264,0±150,23
Прирост относительно контроля, %	106,5	100
Среднесуточный прирост, г	57,43	53,90

В суточном возрасте масса цыплят-бройлеров опытной и контрольной групп была приблизительно одинаковой – 43,04–42,66 г. Живая масса цыплят, получавших «Нитамин» по схеме опыта, в возрасте 7 сут превосходила таковую у бройлеров контрольной группы на 9,7 %. В 14-суточном возрасте превосходство живой массы птиц опытной группы относительно цыплят контроля составило 11 %, тогда как на 21-е – 10,1 %; 28-е – 8,8; 35-с – 6,5 %. Снижение интенсивности набора живой массы птиц опытной группы над живой массой контроля на заключительном этапе эксперимента у цыплят не указывает на ухудшение темпов развития, а свидетельствует о более равномерном увеличении их живой массы.

При послеубойном ветеринарно-санитарном осмотре тушек цыплят-бройлеров патологических изменений обнаружено не было. Тушки птиц опытной и контрольной групп были хорошо обескровлены, разрывы кожных покровов отсутствовали, серозные оболочки были розового цвета. Запах соответствовал свежему мясу, посторонний запах отсутствовал.

Морфологическая картина строения сердечной мышцы контрольной и опытной групп не различалась (рис. 1, 2). Пучки

кардиомиоцитов образованы относительно тонкими мышечными волокнами. Пучки приблизительно одинаковой толщины и длины, имеют вытянутую прямоугольную форму при продольном сечении и округлую форму при поперечном сечении, границы мышечных волокон четкие.

Большинство кардиомиоцитов имеют одинаковый размер, саркоплазма их относительно равномерно окрашена слабо оксифильно, они имеют четко выраженную продольную и поперечную исчерченность. Ядра кардиомиоцитов крупные, округло-овальной формы, занимающие в клетке преимущественно центральное положение. Эндокард без видимых изменений.

Строма органа, состоящая из рыхлой волокнистой соединительной ткани, хорошо выражена, содержит скопления адипоцитов, местами выступает в виде тонких прослоек между пучками мышечных волокон. Сосуды интерстиция умеренно полнокровны, стенки их без видимых отклонений от нормального гистологического строения.

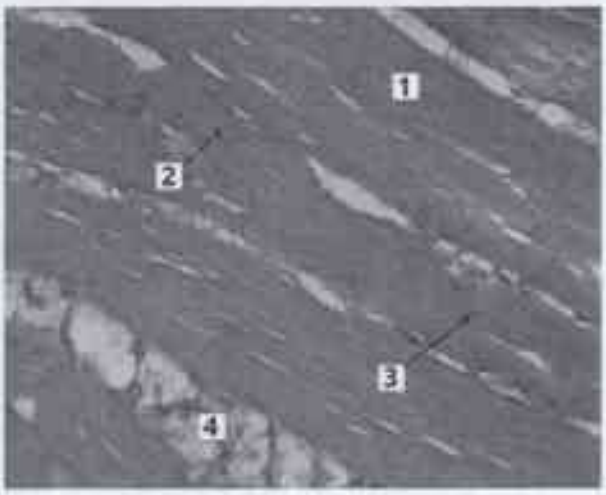

Рис. 1. Мышца сердца цыплят-бройлеров контрольной группы. Окраска гематоксилином и эозином, об. 10, ок. 40: 1 – сократительный кардиомиоцит; 2 – сократительный кардиомиоцит, с обеих сторон ограниченный вставочными дисками; 3 – ядра кардиомиоцитов; 4 – рыхлая соединительная ткань (перимизий)

Рис. 2. Мышца сердца цыплят-бройлеров опытной группы. Окраска гематоксилином и эозином, об. 10, ок. 40: 1 – сократительный кардиомиоцит; 2 – сократительный кардиомиоцит, с обеих сторон ограниченный вставочными дисками; 3 – ядра кардиомиоцитов; 4 – рыхлая соединительная ткань (перимизий)

При гистологическом исследовании мышечной ткани четырехглавой мышцы бедра у цыплят-бройлеров контрольной группы (рис. 3) отмечается волнообразное расположение мышечного волокна с хорошо различимыми границами. Между волокнами мышечной ткани располагается прослойка рыхлой соединительной ткани – эндомизий. Волокна окрашены равномерно в розовый цвет, поперечная исчерченность слабо выражена. Также на фоне общего строения ткани отмечаются незрелые мышечные волокна как в центральной, так и в периферических частях пучков мышечных волокон. Это говорит о том, что к концу опыта у птиц из контрольной группы происходило неравномерное развитие мышечных волокон и, как следствие, свидетельствует о незавершенной дифференцировке скелетной мускулатуры бедренной группы мышц. Ядра мышечных волокон овальные, слабо заметные. Пучки мышечных волокон имеют крупный и средний размеры, неровный контур, плохо различимые границы. Перимизий умеренно развит, хорошо окрашен в розовый цвет. Прослойки жировой ткани встречаются редко.

Гистологическая картина четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров опытной группы (рис. 4) визуально отличается от мышечной ткани цыплят контрольной группы. Мышечные волокна располагаются прямо-

линейно, при этом отделяются друг от друга эндомизием. Границы между волокнами четкие, поперечная исчерченность хорошо выражена. Мышечные волокна хорошо сформированы как в центральной, так и в периферических частях изучаемого образца. Ядра мышечных волокон овальные, хорошо заметны. Пучки мышечных волокон имеют крупный размер, ровный контур, хорошо различимые границы. Перимизий умеренно развит, хорошо окрашен в розовый цвет. Прослойки жировой ткани не встречаются.

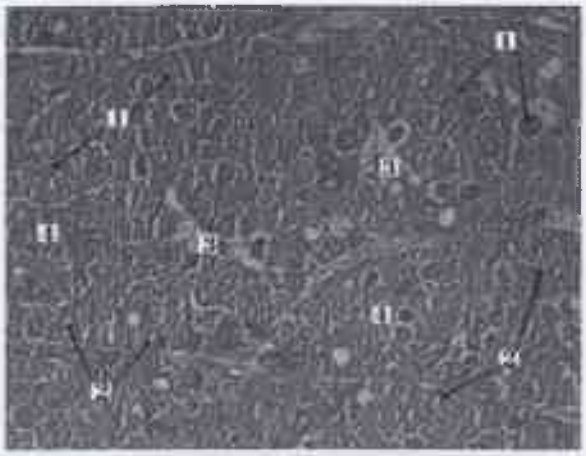

Рис. 3. Поперечный срез мышечной ткани четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров контрольной группы. Окраска гематоксилин и эозин, об. 10, ок. 10: 1 – мышечное волокно; 2 – эндомизий, 3 – перимизий, 4 – пучки мышечных волокон

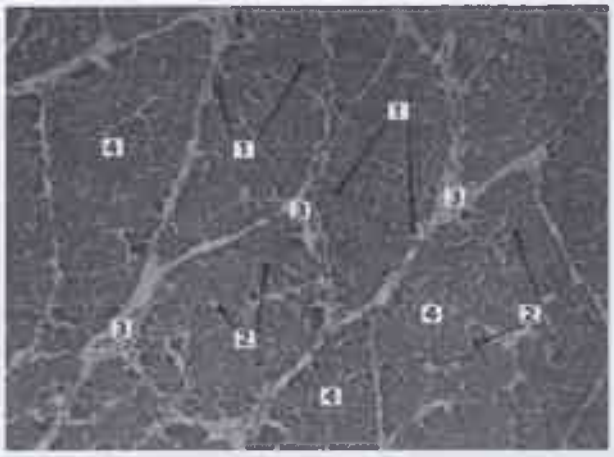

Рис. 4. Поперечный срез мышечной ткани четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров, получавших витаминизированный комплекс «Нитамин» (опытная группа). Окраска гематоксилином и эозином, об. 10, ок. 10: 1 – мышечное волокно; 2 – эндомизий; 3 – перимизий; 4 – пучки мышечных волокон

Микроморфометрия мышечной ткани четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров представляет собой важный аспект в исследовании роста и развития мышечной ткани у птиц, обладающих высокой продуктивностью (табл. 4). Этот подход позволяет глубже понять структурные и функциональные изменения, происходящие в мышцах при добавлении в рацион биологически активных добавок [6].

Таблица 4

Микроморфометрические показатели четырехглавой мышцы бедра у исследуемых цыплят-бройлеров

Показатель, мкм	Контрольная группа	Опытная группа
Толщина мышечных волокон	28,14±7,01	32,26±6,32
Толщина пучков мышечных волокон	223,54±17,8	243,93±8,53
Толщина эндомизия	2,05±0,18	2,56±0,32
Толщина перимизия	21,84±2,08	23,21±1,54

В данном исследовании микроморфометрический анализ позволил установить, что показатель толщины мышечных волокон, а также их пучков у опытной группы преобладает над контрольной группой цыплят-бройлеров на 12,77 и на 8,35 % соответственно. Кроме того, толщина эндомизия и перимизия цыплят опытной группы также уступает толщине эндомизия и перимизия контрольной группы на 19,2 и 5,9 %.

Заключение. Результаты исследования позволяют сделать вывод, что применение препарата «Нитамин» является безопасным и не оказывает негативного влияния на сердечную и мышечную ткани.

Полученные результаты исследования свидетельствуют о благоприятном воздействии витаминизированного препарата «Нитамин» в дозировке 1 мл/л воды по вышеуказанной схеме приема на рост и развитие мышечной ткани цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500». В опытной группе толщина мышечных волокон и толщина пучков мышечных волокон преобладали над контрольной группой цыплят.

Список источников

1. *Бачинская В. М., Гончар Д. В., Колпаков И. Д.* Современная кормовая добавка по показателям качества и безопасности куриных яиц // АПК России. 2024. Т. 31. № 2. С. 242–247. DOI: 10.55934/2587-8824-2024-31-2-242247. EDN РЖДЕМЕ.
2. *Бачинская В. М., Гончар Д. В., Попова А. А.* Влияние таурина и янтарной кислоты на рост цыплят-бройлеров // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов 3-й Научно-практической конференции (Москва, 28 июня 2024 г.). М.: ООО «Издательство «Сельскохозяйственные технологии», 2024. С. 143–144. EDN BALZOO.
3. *Василевич Ф. И., Бачинская В. М., Бачинская Н. А.* Влияние витаминного комплекса на рост и развитие цыплят-бройлеров кросса КОББ-500 // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 2 (42). С. 248–253. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202202014. EDN EYOPXE.
4. *Жукова Н. Н.* Повышение продуктивности и жизнеспособности птицы // Птицеводство. 2015. № 3. С. 17–19. EDN TWHMVD.
5. *Колпаков И. Д., Бачинская В. М., Дельцов А. А.* Эффективность применения кормовых добавок в птицеводстве // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 2. С. 83–90. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202402007. EDN FHTHKE.
6. *Кондратов Г. В., Степанишин В. В., Кумиров С. Г.* Характеристика скелетной мускулатуры сельскохозяйственной птицы мясных кроссов // Ветеринарная морфология и патология. 2024. № 1. С. 23–29. EDN KINWLG
7. *Тимошенко С. В., Бачинская В. М., Тимошенко Ю. И. и др.* Безопасность мяса цыплят-бройлеров при применении антибиотика нового поколения // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 10. С. 43–50. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202310005. EDN FEKBIH.
8. *Фисинин В. И., Егоров И. А., Околелова Т. М. и др.* Научные основы кормления с-х птицы. Сергиев Посад, 2011. 350 с.

References

1. Bachinskaya V. M., Gonchar D. V., Kolpakov I. D. (2024) Modern feed additive for quality and safety indicators of chicken eggs. *AIC of Russia*, vol. 31, no. 2, pp. 242–247. DOI: 10.55934/2587-8824-2024-31-2-242247. EDN RZHDEME (In Russ.).
2. Bachinskaya V. M., Gonchar D. V., Popova A. A. (2024) The effect of taurine and succinic acid on the growth of broiler chickens // Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and examination of raw materials and products of animal origin: Collection of works of the 3rd Scientific and Practical Conference (Moscow, June 28. 2024). Moscow: OOO «Publishing house "Agricultural technologies». Pp. 143–144. EDN BALZOO (In Russ.).
3. Vasilevich F. I., Bachinskaya V. M., Bachinskaya N. A. (2022) Influence of vitamin complex on growth and development of broiler chickens of the KOBB-500 cross. *Russian journal Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*, no. 2 (42), pp. 248–253. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202202014. EDN EYOPXE (In Russ.).
4. Zhukova N. N. (2015) Increasing productivity and viability of poultry. *Poultry farming*, no. 3, pp. 17–19. EDN TWHMVD (In Russ.).
5. Kolpakov I. D., Bachinskaya V. M., Deltsov A. A. (2024) Efficiency of feed additives in poultry farming. *Veterinary science, zootechnics and biotechnology*, no. 2, pp. 83–90. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202402007. EDN FHTHKE (In Russ.).

6. Kondratov G. V., Stepanishin V. V., Kumirov S. G. (2024) Characteristics of skeletal muscles of agricultural poultry of meat crosses. *Veterinary morphology and pathology*, no. 1, pp. 23–29. EDN: KINWLG (In Russ.).
7. Timoshenko S. V., Bachinskaya V. M. Timoshenko Yu. I. et al. (2023) Safety of broiler meat when using a new generation antibiotic. *Veterinary science, zootechnics and biotechnology*, no. 10, pp. 43–50. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202310005. EDN FEKBIH (In Russ.).
8. Fisinin V. I., Egorov I. A., Okolelova T. M. et al. (2011) Scientific principles of feeding farm poultry. Sergiev Posad. 350 p. (In Russ.).

Информация об авторах:

В. М. БАЧИНСКАЯ – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы;

А. А. ДЕЛЬЦОВ – доктор ветеринарных наук, кандидат фармацевтических наук, проректор по науке и инновациям, заведующий кафедрой физиологии, фармакологии и токсикологии имени А. Н. Голикова и И. Е. Мозгова;

Н. А. БАЧИНСКАЯ – младший научный сотрудник;

А. А. ПОПОВА – студентка 2-го курса факультета ветеринарной медицины (ВСЭ).

Information about the authors:

B. M. BACHINSKAYA – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Examination;

A. A. DELTSOV – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A. N. Golikov and I. E. Mozgov;

N. A. BACHINSKAYA – junior researcher;

A. A. POPOVA – 2nd year student of the Faculty of Veterinary Medicine.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

All authors made equivalent contributions to the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.12.2024; одобрена после рецензирования 23.12.2024; принята к публикации 28.12.2024.

The article was submitted 18.12.2024; approved after reviewing 23.12.2024; accepted for publication 28.12.2024.

Научная статья
УДК 619.615.33.616.24-002.636.4
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502110

Современное состояние проблемы оспы овец и оспы коз в мире

Лариса Павловна Падило[1], Валерий Александрович Агольцов[2], Адыля Камилевна Сибгатуллова[3], Ольга Михайловна Попова[4]

[1, 2, 4] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Россия, Саратов
[3] Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Россия, Ульяновск
[1] padilo-2019@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8402-6798;
[2] Agoltsov-Saratov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-6991-7253

Автор, ответственный за переписку:
Лариса Павловна Падило, dr.dream555@yandex.ru

Аннотация

В статье представлен анализ современных источников литературы по патологиям мелких жвачных животных (оспе овец и оспе коз) в мире с использованием отечественных и зарубежных библиографических баз. В данном исследовании собрана актуальная информация об эмерджентных особо опасных и карантинных (ООиК) инфекциях (оспе овец и оспе коз). В качестве источников информации были использованы наукометрические базы данных: Elibrary, PubMed, Web of Science. На основании проведенного анализа открытых литературных источников из международных и отечественных баз данных выяснили, что оспа мелких жвачных животных представляет особую опасность мелкому скотоводству в связи с тем, что наносит колоссальный экономический ущерб во многих странах мира по причине высокой заболеваемости и смертности, а также формирования стационарно-неблагополучных пунктов. Под угрозой проникновения возбудителей ООиК инфекций находятся и регионы Российской Федерации, граничащие с Китаем и Монголией, а также Казахстаном.

Ключевые слова: оспа овец, оспа коз, SPPV и GTPV, лабораторная диагностика

Для цитирования: *Падило Л. П., Агольцов В. А., Сибгатуллова А. К., Попова О. М.* Современное состояние проблемы оспы овец и оспы коз в мире // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 86–94. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502110

Original article

The current state of the problem of sheeppox and goatpox in the world

Larisa P. Padilo[1], Valeriy A. Agoltsov[2], Adylya K. Sibgatullova[3], Olga M. Popova[4]

© Падило Л. П., Агольцов В. А., Сибгатуллова А. К., Попова О. М., 2025

[1, 2, *] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after I. Vavilov, Saratov, Russia
[3] Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia
[1] *padilo-2019@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8402-6798;*
[2] *Agoltsov-Saratov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-6991-7253*

Corresponding author:
Larisa P. Padilo, dr.dream555@yandex.ru

Abstract

The aim of this work was to analyze modern literature sources on pathologies of small ruminants (sheeppox and goatpox) in the world using domestic and foreign bibliographic databases. This study collected up-to-date information on emerging especially dangerous and quarantine (sheep pox and goat pox) infections. Scientometric databases were used as sources of information: Elibrary, PubMed, Web of Science. Based on the analysis of open literary sources from international and domestic databases, it was found that smallpox of small ruminants is especially dangerous for small cattle breeding due to the fact that it causes enormous economic damage in many countries of the world due to high morbidity and mortality, as well as the formation of stationary-unfavorable points. Regions of the Russian Federation bordering China and Mongolia, as well as Kazakhstan, are also at risk of penetration of pathogens of sheep pox and goat pox.

Keywords: sheep pox, goat pox, SPPV and GTPV, laboratory diagnostics

For citation: Padilo L. P., Agaltsov V. A., Sibgatullova A. K., Popova O. M. (2025) The current state of the problem of sheep pox and goat pox in the world. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 86–94. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502110

Введение. Оспа овец и оспа коз – вирусные заболевания овец и коз, характеризующиеся лихорадкой, генерализованными папулами (или узелками), везикулами (редко), внутренними поражениями (особенно в легких) и смертью. Оба заболевания вызываются штаммами каприпоксвируса, каждый из которых может инфицировать овец и коз. Хотя большинство исследованных штаммов вызывают более тяжелые клинические заболевания как у овец, так и у коз, были выделены некоторые штаммы, одинаково патогенные для обоих видов [1, 10, 14, 22].

Вирус оспы овец (SPPV) и вирус оспы коз (GTPV) являются возбудителями оспы овец и оспы коз. Оспа овец и оспа коз эндемичны в Африке к северу от экватора, на Ближнем Востоке и в Азии, а в некоторых частях Европы недавно произошли вспышки [26]. Страны, которые сообщили о вспышках болезни в период с 2010 по 2015 г.: Болгария, Китайский Тайбэй, Израиль, Казахстан, Кыргызстан, Монголия, Марокко, Греция и Россия, при этом в Греции, Израиле и России наблюдались повторяющиеся случаи [2, 12, 13, 21].

Род *Capripoxvirus* семейства Poxviridae состоит из трех видов: вирус оспы овец (SPPV) и вирус оспы коз (GPPV), которые вызывают оспу у овец и оспу у коз соответственно, и вирус заразного узелкового дерматита, который вызывает заболевание только у крупного рогатого скота. Оспа овец и оспа коз характеризуются диссеминированными кожными узелками и до 100 % смертностью у полностью восприимчивых пород овец и коз [20, 23].

Оспа овец и оспа коз служат основными препятствиями для интродукции экзотических пород овец и коз в эндемичные по этим болезням районы, а также для развития интенсивного животноводства [22].

Штаммы SPPV и GTPV могут передаваться между овцами и козами, хотя большинство из них вызывают более тяжелое клиническое заболевание только у одного вида. SPPV и GTPV – трансграничные заболевания, которые регулярно распространяются на соседние неэндемичные территории [10].

Инкубационный период спонтанной оспы овец и оспы коз составляет от 8 до 13 сут после контакта между инфицированными и восприимчивыми животными. После экспериментального заражения путем внутрикожной инокуляции или механической передачи насекомыми этот период длится всего 4 сут. Некоторые породы европейских овец (например, соай), могут погибнуть от острой инфекции до развития кожных поражений [15, 16]. У других пород наблюдается начальный подъем ректальной температуры выше 40 °С, затем через 2–5 сут появляются сначала пятна – небольшие очерченные участки гиперемии, наиболее заметные на непигментированной коже, а затем папулы – твердые опухоли диаметром от 0,5 до 1 см, которые могут покрывать тело или ограничиваться паховой областью, подмышечной впадиной и промежностью. Папулы могут быть покрыты пузырьками, наполненными жидкостью, но это бывает редко. Некоторые исследователи различают везикулярную и нодулярную формы оспы овец и оспы коз [25].

В течение 24 ч после появления генерализованных папул у пораженных животных развиваются ринит, конъюнктивит и увеличение всех поверхностных лимфатических узлов, особенно предлопаточных [9]. Папулы на веках вызывают блефарит разной степени тяжести. По мере изъязвления папул на слизистых оболочках глаз и носа выделения становятся слизисто-гнойными, а слизистые рта, заднего прохода, крайней плоти или влагалища некротизируются. Дыхание может стать затрудненным и шумным из-за давления на верхние дыхательные пути увеличенными заглоточными лимфатическими узлами в результате развивающегося поражения легких [24].

Если пораженное животное не погибает в острой фазе болезни, папулы начинают некротизироваться из-за ишемического некроза после образования тромбов в кровеносных сосудах у основания папулы. В последующие 5–10 сут папулы образуют струпья, которые сохраняются до 6 нед., оставляя небольшие рубцы. Повреждения кожи восприимчивы к поражению мухами; часто встречается вторичная пневмония. Анорексию диагностируют редко, если поражения ротовой полости не мешают кормлению. Аборт бывает редко [13, 17].

При патологоанатомическом исследовании остро инфицированного животного кожные поражения часто менее очевидны, чем у живого животного. Слизистые оболочки выглядят некротизированными, все лимфатические узлы тела увеличены и отечны [4]. Папулы, которые могут быть изъязвлены, обычно обнаруживаются на слизистой оболочке сычуга, иногда на стенке рубца и толстой кишки, на языке, твердом и мягком небе, трахее и пищеводе [15]. Бледные участки диаметром около 2 см иногда можно увидеть на поверхности почек и печени, а также в яичках. Многочисленные твердые очаги до 5 см в диаметре обычно наблюдаются на всем протяжении легких, но особенно в диафрагмальных долях [26].

Клинические признаки и посмертные поражения значительно отличаются в зависимости от породы животного и штамма каприпоксвируса. Местные породы менее восприимчивы и часто имеют лишь несколько поражений, которые можно спутать с укусами насекомых или контагиозным пустулезным дерматитом [17]. Тем не менее у ягнят, утративших материнский иммунитет, животных, которых содержали в изоляции, и животных, завезенных в эндемичные районы из изолированных деревень, особенно если они подверглись стрессу, вызванному перемещением на большие расстояния и смешением с другими овцами и козами, и их патогенами, часто можно наблюдать генерализованный и иногда летальный процесс. Неизменно наблюдается высокая смертность незащищенных импортных пород овец и коз после заражения каприпоксвирусом [17, 26].

Наиболее быстрое лабораторное подтверждение каприпокса – метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) в сочетании с клиническим анамнезом, соответствующим генерализованной инфекции каприпокса. Выделение вируса возможно, поскольку каприпоксвирусы растут на культуре ткани органов овец, коз или крупного рогатого скота, хотя для выращивания полевых изолятов может потребоваться до 14 сут и один или несколько дополнительных пассажей

на культуры ткани [4, 5]. Вирус вызывает внутрицитоплазматические включения, которые хорошо видны при окрашивании гематоксилином и эозином [11]. Антиген также может быть обнаружен в культуре ткани с использованием специфических сывороток и методов с использованием иммунопероксидазы или иммунофлуоресценции. Антиген каприпоксвируса и тельца-включения можно увидеть в окрашенных криостатных или парафиновых срезах биопсии или посмертного материала [1, 18].

Для диагностики разработан иммуноферментный анализ (ИФА, ELISA) для обнаружения антигена с использованием поликлональной сыворотки, полученной против рекомбинантного иммунодоминантного антигена каприпоксвируса [5, 9, 21].

Тест на нейтрализацию вируса является наиболее специфичным серологическим методом. Тест непрямой иммунофлюоресценции менее специфичен из-за перекрестных реакций с антителами к другим поксвирусам. Вестерн-блоттинг с использованием реакции между антигеном P32 каприпоксвируса с тест-сыворотками чувствителен и специфичен, но дорог и сложен в проведении. Использование этого антигена или других соответствующих антигенов, экспрессируемых подходящим вектором, в ELISA открывает перспективу приемлемого и стандартизированного серологического теста в будущем [7, 11, 23].

Для борьбы с каприпоксом используются аттенуированные и инактивированные вакцины. Все штаммы каприпоксвируса, исследованные до сих пор, имеют общий сайт нейтрализации, а некоторые обладают перекрестной защитой. Инактивированные вакцины дают в лучшем случае лишь кратковременный иммунитет [3, 8, 26].

Цель исследования. Анализ современных источников литературы по оспе овец и оспе коз в мире с использованием отечественных и зарубежных библиографических баз.

Материалы и методы. Материалом для подготовки данной работы явились данные, полученные из иностранных наукометрических систем (E-library, Web of Science, PubMed).

Результаты исследований. Вспышка овечьей оспы была исследована в группе деревень, расположенных в западных гималайских хребтах одного из штатов Северной Индии. Были инфицированы немигрирующие овцы (n=80) местных пород, а именно Gaddi и Rampur Bushair, 15 из которых погибли [22]. Вспышка началась после того, как несколько животных заразились болезнью во время летнего выпаса на высокогорных пастбищах от мигрирующих стад овец. Эта первоначальная вспышка привела к дальнейшему распространению болезни в долину предгорий [22]. При клиническом обследовании выявлены кожные папулезные поражения различной степени и дыхательная недостаточность. При вскрытии также были обнаружены поражения висцеральных органов (легких, трахеи и почек) [27]. Клинические и посмертные образцы были признаны положительными на вирус оспы овец с использованием мультиплексной ПЦР на основе группового гена P32 и гена I3L, дифференцирующих вирусы оспы овец и оспы коз. Гистологический, гематологический и биохимический анализы крови также подтвердили патологию острой вирусной инфекции – оспа овец. Штамм вируса оспы овец был выделен с использованием культуры клеток семенника ягненка. Филогенетический анализ, основанный на генах P32 и RPO30, показал его кластеризацию с другими индийскими штаммами, о которых сообщалось из соседних штатов. Это исследование продемонстрировало распространение вируса овечьей оспы в новые ниши мигрирующими стадами овец, что привело к возникновению эндемических инфекций во многих новых очагах более высоких Западных Гималаев [21].

В Монголии не было зарегистрировано случаев заболевания каприпоксвирусом с 1977 г. до вспышки оспы овец в 2006–2007 гг., а затем и оспы коз в 2008 г. Две вспышки произошли в географически удаленных районах Монголии и, что особенно поразительно, были весьма видоспецифичными. Вспышка овечьей оспы в 2006–2007 гг. не затронула коз, а вспышка оспы коз в 2008 г. не затронула овец, несмотря на коллективный выпас скота.

Заболевания диагностировали с помощью полимеразной цепной реакции и теста на нейтрализацию вируса. Ген P32 монгольских вирусов оспы овец и оспы коз из недавних вспышек был секвенирован и сравнен с архивным штаммом вируса оспы коз 1967 г. из Монголии. Ген P32 штамма вируса монгольской оспы 2006–2007 гг. был идентичен ранее опубликованным штаммам оспы овец. Ген P32 штамма вируса монгольской оспы 2008 г. был идентичен гену вируса, выделенного из недавних вспышек оспы коз в Китае и Вьетнаме. Заархивированный штамм вируса монгольской оспы коз был уникальным [13, 26].

Оспа овец, хорошо известная эндемичная инфекция, оказывает значительное воздействие на популяции мелких жвачных животных в Тунисе. Она несет ответственность за высокие экономические потери по всей Северной Африке из-за своего энзоотического характера и активного отгонного животноводства в некоторых мухафазах Туниса. Выявлено сезонное, временное и пространственное распределение вспышек оспы овец, а также связанные с ними клинические признаки. На основании этого обзора был сделан вывод о том, что основными компонентами программы по искоренению оспы овец и оспы коз должны быть: организация надежной групповой иммунизации путем индивидуальной иммунизации животных; создание адекватной инфраструктуры; повышение осведомленности среди заводчиков; создание полевой сети эпизоотологического надзора и совершенствование рутинных методов диагностики болезни. Было также учтено, что анализ требуемых затрат и получаемых результатов используемых стратегий эпизоотологического надзора поможет контролировать его устойчивость [6, 7, 14, 23].

В период с 1984 по 2014 г. ООиК инфекции были зарегистрированы в 36 странах африканского континента (установлено 21 тыс. вспышек) [13].

Заключение. На основании проведенного анализа открытых литературных источников из международных и отечественных баз данных установлено, что оспа мелких жвачных животных представляет особую опасность отрасли мелкого скотоводства из-за колоссального экономического ущерба мировой экономике, в первую очередь по причине высокого процента заболеваемости и смертности овец и коз в стационарно-неблагополучных пунктах. Под угрозой заноса возбудителей этих ООиК инфекций находятся регионы с развитым мелким скотоводством по причине наличия восприимчивых видов животных, являющихся третьим звеном эпизоотической цепи. Чем больше численность восприимчивого поголовья животных, тем выше риск возникновения болезни и распространения ее возбудителей инфекционных болезней. Под угрозой проникновения возбудителей ООиК географически находятся и регионы Российской Федерации, граничащие с Китаем и Монголией, а также Казахстаном.

Список источников

1. *Акимова Т. П., Семакина В. П.* Эпизоотическая ситуация по оспе овец и коз в мире // Ветеринарный врач. 2019. № 3. С. 1–9.
2. *Бакулов И. А., Книзе А. В., Котляров В. М. и др.* Система эпизоотологического мониторинга особо опасных, экзотических, малоизученных, в том числе зооантропонозных болезней животных. М., 2001. 72 с.
3. *Гарькин А. В.* Изучение иммунобиологических свойств вакцины против оспы овец и оспы коз: автореф. ... канд. вет. наук. Владимир, 2007.
4. *Гуленкин В. М., Петрова О. Н., Диев В. И. и др.* Эпизоотическая ситуация по оспе овец и коз и оценка риска возникновения вспышки на территории РФ // Ветеринария и кормление. 2012. № 4. С. 34–35.
5. *Диев В. И., Захаров В. И., Рахманов А. М. и др.* Оспа овец и коз: эпизоотическая ситуация и профилактика // Ветеринария. 2003. № 11. С. 3–6.
6. *Диев В. И., Захаров В. М., Рахманов А. М.* Оспа овец и коз: мониторинг распространения и профилактика // Мониторинг распространения и предотвращения особо опасных болезней

животных: сборник материалов 2-й Международной научной конференции. Самарканд, 2004. С. 63–65.

7. *Дресвянникова С. Г., Боровой В. Н., Коломыцев С. А.* Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2013 году // Бизнес Партнер. Сельское хозяйство. 2014.
8. *Захаров В. М., Диев В. И., Рахманов А. М. и др.* Эпизоотическая ситуация по оспе овец и коз и ее профилактика в России // Ветеринарные и медицинские аспекты зооантропонозов: труды Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию института. Покров, 2003. Ч. 2. С. 345–354.
9. *Книзе А. В.* Мониторинг мировой эпизоотической ситуации по чуме мелких жвачных животных и прогноз ее распространения в 2015–2018 гг. // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2014. № 4. С. 15–20.
10. *Книзе А. В., Болгова М. В., Парилов С. В. и др.* Анализ эпизоотической ситуации и моделирование потенциальных нозоареалов оспы и чумы мелких жвачных животных до 2020 года // Ветеринарный врач. 2016. № 1. С. 11–17.
11. Лабораторная диагностика бактериальных болезней животных: учебное пособие / сост. П. И. Барышников. СПб.: Лань, 2022. С. 6. URL: https://e.lanbook.com/book/206840.
12. *Максютов Р. А., Гаврилова Е. В., Агафонов А. П. и др.* Вспышка оспы овец в Забайкальском крае России // Материалы научно-практической конференции «Диагностика и профилактика инфекционных болезней». Новосибирск, 2013. С. 74–78.
13. *Парилов С. В., Книзе А. В., Балышев В. М.* Анализ и прогноз мировой эпизоотической ситуации по оспе овец и коз и чумы мелких жвачных животных в 2011–2015 гг. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 69. С. 423–432.
14. Руководство по вирусологии: Вирусы и вирусные инфекции человека и животных / под ред. Д. К. Львова. М.: ООО «Издательство «Медицинские информагенства», 2013. С. 908–910.
15. Список МЭБ и трансграничные инфекции животных. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ», 2012. С. 76–82.
16. *Сургучева Л. М., В. Н. Боровой, Коломыцев С. А.* Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2012 года // Бизнес Партнер. Сельское хозяйство, 2013.
17. *Тураев Р. А.* Эпизоотологический мониторинг оспы мелкого рогатого скота в Республике Таджикистан и ее специфическая профилактика: автореф. … канд. вет. наук. Душанбе, 2012. 26 с.
18. *Хухоров И. Ю.* Оспа овец в странах СНГ // Биолого-экологические проблемы заразных болезней диких животных и их роль в патологии сельскохозяйственных животных и людей: материалы Международной научно-практической конференции (16–18 апреля 2002 г.). Покров, 2002. С. 206–212.
19. *Хухоров И. Ю.* Эпизоотическая ситуация в мире по оспе овец // Биологоэкологические проблемы заразных болезней диких животных и их роль в патологии сельскохозяйственных животных и людей: материалы Международной научно-практической конференции (16–18 апреля 2002 г.). Покров, 2002. С. 200–205.
20. *Шевкопляс В. Н., Боровой В. Н., Барсуков Ю. И. и др.* Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2016 год // Бизнес Партнер. Сельское хозяйство. 2017. С. 22–25.
21. *Beard P. M., Sugar S., Bazarragchaa E. et al.* A description of two outbreaks of capripoxvirus disease in Mongolia // Veterinary Microbiology. 2010. Vol. 142. Issue 3–4. Pp. 427–431. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.10.018.
22. *Chahota R., Sharma P., Kumar R. et al.* Investigation of an outbreak of sheeppox among native sheep breeds in the Western Himalayas of India // Vet Res Com-

mun. 2022. Vol. 46. Pp. 101–107. https://doi.org/10.1007/s11259-021-09833-z.
23. *Chehida Ben F., Ayari-Fakhfakh E., Caufour P. et al.* Sheep pox in Tunisia: Current status and perspectives // Transbound Emerg Dis. 2018. Feb. Vol. 65 (1). Pp. 50–63. DOI: 10.1111/tbed.12656. Epub 2017 Jun 28. PMID: 28656654.
24. *Şener Rumeysa, Türk Tarık* Spatiotemporal and seasonality analysis of sheep and goat pox (SGP) disease outbreaks in Turkey between 2010 and 2019 // Tropical Animal Health and Production. 2023.10.1007/s11250-023-03487-6, 55, 2.
25. *Tuppurainen E., Venter E., Shisler J. et al.* Review: Capripoxvirus Diseases:Current ststys and opportunities for control // Transbound Emerg Dis. 2017. Vol. 64. Pp. 29–745.
26. World Animal Health Information Database (WAHID) Interface. URL: https://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/the-world-animal-health-information-system/the-world-animal-health-information-system/.
27. *Zhao Z., Fan B., Wu G. et al.* Development of loop-mediated isothermal amplification assay for specific and rapid detection of differential goat Pox virus and Sheep Pox virus // BMC Microbiol. 2014. Vol. 14. Pp. 1–10.

References

1. Akimova T. P., Semakina V. P. (2019) Epizootic situation of sheeppox and goatpox in the world. *Veterinary doctor*, no. 3, pp. 1–9 (In Russ.).
2. Bakulov I. A., Knize A. V., Kotlyarov V. M. et al. (2001) System of epizootological monitoring of especially dangerous, exotic, poorly studied, including zoonotic diseases of animals. Moscow. 72 p. (In Russ.).
3. Garkin A. V. (2007) Study of immunobiological properties of the vaccine against sheeppox and goatpox // Abstract of Cand. of Veterinary Sciences. Vladimir (In Russ.).
4. Gulenkin V. M., Petrova O. N., Diev V. I. et al. (2012) Epizootic situation of sheep and goat pox and assessment of the risk of outbreak in the territory of the Russian Federation. *Veterinary science and feeding*, no. 4, pp. 34–35 (In Russ.).
5. Diev V. I., Zakharov V. I., Rakhmanov A. M. et al. (2003) Sheep and goat pox: epizootic situation and prevention. *Veterinary science*, no. 11, pp. 3–6 (In Russ.).
6. Diev V. I., Zakharov V. M., Rakhmanov A. M. (2004) Sheep and goat pox: monitoring of spread and prevention // Monitoring of spread and prevention of especially dangerous animal diseases: collection of materials of the 2nd Int. scientific conf. Samarkand. Pp. 63–65 (In Russ.).
7. Dresvyannikova S. G., Borovoy V. N., Kolomytsev S. A. (2014) Epizootic situation of socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation in 2013. *Business Partner. Agriculture.* (In Russ.).
8. Zakharov V. M., Diev V. I., Rakhmanov A. M. et al. (2003) Epizootic situation of sheep and goat pox and its prevention in Russia // Veterinary and medical aspects of zoonoses: t. Int. scientific-practical. conf., dedicated to the 45th anniversary of the institute. Pokrov. Part 2. Pp. 345–354 (In Russ.).
9. Knize A. V. (2014) Monitoring the global epizootic situation of peste des petits ruminants and forecast of its spread in 2015–2018. *Current issues of veterinary biology*, no. 4, pp. 15–20 (In Russ.).
10. Knize A. V., Bolgova M. V., Parilov S. V. et al. (2016) Analysis of the epizootic situation and modeling of potential nosoareas of smallpox and peste des petits ruminants until 2020. *Veterinary doctor*, no. 1, pp. 11–17 (In Russ.).
11. Laboratory diagnostics of bacterial diseases of animals: a tutorial / compiled by P. I. Baryshnikov. St. Petersburg: Lan. 2022. URL: https://e.lanbook.com/book/206840. P. 6 (In Russ.).
12. Maksyutov R. A., Gavrilova E. V., Agafonov A. P. (2013) Outbreak of sheeppox in the Trans-Baikal Territory of Russia // Proceedings of the scientific-practical conference "Diagnostics and Prevention of Infectious Diseases". Novosibirsk. Pp. 74–78 (In Russ.).

13. Parilov S. V., Knize A. V., Balyshev V. M. (2011) Analysis and forecast of the world epizootic situation on sheep and goat pox and peste des petits ruminants in 2011–2015. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, no. 69, pp. 423–432 (In Russ.).
14. (2013) Handbook of virology: Viruses and viral infections of humans and animals / ed. by D. K. Lvov. M. LLC "Publishing house" Medical information agencies ". Pp. 908–910 (In Russ.).
15. (2012) The OIE list and transboundary animal infections. Vladimir: FGBU "ARRIAH". Pp. 76–82 (In Russ.).
16. Surgucheva L. M., Borovoy V. N., Kolomytsev S. A. (2013) Epizootic situation of socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation for 2012. *Business Partner. Agriculture* (In Russ.).
17. Turaev R. A. (2012) Epizootological monitoring of smallpox in cattle in the Republic of Tajikistan and its specific prevention: abstract ... of Cand. of Veterinary Sciences. Dushanbe. 26 p. (In Russ.).
18. Khukhorov I. Yu. (2002) Sheep pox in the CIS countries // Biological and ecological problems of infectious diseases of wild animals and their role in the pathology of farm animals and people: Proc. of the Int. scientific and practical. conf. (April 16–18. 2002). Pokrov. Pp. 206–212 (In Russ.).
19. Khukhorov I. Yu. (2002) Epizootic situation in the world for sheep pox // Biological and ecological problems of infectious diseases of wild animals and their role in the pathology of farm animals and people: Proc. of the Int. scientific and practical. conf. (April 16–18. 2002). Pokrov. Pp. 200–205 (In Russ.).
20. Shevkoplyas V. N., Borovoy V. N., Barsukov Yu. I. et al. (2017) Epizootic situation of socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation for 2016. *Business Partner. Agriculture*. Pp. 22–25 (In Russ.).
21. Beard P. M., Sugar S., Bazarragchaa E. et al. (2010) A description of two outbreaks of capripoxvirus disease in Mongolia. Veterinary Microbiology. Vol. 142. Issue 3–4. Pp. 427–431. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.10.018.
22. Chahota R., Sharma P., Kumar R. et al. (2022) Investigation of an outbreak of sheeppox among native sheep breeds in the Western Himalayas of India. *Vet Res Commun.*, vol. 46, pp. 101–107. https://doi.org/10.1007/s11259-021-09833-z.
23. Chehida Ben F., Ayari-Fakhfakh E., Caufour P. et al. (2018) Sheep pox in Tunisia: Current status and perspectives. *Transbound Emerg Dis.* Feb., vol. 65 (1), pp. 50–63. DOI: 10.1111/tbed.12656. Epub 2017 Jun 28. PMID: 28656654.
24. Tuppurainen E., Venter E., Shisler J. et al. (2017) Review: Capripoxvirus Diseases: Current diseases and opportunities for control. *Transbound Emerg Dis.*, vol. 64, pp. 729–745.
25. Şener Rumeysa, Türk Tarık (2023) Spatiotemporal and seasonality analysis of sheep and goat pox (SGP) disease outbreaks in Turkey between 2010 and 2019, Tropical Animal Health and Production, 10.1007/s11250-023-03487-6. 55. 2.
26. World Animal Health Information Database (WAHID) Interface. URL: https://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/the-world-animal-health-information-system/the-world-animal-health-information-system/.
27. Zhao Z., Fan B., Wu G. et al. (2014) Development of loop-mediated isothermal amplification assay for specific and rapid detection of differential goat Pox virus and Sheep Pox virus. *BMC Microbiol.*, vol. 14, pp. 1–10.

Информация об авторах:

Л. П. ПАДИЛО – кандидат биологических наук, доцент кафедры болезней животных и ВСЭ;

В. А. АГОЛЬЦОВ – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры болезней животных и ВСЭ;

А. К. СИБГАТУЛЛОВА – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры биологии, экологии, паразитологии, водных биоресурсов и аквакультуры;

О. М. ПОПОВА – доктор биологических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания.

Information about the authors:

L. P. PADILO – Ph.D. in Biology, Associate Professor, Department of Animal Diseases and Veterinary Medicine;
V. A. AGOLTSOV – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Animal Diseases and Veterinary Medicine;
A. K. SIBGATULLOVA – Ph.D. in Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Biology, Ecology, Parasitology, Aquatic Bioresources and Aquaculture;
O. M. POPOVA – Doctor of Biology, sciences, professor of the department of "Food Technology".

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

All authors made equivalent contributions to the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 19.12.2024; одобрена после рецензирования 24.12.2024; принята к публикации 29.12.2024.
The article was submitted 19.12.2024; approved after reviewing 24.12.2024; accepted for publication 29.12.2024.

Научная статья
УДК 619
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502111

Дизайн праймеров для индикации патогенных лептоспир методом гнездовой полимеразной цепной реакции в режиме реального времени

Константин Валерьевич Усольцев[1], Рафкат Искандарович Шангараев[2], Камиль Саубанович Хаертынов[3], Мария Евгеньевна Горбунова[4], Наиль Ильдарович Хаммадов[5], Константин Анатольевич Осянин[6], Алина Ильфатовна Хамидуллина[7]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия
[7] Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана, Казань, Россия

[1] ukv3@mail.ru;
[2] rafkat.shangaraev@mail.ru;
[3] khaerkami@mail.ru;
[4] maria.metax@mail.ru;
[5] nkhammadov@mail.ru;
[6] kostja-2003@yandex.ru;
[7] ha.ilfatovna@gmail.com

Автор, ответственный за переписку:
Рафкат Искандарович Шангараев, rafkat.shamgaraev@mail.ru

Аннотация

Лептоспироз – широко распространенная природно-очаговая зоонозная болезнь, угрожающая эпидемическому и эпизоотическому благополучию. Для лабораторной диагностики лептоспироза разработаны бактериологические, серологические и молекулярно-генетические методы. В образцах исследуемого материала, полученного от животных и из окружающей среды, патогенные лептоспиры в большинстве случаев присутствуют в малом количестве, поэтому метод гнездовой полимеразной цепной реакции (ПЦР) из-за более высокой чувствительности и специфичности является одним из оптимальных методов выявления этих возбудителей. В данном исследовании проведен биоинформационный анализ нуклеотидных последовательностей гена *lipL32* патогенных лептоспир серогрупп *Canicola, Grippotyphosa, Hebdomadis, Icterohaemorragiae, Pomona, Tarassovi* и *Sejroe*. На основании результатов биоинформационного анализа были выбраны наиболее специфичные участки и разработана комбинация внешних и внутренних пар праймеров, а также флуоресцентно-меченный олигонуклеотидный зонд со следующими характеристиками: ГЦ-состав (%) и температура плавления (Tm) праймеров варьировали от 44,0 до 59,1 % и от 55,1 до 61,6 °С соответственно. Методом множественного выравнивания было установлено, что зоны «отжига» праймеров у большинства последовательностей, кроме Genbank ID AY609330, AY461909, AY609332 и JN886738, не имеют нуклеотидных замен.

© Усольцев К. В., Шангараев Р. И., Хаертынов К. С., Горбунова М. Е., Хаммадов Н. И., Осянин К. А., Хамидуллина А. И., 2025

Однако у этих сиквенсов эти замены единичные и не должны снижать эффективность амплификации искомого локуса гена *lipL32*.

Ключевые слова: биоинформационный анализ, гнездовая ПЦР, нуклеотидные последовательности, патогенные лептоспиры

Финансирование: исследование выполнено по теме научно-исследовательской работы «Разработка ПЦР тест-системы для индикации патогенных лептоспир» в рамках финансирования Департамента ветеринарии Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Для цитирования: *Усольцев К. В., Шангараев Р. И., Хаертынов К. С. и др.* Дизайн праймеров для индикации патогенных лептоспир методом гнездовой полимеразной цепной реакции в режиме реального времени // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 95–106. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502111

Original article

Design of primers for indication of pathogenic Leptospira by nested polymerase chain reaction in real time

Konstantin V. Usoltsev[1], Rafkat I. Shangaraev[2], Kamil S. Khaertynov[3], Maria E. Gorbunova[4], Nail I. Khammadov[5], Konstantin A. Osyanin[6], Alina I. Khamidullina[7]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety", Kazan, Russia
[7] Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, Kazan, Russia

[1] ukv3@mail.ru;
[2] rafkat.shangaraev@mail.ru;
[3] khaerkami@mail.ru;
[4] maria.metax@mail.ru;
[5] nkhammadov@mail.ru;
[6] kostja-2003@yandex.ru;
[7] ha.ilfatovna@gmail.com

Corresponding author:
Rafkat I. Shangaraev, raf-kat.shamgaraev@mail.ru

Abstract

Leptospirosis is a widespread natural focal zoonotic disease that threatens epidemic and epizootic well-being. Bacteriological, serological and molecular genetic methods exist for laboratory diagnostics of leptospirosis. In samples of the studied material obtained from animals and from the environment, pathogenic leptospires are in most cases present in small quantities, based on this, the nested polymerase chain reaction (PCR) method is one of the optimal methods for detecting these pathogens due to its higher sensitivity and specificity. In this study, a bioinformatics analysis of the nucleotide sequences of the lipL32 gene of pathogenic leptospires of the Canicola, Grippotyphosa, Hebdomadis, Icterohaemorragiae, Pomona, Tarassovi and Sejroe serogroups was carried out. Based on the results of bioinformatics analysis, the most specific regions were selected and a combination of external and internal primer pairs, as well as a fluorescently labeled oligonucleotide probe, were

developed. with the following characteristics: GC composition (%) and melting temperature (Tm) of the primers varied from 44.0 to 59.1% and from 55.1 to 61.6 °C, respectively. Using the multiple alignment method, it was found that the primer annealing zones for most sequences, except for AY609330, AY461909, AY609332 and JN886738, do not have nucleotide substitutions. However, these substitutions are single in these sequences and should not reduce the amplification efficiency of the desired lipL32 gene locus.

Keywords: bioinformatic analysis, nested PCR, nucleotide sequences, pathogenic Leptospira

Financial Support: The study was carried out on the topic of research work "Development of a PCR test system for indicating pathogenic Leptospira" within the framework of funding from the Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (MA RF).

For citation: Usoltsev K. V., Shangaraev R. I., Khaertynov K. S. et al. (2025) Design of primers for the indication of pathogenic Leptospira using nested polymerase chain reaction in real time. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 95–106. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502111

Введение. Лептоспироз характеризуется как широко распространенная зоонозная болезнь, угрожающая сельскохозяйственным животным и человеку [25]. По распространенности в различных природно-географических зонах лептоспироз занимает первое место, что объясняется наличием многочисленных резервуарных хозяев и восприимчивых животных [24, 31].

Большое генотипическое и фенотипическое разнообразие является основной особенностью лептоспир. На основании изучения генома выделяют 66 видов представителей рода *Leptospira*, которые классифицируются как патогенные, промежуточные и сапрофитные. Серологическая классификация лептоспир объединяет 28 серологические группы [19]. В Российской Федерации наиболее часто встречаются лептоспиры серогрупп *Icterohaemorragiae*, *Canicola*, *Grippotiphosa* и *Pomona* [21]. Есть данные о том, что тяжесть заболевания, обусловленная возбудителями различных серогрупп, отличается [14].

Как и при других инфекционных болезнях, основное место в диагностике лептоспироза занимают лабораторные методы, которые подразделяются на бактериологические, серологические (ИФА и РМА), молекулярно-генетические (ПЦР) и патоморфологические [7].

Методы имеют свои преимущества и недостатки. Лептоспиры относятся к трудно культивируемым микроорганизмам, поэтому бактериологические методы трудоемки, сложны.

ПЦР – высокочувствительный и специфичный метод [9]. На ранней стадии заболевания (до появления клинических признаков) ПЦР показывает высокую диагностическую эффективность. Данный метод используется как для индикации, так и для идентификации патогенных лептоспир, а также является средством экспресс-диагностики [4, 6]. В качестве ДНК-маркеров для ПЦР-диагностики часто используются гены липопротеина наружной мембраны *lipL32*, *16S рРНК* [13, 32]. Необходимо отметить, что при получении отрицательного результата ПЦР-анализа желательно провести дальнейшее серологическое исследование в более поздние сроки. Серологические тесты больше подходят для ретроспективной диагностики и мониторинговых исследований [2, 12. 5, 22]. Также при тяжелом течении лептоспироза серологические тесты могут показать отрицательные результаты. В данном случае необходимо исследовать патологический материал методом ПЦР, что позволяет выявить персистенцию возбудителя в крови [20]. Другие лабораторные методы, такие как общий клинический анализ крови и мочи, выступают как вспомогательные диагностические инструменты [8].

Цель исследования. Разработать комбинацию олигонуклеотидных праймеров и зонда для обнаружения патогенных лептоспир методом гнездовой полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР-РВ).

Материалы и методы. Для дизайна праймерных комбинаций использованы нуклеотидные последовательности Genbank ID: AY609332 (*L. interrogans* serovar *Wolffi* (*Sejroe*) major outer membrane protein (*LipL32* gene)), AY609330 (*L. borgpetersenii* serovar *Tarassovi* major outer membrane protein (*lipL32* gene)), AY461904 (*L. interrogans* strain *Hond Utrecht* (*Canicola*) *lipL32* gene), AY461909 (*L. interrogans* strain *RGA* (*Icterohaemorrhagiae*) *lipL32* gene), AY609328 (*Leptospira interrogans* serovar *Hebdomadis* major outer membrane protein *lipL32* gene), JN886738 (*L. interrogans* serovar *Grippotyphosa* strain *RTCC2808 lipL32* gene), AY461910 (*Leptospira interrogans* strain *Pomona RZ11 lipL32* gene) из базы данных интернет-ресурса NCBI [15]. Данные сиквенсы были исследованы на наличие гомологии с гетерогенными нуклеотидными последовательностями с помощью онлайн-утилиты BLAST с использованием алгоритма Megablast (сравнительный анализ высокоподобных последовательностей) [16]. При BLAST-анализе из поиска были исключены нуклеотидные последовательности микроорганизмов рода *Leptospira* и некультивируемых представителей бактерии [23].

Множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей было осуществлено с использованием алгоритма ClustalW с помощью программы MEGA11. Дизайн олигонуклеотидных праймеров и зонда проведен на программе Vector NTI 9.1 (Invitrogen Corporation, Карлсбад, США).

Результаты исследования. С помощью BLAST-анализа нуклеотидных последовательностей гена *lipL32* (GB ID AY461904, JN886738, AY609328, AY461909, AY461910, AY609330, AY60932) бактерий рода *Leptospira* серогрупп *Canicola, Grippotyphosa, Hebdomadis, Icterohaemorragiae, Pomona, Tarassovi* и *Sejroe* было установлено отсутствие подобных гетерогенных нуклеотидных последовательностей.

Исходя из этого с использованием последовательности AY461909 (*L. interrogans* strain *RGA* (*Icterohaemorrhagiae*) *lipL32* gene) был осуществлен дизайн праймерных комбинаций для гнездовой ПЦР. Данный набор праймеров представляет собой прямой и обратный праймеры, а также флуоресцентно-меченный зонд. Для разрабатываемой ПЦР наружная праймерная комбинация амплифицирует участок гена *lipL32* размером 319 пар нуклеотидов, а внутренняя – 172 пар нуклеотидов. Для внутренней праймерной комбинации для индикации продуктов ПЦР-РВ был разработан флуоресцентно-меченный олигонуклеотидный зонд. Разработка праймеров и зонда осуществлялась с использованием следующих принципов – минимум вторичных структур и димеров, отсутствие остатка гуанина на 3' конце зонда, разница температур плавления парных праймеров не более 1 °С [18]. Нуклеотидная последовательность праймеров и амплифицируемый ими участок гена *lipL32* представлены в таблице и на рис. 1.

Разработанные олигонуклеотидные праймеры и зонд имели следующие характеристики (см. табл.): ГЦ-состав в праймерах *lipl32FPout2, lipl32RPout2, lipl32FPin2, lipl32RPin2* и у зонда *lipl32Z2* был 44,0; 59,1; 47,8; 45,5 и 46,2 % соответственно. Температура плавления (Tm) праймеров также является важным показателем, который влияет на специфичность реакции. Оптимальный диапазон Tm составляет от 55,0 до 65,0 °С. В данном случае Tm внешних и внутренних праймеров и флуоресцентно-меченного зонда варьировала от 55,1 до 61,6 °С.

Таблица

Комбинация внешних и внутренних пар праймеров для индикации патогенных лептоспир методом гнездовой ПЦР в режиме реального времени

Обозначение олигонуклеотидов	Позиция в целевой последовательности	Температура плавления ™, °С	ГЦ-состав, %	Нуклеотидная последовательность 5' → 3'
lipl32FPout2	17–41	59.3	44	ttttggctatctccgttgcactctt
lipl32RPout2	314–335	59,1	59.1	aagtctccgtcgcctggttcac
lipl32FPin2	94–116	55,1	47,8	tcttttgttctgagcgaggacac

Обозначение олигонуклеотидов	Позиция в целевой последовательности	Температура плавления ™, °С	ГЦ-состав, %	Нуклеотидная последовательность 5' → 3'
lipl32RPin2	245–266	55,1	45,5	acggcaggaatccaaacataga
lipl32Z2	121–146	61,6	46,2	ROX-ccagggacaaacgaaaccgtaaaaac-RTQ2

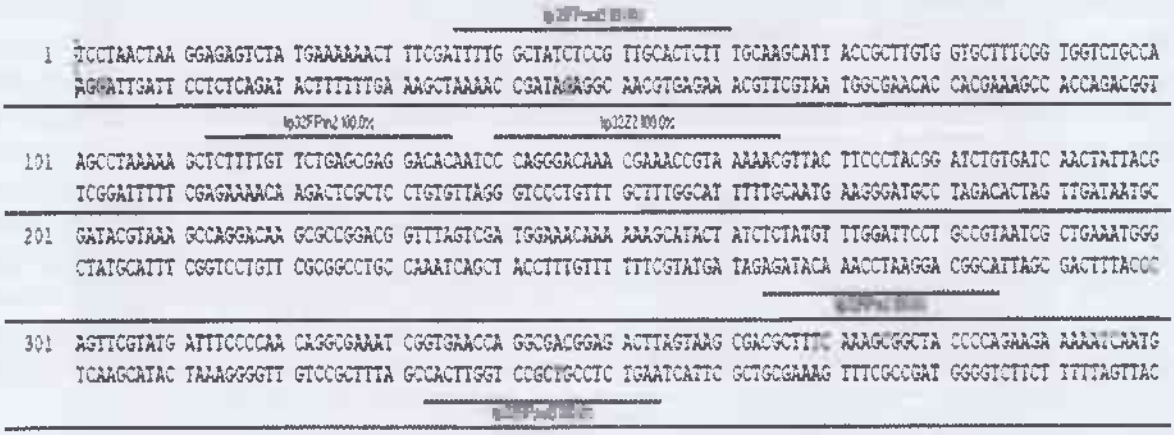

Рис. 1. Нуклеотидная последовательность участка гена *lipL32* бактерии рода *Leptospira* (GenBank ID AY461909), ограниченная разработанными праймерами

Также разработанные праймерные комбинации были исследованы с использованием нуклеотидных последовательностей, наиболее часто встречаемых в Российской Федерации серогрупп патогенных лептоспир *Canicola, Grippotyphosa, Hebdomadis, Icterohaemorragiae, Pomona, Sejroe* и *Tarassovi* с целью анализа участков связывания праймерных комбинаций с целевой ДНК (зоны «отжига») на наличие нуклеотидных замен, способных повлиять на эффективность прохождения ПЦР. Для этого было проведено множественное выравнивание вышеперечисленных последовательностей с использованием алгоритма ClustalW и установлено, что зоны «отжига» у большинства последовательностей, кроме сиквенсов Genbank ID AY609330 (*L. borgpetersenii* serovar *Tarassovi* major outer membrane protein (*lipL32* gene)), AY461909 (*L. interrogans* serovar *Icterohaemorrhagiae*), AY609332 (*L. interrogans* serovar *Sejroe*) и JN886738 (*L. interrogans* serovar *Grippotyphosa*), не имеют нуклеотидных замен (рис. 2). Однако у данных последовательностей нуклеотидные замены единичные, что не должно снижать эффективность амплификации искомого фрагмента.

Обсуждение. Лептоспироз является широко распространенной зоонозной болезнью, возбудители которой имеют огромное количество сероваров, поражающих определенные виды животных, а также человека [1]. Одной из эпизоотологических особенностей лептоспироза у сельскохозяйственных животных является наличие особей-лептоспироносителей с бессимптомным течением заболевания. Данные животные представляют большую опасность для всего поголовья, а также для человека [1124]. Для выявления животных-носителей лептоспир наиболее приемлемым методом является ПЦР благодаря его высокой чувствительности [3].

Молекулярно-генетические методы диагностики инфекционных болезней, в том числе и лептоспироза, являются высокочувствительными и специфичными способами, в комплексе с другими лабораторными методами занимают важное место в эпизоотологическом мониторинге [10]. Из литературных источников известно, что в исследуемых объектах патогенные лептоспиры присутствуют в низкой концентрации, и наиболее оптимальным методом для их детекции является метод гнездовой ПЦР-РВ [30, 33]. В данном исследовании были разработаны пара внешних и внутренних праймеров, а также олигонуклеотидный зонд для индикации патогенных лептоспир методом гнездовой ПЦР-РВ. Из

литературных источников известно, что гнездовая ПЦР является чувствительным и специфичным методом экспресс-диагностики лептоспироза [27].

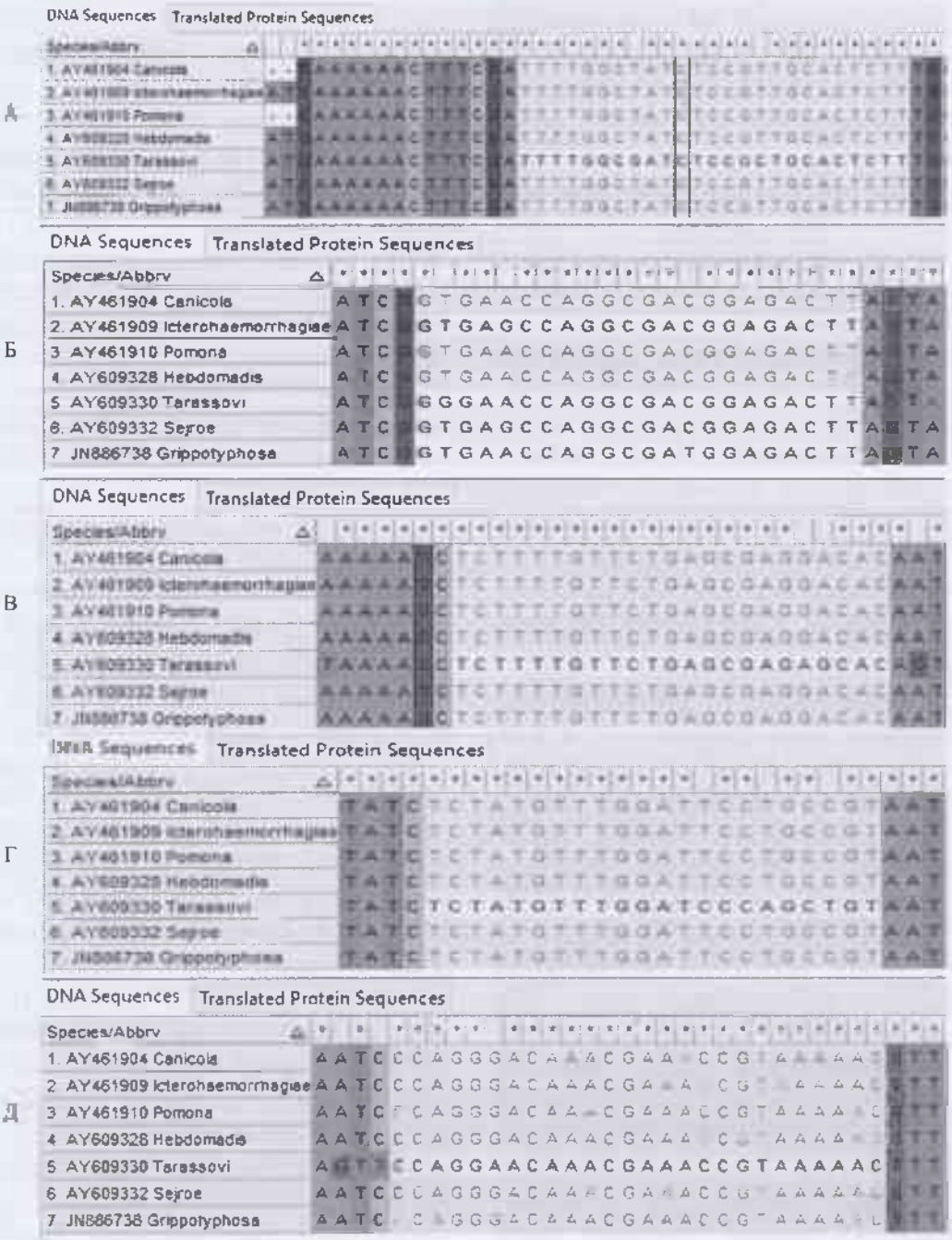

Рис. 2. Зоны «отжига» праймеров. Интерфейс программы MEGA11:
А – зона «отжига» праймера lipL32FPout2; **Б** – зона «отжига» праймера lipL32RPout2;
В – зона «отжига» праймера lipL32FPin2; **Г** – зона «отжига» праймера lipL32RPin2;
Д – зона «отжига» флуоресцентно-меченного зонда lipL32Z2

В качестве генетических маркеров для индикации патогенных лептоспир выступают локусы генов *lipL32*, *rrs*, *secY* и *flaB* [26]. Для дифференциации патогенных и промежуточных видов наиболее оптимальной генетической мишенью является ген *rrs*, кодирующий 16S рРНК [28]. Ген *lipL32* кодирует липопротеин наружной мембраны патогенных лептоспир и отсутствует у сапрофитных видов рода *Leptospira*. Данный ген является высококонсервативным и экспрессируется при инфекционном процессе [29].

По результатам биоинформационного анализа локусов гена *lipL32* у патогенных лептоспир серогрупп *Canicola, Grippotyphosa, Hebdomadis, Icterohaemorragiae, Pomona, Tarassovi* и *Sejroe* (Genbank ID AY461904, JN886738, AY609328, AY461909, AY461910, AY609330, AY60932) разработаны внешние и внутренние праймеры, а также флуоресцентно-меченный зонд для индикации данных возбудителей методом гнездовой ПЦР-РВ. Праймеры и зонд имели оптимальные характеристики, в зонах их отжига у большинства патогенных лептоспир отсутствовали нуклеотидные замены. В незначительном количестве нуклеотидных последовательностей некоторых серогрупп имелись единичные нуклеотидные замены, однако они не должны снижать прохождение амплификации искомого фрагмента.

Стоит отметить, что хотя метод ПЦР и является высокочувствительным и специфичным инструментом для индикации патогенных лептоспир, однако с целью повышения диагностической эффективности параллельно следует использовать и серологические тесты (ИФА, РМА) [17].

Заключение. Проведен биоинформационный анализ нуклеотидных последовательностей бактерии рода *Leptospira,* относящихся к серогруппам *Canicola, Grippotyphosa, Hebdomadis, Icterohaemorragiae, Pomona, Tarassovi* и *Sejroe*. В ходе анализа установлено отсутствие идентичных гетерогенных нуклеотидных последовательностей. Разработаны комбинация внешних и внутренних пар праймеров, флуоресцентно-меченный зонд для обнаружения патогенных лептоспир методом гнездовой полимеразной цепной реакции в режиме реального времени. ГЦ-состав (%) и температура плавления (Tm) праймеров варьировали от 44,0 до 59,1 % и от 55,1 до 61,6 °С соответственно. Методом множественного выравнивания определено, что зоны «отжига» праймеров у большинства последовательностей, кроме AY609330, AY461909, AY609332 и JN886738, не имеют нуклеотидных замен. Однако у этих сиквенсов эти замены единичные и не должны повлиять на эффективность прохождения ПЦР.

Список источников

1. *Абдуллоев А. О., Норбутаев Н. Т., Расулов С. А.* Эпизоотическая ситуация по лептоспирозу сельскохозяйственных животных в районах республиканского подчинения Республики Таджикистан // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение биологических наук. 2023. № 3(222).
2. *Ахунова А. Р. и др.* Применение прямой реакции иммунофлуоресценции в технологическом контроле матричных расплодок вируса классической чумы свиней // Ветеринарный врач. 2024. № 3. С. 27–33.
3. *Белоусов В. И. и др.* Лептоспироз лошадей: результаты лабораторного контроля в Российской Федерации // Ветеринария Кубани. 2021. № 5. С. 19–22.
4. *Ваганова А. Н., Стоянова Н. А., Токаревич Н. К.* Разработка ПЦР-тест системы на основе гена *cola* для выявления лептоспир в клиническом материале / ЖМЭИ. 2011. № 5. С. 67–71.
5. *Галеева А. Г., Усольцев К. В., Хаммадов Н. И.* Дизайн антигенной композиции на основе фрагмента гликопротеина Е2 вируса классической чумы свиней // Ветеринарный врач. 2024. № 1. С. 28–33.
6. *Горбунова М. Е. и др.* Двухлокусная ПЦР-РВ для выявления возбудителя лейкоза крупного рогатого скота // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 101–106.
7. *Горбунова М. Е. и др.* Очистка антигенов вируса лейкоза крупного рогатого скота методом ультрацентрифугирования // Ветеринарный врач. 2024. № 2. С. 43–48.
8. *Горбунова М. Е. и др.* Сравнение гематологических показателей крупного рогатого скота, инфицированного различными подгруппами вируса лейкоза // Ветеринарный врач. 2024. № 1. С. 34–39.
9. *Громова Е. А. и др.* Генетические маркеры для ПЦР-индикации вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани лососевых рыб // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 5. С. 88–94.

10. *Громова Е. А. и др.* Разработка мультиплексной ПЦР-РВ тест-системы для выявления возбудителя бруцеллеза // Ветеринарный врач. 2024. № 3. С. 34–40.
11. *Киркимбаева Ж. С., Бияшев Б. К., Ермагамбетова С. Е.* Этиопатогенетические изменения в крови крупного рогатого скота при лептоспирозе // 3i: Intellect, Idea, Innovation – интеллект, идея, инновация. 2023. № 1. С. 3–15.
12. *Киселева Е. Ю. и др.* Методы лабораторной диагностики лептоспирозов: особенности постановки, преимущества и недостатки // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2015. № 3 (103). С. 85–93.
13. Лабораторная диагностика опасных инфекционных болезней: Практическое руководство / под ред. Г. Г. Онищенко, В. В. Кутырева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЗАО «Шико», 2013. 360 с.
14. *Лебедев В.В и др.* Иктерогеморрагический лептоспироз / под ред. В. В. Лебедева. Краснодар: Советская Кубань, 2001. 208 с.
15. Национальный центр биотехнологической информации: сайт. США, 1988. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov.
16. Онлайн-утилита BLAST: сайт. URL: https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi.
17. *Попов С. Ф., Иоанниди Е. А., Александров О. В.* Современные подходы к диагностике и лечению больных лептоспирозом // Лекарственный вестник. 2020. Т. 14. № 2 (78). С. 31–34.
18. ПЦР «в реальном времени» / под ред. Д. В. Ребрикова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 215 с.
19. *Самсонова А. П. и др.* Роль лабораторных методов в эпидемиологических исследованиях и диагностике лептоспирозов // Клиническая лабораторная диагностика. 2021. Т. 66. № S4. С. 61.
20. *Самсонова А. П., Петров Е. М.* Сравнение показателей эффективности методов диагностики лептоспирозов в разные сроки с момента заболевания // Бактериология. 2023. Т. 8. № 3. С. 99.
21. *Соболева Г. Л., Ананьина Ю. В., Непоклонова И. В.* Актуальные вопросы лептоспироза людей и животных // Российский ветеринарный журнал. 2017. № 8. С. 14–18.
22. *Усольцев К. В. и др.* Применение синтетического пептида на основе иммуногенного питопа GP51 для серологической диагностики вируса лейкоза крупного рогатого скота // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 1. С. 12–21.
23. *Усольцев К. В., Шангараев Р. И., Горбунова М. Е. и др.* Изыскание генетических маркеров для лабораторной диагностики лептоспироза // Актуальные проблемы болезней, общих для человека и животных: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Ставрополь, 24–25 апреля 2024 г.). Ставрополь: ООО «Экспо-Медиа», 2024. С. 223–225.
24. *Цветкова К. Н., Кораблев Н. П.* Разработка протокола исследования патологического материала на лептоспироз методом полимеразной цепной реакции // Современное состояние и инновационные технологии в развитии АПК и сельских территорий: Материалы Региональной научно-практической конференции (Великие Луки, 24 февраля 2022 г.). Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 39–42.
25. *Шаймухаметов М. А., Николаева О. Н., Иванов А. И.* Этиологическая структура лептоспироза сельскохозяйственных животных в Республике Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 2 (106). С. 212–217.
26. *Blanco R. M., Low G. K., Chee H. Y.* Diagnostic accuracy of genetic markers and nucleic acid techniques for the detection of Leptospira in clinical samples: A meta-analysis // PLoS. Negl. Trop Dis. 2020. Vol. 14 (2). Pp. 1–22.
27. *Blanco R. M., Romero E. C.* Evaluation of nested polymerase chain reaction for the early detection of *Leptospira spp.* DNA in serum samples from patients with leptospirosis // Diagn. Microbiol. Infect. Dis. 2014. Vol. 78 (4). Pp. 343–346.

28. *Di Azevedo M. I. N., Lilenbaum W.* An overview on the molecular diagnosis of animal leptospirosis, Letters in Applied Microbiology. 2021. Vol. 72. Pp. 496–508.
29. *Hoke D. E. et al. LipL32* is an extracellular matrix-interacting protein of *Leptospira spp.* and *Pseudoalteromonas tunicate* // Infect. Immun. 2008. Vol. 76 (5). Pp. 2063–2069.
30. *Jouglard S. D. D. et al.* Nested polymerase chain reaction for detection of pathogenic leptospires // Canadian Journal of Microbiology. 2006. Vol. 52. Pp. 747–752.
31. *Kamani J. et. al.* Molecular detection and characterization of pathogenic Leptospira species in bats (Chiroptera) roosting in human habitats in Nigeria // N. West Africa. Zoonoses Public Health. 2021. Vol. 68 (8). Pp. 908–916.
32. *Kamaruzaman I. N. A. et al.* Molecular detection of pathogenic *Leptospira spp.* in urban rodents from wet markets in northeast Malaysia // J. Adv. Vet. Anim. Res. 2022. Vol. 9 (2). Pp. 275–281.
33. *Zakeri S. et al.* Molecular epidemiology of leptospirosis in northern Iran by nested polymerase chain reaction/restriction fragment length polymorphism and sequencing methods // Am. J. Trop. Med. Hyg. 2010. Vol. 82 (5). Pp. 899–903.

References

1. Abdulloev A. O., Norbutaev N. T., Rasulov S. A. (2023) Epizootic situation of leptospirosis of farm animals in the districts of republican subordination of the Republic of Tajikistan. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Department of Biological Sciences*, no. 3 (222).
2. Akhunova A. R. et al. (2024) Application of a direct immunofluorescence reaction in the technological control of matrix brood cells of the classical swine fever virus. *Veterinary doctor*, no. 3, pp. 27–33 (In Russ.).
3. Belousov V. I. et al. (2021) Equine leptospirosis: results of laboratory control in the Russian Federation. *Veterinary Science of Kuban*, no. 5, pp. 19–22 (In Russ.).
4. Vaganova A. N., Stoyanova N. A., Tokarevich N. K. (2011) Development of a PCR test system based on the cola gene for the detection of leptospira in clinical material. *Zh. Mech. Inst.*, no. 5, pp. 67–71 (In Russ.).
5. Galeeva A. G., Usoltsev K. V., Khammadov N. I. et al. (2024) Design of an antigen composition based on a fragment of the E2 glycoprotein of the classical swine fever virus. *Veterinary doctor*, no. 1, pp. 28–33 (In Russ.).
6. Gorbunova M. E. et al. (2024) Two-locus RT-PCR for detection of the causative agent of bovine leukemia. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, no. 2, pp. 101–106 (In Russ.).
7. Gorbunova M. E. et al. (2024) Purification of bovine leukemia virus antigens by ultracentrifugation. *Veterinary doctor*, no. 2, pp. 43–48 (In Russ.).
8. Gorbunova M. E. et al. (2024) Comparison of hematological parameters of cattle infected with different subgroups of the leukemia virus. *Veterinary Doctor*, no. 1, pp. 34–39 (In Russ.).
9. Gromova E. A. et al. (2024) Genetic markers for PCR indication of infectious hematopoietic necrosis virus of salmon fish. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, no. 5, pp. 88–94 (In Russ.). Methods of laboratory diagnostics of leptospirosis: features of setting, advantages and disadvantages /
10. Gromova E. A. et al. (2024) Development of a multiplex PCR-RV test system for detecting the causative agent of brucellosis. *Veterinary doctor*, no. 3, pp. 34–40 (In Russ.).
11. Kirkimbaeva Zh. S., Biyashev B. K., Ermagambetova S. E. et al. Etiopathogenetic changes in the blood of cattle with leptospirosis // 3i: Intellect, Idea, Innovation – intelligence, idea, innovation. 2023. No. 1. Pp. 3–15.
12. Kiseleva E. Yu. et al. (2015) Methods of laboratory diagnosis of leptospirosis: features of diagnosis, advantages and disadvantages. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, no. 3 (103), pp. 85–93 (In Russ.).
13. (2013) Laboratory diagnostics of dangerous infectious diseases: A practical guide /

ed. by G. G. Onishchenko, V. V. Kutyrev. 2nd ed., revised and enlarged. M.: ZAO Shiko. 360 p. (In Russ.).
14. Lebedev V. V et al. (2001) Icterohemorrhagic leptospirosis / ed. by V. V. Lebedev. Krasnodar: Sovetskaya Kuban. 208 p. (In Russ.).
15. National Center for Biotechnology Information: website. USA, 1988. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov.
16. Online BLAST utility: website. URL: https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi.
17. Popov S. F., Ioannidi E. A., Aleksandrov O. V. (2020) Modern approaches to the diagnosis and treatment of patients with leptospirosis. *Medicinal Bulletin*., vol. 14, no. 2 (78), pp. 31–34 (In Russ.).
18. (2009) Real-time PCR / ed. by D.V. Rebrikov. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory. 215 p. (In Russ.).
19. Samsonova A. P. et al. (2021) The role of laboratory methods in epidemiological studies and diagnostics of leptospirosis. *Clinical laboratory diagnostics*, vol. 66, no. s4, p. 61 (In Russ.).
20. Samsonova A. P., Petrov E. M. (2023) Comparison of the efficiency indicators of leptospirosis diagnostic methods at different times after the disease. *Bacteriology*, vol. 8, no. 3, p. 99 (In Russ.).
21. Soboleva G. L., Ananyina Yu. V., Nepoklonova I. V. (2017) Actual issues of leptospirosis in humans and animals. *Russian Veterinary Journal*, no. 8, pp. 14–18 (In Russ.).
22. Usoltsev K. V. et al. (2024) Use of a synthetic peptide based on the immunogenic pytope GP51 for serological diagnostics of bovine leukemia virus. *International Veterinary Bulletin*, no. 1, pp. 12–21 (In Russ.).
23. Usoltsev K. V., Shangaraev R. I., Gorbunova M. E. et al. (2024) Search for genetic markers for laboratory diagnostics of leptospirosis // Actual problems of diseases common to humans and animals: Proceedings of the V All-Russian scientific and practical conference with international participation (Stavropol, April 24–25, 2024). Stavropol: Expo-Media LLC. Pp. 223–225 (In Russ.).
24. Tsvetkova K. N., Korablyov N. P. (2022) Development of a protocol for the study of pathological material for leptospirosis by the polymerase chain reaction // Current state and innovative technologies in the development of the agro-industrial complex and rural areas: Proceedings of the Regional Scientific and Practical Conference (Velikiye Luki, February 24, 2022). Velikiye Luki: Velikiye Luki State Agricultural Academy. Pp. 39–42 (In Russ.).
25. Shaimukhametov M. A., Nikolaeva O. N., Ivanov A. I. (2024) Etiological structure of leptospirosis in farm animals in the Republic of Bashkortostan. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*, no. 2 (106), pp. 212–217 (In Russ.).
26. Blanco R. M., Low G. K., Chee H. Y. (2020) Diagnostic accuracy of genetic markers and nucleic acid techniques for the detection of Leptospira in clinical samples: A meta-analysis. *PLoS. Negl. Trop Dis.*, vol. 14 (2), pp. 1–22.
27. Blanco R. M., Romero E. C. (2014) Evaluation of nested polymerase chain reaction for the early detection of Leptospira spp. DNA in serum samples from patients with leptospirosis. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.*, vol. 78 (4), pp. 343–346.
28. Di Azevedo M. I. N., Lilenbaum W. (2021) An overview on the molecular diagnosis of animal leptospirosis. *Letters in Applied Microbiology*, vol. 72, pp. 496–508.
29. Hoke D. E. et al. (2008) *LipL32* is an extracellular matrix-interacting protein of *Leptospira spp.* and *Pseudoalteromonas tunicate*. *Infect. Immun.*, vol. 76 (5), pp. 2063–2069.
30. Jouglard S. D. D. et al. (2006) Nested polymerase chain reaction for detection of pathogenic leptospires. *Canadian Journal of Microbiology*, vol. 52, pp. 747–752.
31. Kamani J. et. al. (2021) Molecular detection and characterization of pathogenic Leptospira species in bats (Chiroptera) roosting in human habitats in Nigeria. *N. West Africa. Zoonoses Public Health*, vol. 68 (8), pp. 908–916.
32. Kamaruzaman I. N. A. et al. (2022) Molecular detection of pathogenic *Leptospira spp.* in urban rodents from wet markets

in northeast Malaysia. *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, vol. 9 (2), pp. 275–281.
33. Zakeri S. et al. (2010) Molecular epidemiology of leptospirosis in northern Iran by nested polymerase chain reaction/restriction fragment length polymorphism and sequencing methods. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 82 (5), pp. 899–903.

Информация об авторах:

К. В. УСОЛЬЦЕВ – кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа;
Р. И. ШАНГАРАЕВ – кандидат ветеринарных наук, научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа;
К. С. ХАЕРТЫНОВ – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа;
М. Е. ГОРБУНОВА – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа;
Н. И. ХАММАДОВ – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа;
К. А. ОСЯНИН – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генотипирования и паспортизации штаммов микроорганизмов;
А. И. ХАМИДУЛЛИНА – студентка V курса факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ.

Information about the authors

K. V. USOLTSEV – Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Molecular Genetic Analysis;
R. I. SHANGARAEV – Candidate of Veterinary Sciences, Researcher at the Laboratory of Molecular Genetic Analysis;
K. S. KHAERTYNOV – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Molecular Genetic Analysis;
M. E. GORBUNOVA – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Molecular Genetic Analysis;
N. I. KHAMMADOV – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Molecular Genetic Analysis;
K. A. OSYANIN – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Genotyping and Certification of Microorganism Strains;
A. I. KHAMIDULLINA – 5th year student of the Faculty of Veterinary Medicine of Kazan State Academy of veterinary medicine.

Вклад авторов:

УСОЛЬЦЕВ К. В. – дизайн эксперимента, экспериментальная часть, редактирование статьи;
ШАНГАРАЕВ Р. И. – экспериментальная часть, подготовка публикации;
ХАЕРТЫНОВ К. С. – обзор литературы;
ГОРБУНОВА М. Е. – подготовка публикации;
ХАММАДОВ Н. И. – редактирование статьи;
ОСЯНИН К. А. – редактирование статьи;
ХАМИДУЛЛИНА А. И. – обзор литературы.

Contribution of the authors:

USOLTSEV K. V. – experiment design, experimental part, editing of the article;
SHANGARAEV R. I. – experimental part, preparation of publication;
KHAERTYNOV K. S. – literature review;

GORBUNOVA M. E. – preparation of the publication;
HAMMADOV N. I. – editing the article;
OSYANIN K. A. – editing the article;
KHAMIDULLINA A. I. – literature review.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.12.2024; одобрена после рецензирования 25.12.2024; принята к публикации 30.12.2024.
The article was submitted 20.12.2024; approved after reviewing 25.12.2024; accepted for publication 30.12.2024.

Научная статья
УДК 579.62; 579.64
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502112

Методы определения чувствительности зоонозных бактерий к антибиотикам

**Дмитрий Алексеевич Макаров[1],
Андрей Сергеевич Пырсиков[2], Ольга Евгеньевна Иванова[3],
Дмитрий Алексеевич Блюменкранц[4],
Сеидфатима Мировна Борунова[5],
Александр Анатольевич Комаров[6],
Екатерина Сергеевна Семёнова[7]**

[1, 2, 3, 4, 5] Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ»), Москва, Россия
[5, 7] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия
[6] Российский биотехнологический университет, Москва, Россия
[1] phorez@yandex.ru;
[2] a.pyrsikov@vgnki.ru;
[3] o.ivanova@vgnki.ru;
[4] d.blumenkrantz@vgnki.ru;
[5] fatima.borunova@mail.ru;
[6] akomarov1965@gmail.com;
[7] dochkakata@gmail.com

Автор, ответственный за переписку:
Сеидфатима Мировна Борунова, fatima.borunova@mail.ru

Аннотация

Устойчивые к антибиотикам бактерии, в том числе зоонозные (*Escherichia coli, Staphylococcus aureus* и др.). представляют собой одну из наиболее серьезных угроз здравоохранению. Во исполнение положений отечественной Стратегии и плана мероприятий по предупреждению распространения антимикробной резистентности необходимы мониторинговые исследования бактерий, выделенных от людей и животных. Ключевым компонентом мониторинга является получение надежных результатов лабораторного определения чувствительности бактерий к антибиотикам, для чего важен выбор правильного метода.

В статье представлены сведения о наиболее распространенных методах определения чувствительности (метод серийных разведений в бульоне. диско-диффузионный метод и эпсилометрический тест), выделены их основные преимущества и недостатки, дан обзор протоколов определения чувствительности (EUCAST, CLSI и МАКМАХ,), а также приведена характеристика современных автоматизированных и полуавтоматизированных тест-систем (Sensititre, Vitek-2, Phoenix и Microscan).

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, зоонозные бактерии, тест-системы, метод микроразведений, обзор

Для цитирования: *Макаров Д. А., Пырсиков А. С., Иванова О. Е. и др.* Методы определения чувствительности зоонозных бактерий к антибиотикам // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 107–122. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502112

© Макаров Д. А., Пырсиков А. С., Иванова О. Е., Блюменкранц Д. А., Борунова С. М., Комаров А. А., Семёнова Е. С., 2025

Original article

Methods for determining the sensitivity of zoonotic bacteria to antibiotics

Dmitry A. Makarov[1], Andrey S. Pyrsikov[2], Olga E. Ivanova[3], Dmitry A. Blyumenkrants[4], Seidfatima M. Borunova[5], Alexander A. Komarov[6], Ekaterina S. Semenova[7]

[1, 2, 3, 4, 5] The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality
[5, 7] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia
[6] Russian Biotechnology University, Moscow, Russia

[1] phorez@yandex.ru;
[2] a.pyrsikov@vgnki.ru;
[3] o.ivanova@vgnki.ru;
[4] d.blumenkrantz@vgnki.ru;
[5] fatima.borunova@mail.ru;
[6] akomarov1965@gmail.com;
[7] dochkakata@gmail.com

Corresponding author:
Seidfatima M. Borunova, fatima.borunova@mail.ru

Abstract

Antibiotic-resistant bacteria, including zoonotic bacteria (Escherichia coli, Staphylococcus aureus, etc.) represent one of the most serious threats to public health. In accordance with the provisions of the national Strategy and action plan to prevent the spread of antimicrobial resistance, monitoring studies of bacteria isolated from humans and animals are necessary. A key component of monitoring is to obtain reliable laboratory results for determining the sensitivity of bacteria to antibiotics, for which it is important to choose the right method. The article provides information on the most common methods for determining sensitivity (the method of serial dilutions in broth, the disco-diffusion method and the epsilometric test), highlights their main advantages and disadvantages, provides an overview of sensitivity determination protocols (EUCAST, CLSI and MAXMACH), and also provides a description of modern automated and semi-automated test systems (Sensititre, Vitek-2, Phoenix and Microscan).

Keywords: antibiotic resistance, zoonotic bacteria, system test, microdilution method, review

For citation: Makarov D. A., Pyrsikov A. S., Ivanova O. E. et al. (2025) Methods for determining the sensitivity of zoonotic bacteria to antibiotics. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 107–122. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502112

Введение. В настоящее время устойчивость к противомикробным препаратам (УПП) рассматривается как одна из наиболее серьезных угроз здравоохранению [52]. Опубликованное в 2022 г. в авторитетном журнале Lancet исследование Zheng Peng et al. [53] показало, что в 2019 г. 4,95 млн смертей по всему миру могли быть связаны с устойчивостью к антибактериальным препаратам, для 1,27 млн смертей устойчивость явилась непосредственной причиной. В последнем случае роль играют в основном 6 патогенов, первое место (со значительным отрывом) занимают *Escherichia coli* (в особенности – устойчивая к цефалоспоринам 3-го поколения и фторхинолонам) и *Staphylococcus aureus* (в особенности – метициллин-резистентный) – классические зоонозные бактерии [46].

В 2024 г. был обновлен список ВОЗ бактерий, для которых срочно требуется разработка новых антибиотиков. Среди зоонозных бактерий в группу критического приоритета попали энтеробактерии, устойчивые к цефалоспоринам 3-го поколения и карбапенемам, в группу высокого приоритета – устойчивые к фторхинолонам сальмонеллы и ванкомицин-резистентные энтерококки [46].

Потери несет и отрасль животноводства [2–4, 6]. По оценкам, к 2050 г. ежегодные потери животноводческой продукции из-за УПП будут равны потребностям в ней для 746 млн человек, а потери мирового валового внутреннего продукта (ВВП) из-за АМР в животноводстве, по прогнозам, составят 575 млрд долл. США [9].

Таким образом, устойчивость зоонозных бактерий – серьезная проблема, требующая как всестороннего исследования, так и разработки, принятия и оценки эффективности управленческих мер.

Необходимым условием для всего этого является мониторинг, т.е. проводимые на постоянной основе исследования чувствительности бактерий к антибиотикам [5, 46].

Мониторинг устойчивости зоонозных бактерий от животных проводится в ЕС, США и ряде других стран. В нашей стране такие исследования пока представлены отдельными проектами [5], государственная система мониторинга пока не создана.

Между тем одной из целей Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года является «обеспечение системного мониторинга распространения антимикробной резистентности».

План мероприятий на 2025–2030 гг. по реализации Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации содержит пункт о проведении мониторинга устойчивых к противомикробным лекарственным препаратам микроорганизмов, выделенных из продукции животноводства и объектов окружающей среды.

Как в мире в целом, так и в нашей стране наиболее часто в планы исследований устойчивости зоонозных бактерий, выделенных от животных и из продуктов питания животного происхождения, включают кишечную палочку, сальмонеллы, энтерококки, кампилобактерии, стафилококки и листерии. В программы включают представителей более 20 различных классов антибиотиков, применяемых как одновременно и для людей, и для животных, так и строго медицинские либо ветеринарные препараты [5].

Ключевым аспектом для проведения исследований распространения антибиотикорезистентности является получение надежных результатов определения чувствительности бактерий. Для этого важен как выбор лабораторного метода, так и правильная его постановка, пригодность метода для проведения рутинных исследований.

Наиболее распространенными, надежными и производительными в настоящее время методами считаются: метод микроразведений в бульоне, диско-диффузионный метод и Etest [34]. Также на рынке присутствуют коммерчески доступные тест-системы на основе метода микроразведений, позволяющие провести полную либо частичную автоматизацию проводимых исследований.

Метод серийных микроразведений в бульоне. Метод был представлен в 1942 г. американскими микробиологами Раммелькампом и Максоном. Принцип метода заключается в том, что в лунки стандартного 96-луночного микропланшета для иммуноферментного анализа вносят растворы антибиотиков различных концентраций с шагом «2» (2; 4; 8 мкг/л и т.д.). Также в лунки добавляют инокулят исследуемой культуры стандартной оптической плотности (0,5 по Мак-Фарланду). После инкубации, как правило, при температуре 35 °С в течение ночи производится считывание наличия роста по мутности раствора в ячейке. Например, если при концентрации 1 мг/л наблюдается рост (ячейка помутнела), при 3 мг/мл – тоже, а при 8 мг/л – уже нет (раствор в ячейке остается прозрачным), то значение 8 мкг/л в данном эксперименте будет являться минимальной подавляющей концентрацией (МПК) [46]. Затем для отнесения бактерии к категории устойчивых или

чувствительных используют «критерий интерпретации» – табличное значение. Если МПК опытного изолята выше табличного значения, то такая бактерия будет устойчивой к антибиотику.

Наличие роста может быть определено как на глаз, так и с использованием фотометра [39]. К достоинствам метода следует отнести возможность точного определения МПК, наибольшее среди всех методов количество критериев интерпретации, высокую производительность.

Основным недостатком метода разведений в бульоне является потребность в большом объеме реагентов. Кроме того, другие потенциальные ограничения включают в себя трудоемкие этапы приготовления разведений в лунках, возможность получения ложноположительных результатов из-за длительного времени инкубации [51], вероятность перекрестной контаминации, несовместимость бактерий для роста и сложность в определении наличия роста. Поддержание рекомендуемых оптимальных параметров тестирования, таких как pH, температура, состав среды и продолжительность инкубации, может также представлять трудности [21].

Диско-диффузионный метод. Метод был разработан Бауэром и Кирби в 1956 г. в США [12]. В этом методе исследуемая колония бактерий отбирается, суспендируется, затем стандартизированную по оптической плотности (до значения 0,5 по Мак-Фарланду) суспензию инокулируют в агар на чашках. В агар предварительно вносят раствор антибиотика – в разные чашки разные концентрации с шагом «2», как в методе микроразведений в бульоне [12, 39]. Степень ингибирования роста бактерий антибиотиком определяют по диаметру зоны задержки роста в миллиметрах – участка чашки Петри вокруг диска с антибиотиком, на котором рост бактерий не фиксируется. Результат затем интерпретируют с использованием табличных значений зон ингибирования роста. Устойчивой к данному антибиотику будет считаться бактерия, для которой зона задержки роста меньше табличного значения.

Оценка и определение чувствительности бактерий обычно занимает 16–24 ч.

Данный метод активно используется для рутинного тестирования восприимчивости в клинических лабораториях, как медицинских, так и ветеринарных.

К преимуществам метода относятся простота, высокие производительность и надежность получаемых результатов.

Однако наряду с этими преимуществами он имеет и ряд существенных недостатков: по сравнению с методом микроразведений в бульоне недостаточно критериев интерпретации для многих комбинаций «бактерия–антибиотик» (в частности, *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Corynebacterium*), а также низкая эффективность при анализе медленно растущих и привередливых бактерий [29, 36]. В последнее время появление различных приборов для анализа зоны ингибирования повысило надежность результатов дисковой диффузии за счет снижения вариабельности, обусловленной работой оператора и интерпретацией.

Эпсилометрический тест (Etest). Был разработан в 1980-х гг. шведскими исследователями Больмстремом и Эриксоном [38]. В 1991 г. компания AB BIODISK выпустила первую пластиковую полоску Etest для одновременного исследования чувствительности к нескольким антибиотикам [38]. Пластиковые полоски Etest покрыты заранее определенными концентрациями антибиотиков, а соответствующие тестируемые диапазоны МПК обозначены на поверхности и обратной стороне полоски. Для определения несколько полосок помещают на предварительно инокулированную агаровую пластину, после чего проводят суточную инкубацию; вокруг полосок появляются эллиптические зоны задержки роста, указывающие на МПК в точке пересечения зоны ингибирования и края полоски [43]. Простота, точность и надежность Etest делает его подходящим и удобным для коммерциализации [32]. Серия сравнительных исследований с другими стандартизованными методами, например, с разведением и диффузией агара и бульонным разведением, подтвердила значимость Etest. Многие штаммы, *Enterococcus spp.* и многие другие клинические изоляты были протестированы с помощью Etest и сравнены со

стандартными методами, в результате чего была получена хорошая корреляция в диапазоне 91–99 % [26, 44, 50].

В 2016 г. изоляты метициллин-чувствительного (MSSA) и метициллин-резистентного (MRSA) *S. aureus* были исследованы с помощью Etest для определения МПК цефтаролина. Результаты сравнивали с методом микроразведения в бульоне и показали отличное совпадение более чем на 95 % [18, 45].

Множественные культуры *Campylobacter spp.* против 7 антибиотиков также оценивались с помощью Etest для определения их устойчивости [28]. Все эти результаты продемонстрировали надежность и важность Etest для оценки МПК широкого спектра антибиотиков по сравнению с существующими стандартизированными методами, особенно для медленно растущих бактерий (*Campylobacter jejuni*) и редких быстрорастущих бактерий (некоторые стрептококки). Одним из существенных преимуществ Etest является его высокая чувствительность: он способен обнаружить бета-лактамазы расширенного спектра (ESBL) даже в следовых количествах [24]. Помимо ряда преимуществ, имеются и некоторые ограничения, в первую очередь связанные с неточным определением МПК некоторых антибактериальных препаратов, таких как пенициллин, ципрофлоксацин, офлоксацин и рифампицин [26]. К дополнительным недостаткам, затрудняющим использование Etest для рутинных анализов, относятся: чувствительность антибиотиков к pH и дороговизна серийного производства [11].

Протоколы определения чувствительности зоонозных бактерий к антимикробным средствам и критерии интерпретации. Разработан ряд систем протоколов для определения чувствительности бактерий к антимикробным средствам стандартизированными методами. Наиболее авторитетные и часто применяемые в международной практике – это протоколы Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing – EUCAST) Европейского общества по клинической микробиологии и инфекционным болезням (European Society of Clinical Microbiology and Infectious Disease – ESCMID) и Института клинических и лабораторных стандартов США (Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI).

Перевод на русский язык протоколов и таблиц с клиническими критериями интерпретации EUCAST доступны на официальном сайте МАКМАХ: Межрегиональная ассоциация по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии [1].

Также имеются международные стандарты ISO по определению чувствительности бактерий к антимикробным средствам – ISO 20776-1 и ISO 20776-2 [30, 31]. Методики EUCAST согласуются со стандартами ISO.

Основа протоколов EUCAST, CLSI и ISO – одни и те же методы серийных разведений и диск-диффузии, и протоколы, по сути, взаимозаменяемы. Таким образом, для ряда наиболее значимых зоонозных бактерий (в том числе *Salmonella spp., E. coli, Enterococcus spp., Campylobacter spp.*) допустимо использование протоколов от одного метода и критериев интерпретации от другого. Однако есть и отличия. Например, для некоторых микроорганизмов, в том числе с особыми пищевыми потребностями (fastidious – букв. «привередливые»), в частности, кампилобактерий, в протоколах CLSI и EUCAST даны несколько разные составы сред. Также иногда различаются критерии интерпретации для контрольных штаммов микроорганизмов.

Критерии интерпретации – табличные значения МПК, или зон ингибирования роста, иначе называются точками отсечения.

Микробиологические точки отсечения определяют отличие изолята от дикого типа, не имеющего генетических детерминант устойчивости. Микробиологически устойчивый изолят их имеет, но может при этом быть чувствительным к более высоким, терапевтическим дозам антибиотика.

Микробиологические точки отсечения определяет главным образом EUCAST. В свободном доступе для метода микроразведений в бульоне и для диско-диффузионного метода они доступны на официальном сайте организации [10]. Клинические точки

отсечения EUCAST и CLSI для людей могут значительно отличаться, но в целом совпадают приблизительно на 80–90 % [22, 33]. Таким образом, они не являются взаимозаменяемыми, интерпретацию по этим двум системам критериев целесообразно проводить раздельно. Для проведения мониторинговых исследований зоонозных бактерий рационально определение как микробиологической, так и клинической устойчивости изолятов [5]. Но если у EUCAST клинические пограничные значения даны только для людей [20], то благодаря наличию ветеринарного подкомитета CLSI также выпускает протоколы для ветеринарии с соответствующими клиническими пограничными значениями для разных видов животных.

В отличие от EUCAST, все протоколы которого выложены в свободном доступе, большинство стандартов CLSI, включая ветеринарные, в платном доступе. Свободный доступ (в режиме чтения, но не скачивания) только к таблицам с пограничными клиническими значениями (и для людей, и для животных), но не к самому протоколу эксперимента.

Все ветеринарные стандарты CLSI, которые институт предлагает в свободном доступе, находятся в соответствующем разделе официального сайта [25].

В 2024 г. вышла в свет последняя версия Рекомендаций МАКМАХ по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам, подготовленная Научно-исследовательским институтом антимикробной химиотерапии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России и рядом других ведущих медицинских институтов [8].

Методология и критерии интерпретации МПК, представленные в Клинических рекомендациях, аналогичны таковым от EUCAST. Однако в критериях интерпретации есть отличия: например, добавлены критерии для тетрациклинов для энтеробактерий (сальмонеллы и кишечная палочка), для данной группы бактерий несколько отличаются критерии для фторхинолонов.

Основной инструмент контроля качества результатов – это использование контрольных штаммов бактерий с табличными значениями диапазонов МПК. Если МПК контрольного штамма в эксперименте не выходит за пределы диапазона, то результаты можно считать валидными. Контрольные штаммы и для метода микроразведений в бульоне, и для диско-диффузионного метода указаны в упомянутых выше протоколах МАКМАХ, CLSI и EUCAST.

Также дополнительным инструментом контроля качества данных может служить график распределения МПК, на котором по оси X отложены МПК исследованных изолятов, а по оси Y – доля изолятов, для которой была показана данная МПК. Табличные распределения, полученные по результатам исследования большого количества изолятов, для многих бактерий доступны на официальном сайте EUCAST [20]. Также графики распределения МПК для патогенов человека опубликованы в онлайн-базе данных «Карта антибиотикорезистентности» [7]. Путем сравнения полученных МПК с табличными может быть сделан вывод о валидности данных. На сайте EUCAST есть не только графики распределения МПК для метода микроразведений в бульоне, но и аналогичные графики распределения диаметров зон ингибирования для диско-диффузионного метода, хотя и в меньшем количестве.

Полуавтоматизированные и автоматизированные коммерческие тест-системы для определения чувствительности бактерий к антибиотикам методом микроразведений в бульоне. Автоматизация определения чувствительности к антибиотикам позволяет значительно повысить производительность анализа и снизить его времязатратность и трудоемкость, а также минимизировать количество ошибок, возникающих из-за человеческого фактора [34].

Из трех наиболее распространенных методов исследования чувствительности бактерий к антибиотикам метод микроразведений в бульоне имеет наибольший потенциал к автоматизации, поскольку не требует работы с агаром, как диск-диффузионный метод и Etest.

Коммерчески доступные тест-системы для определения чувствительности зоо-

нозных бактерий к антибиотикам методом микроразведений представлены как микропланшетами с иммобилизованными антибиотиками с возможностью постановки опыта вручную, так частично и полностью автоматизированными системами, использующими специальные картриджи с антибиотиками (аналогами микропланшетов). В этом случае пользователю необходимо только загрузить в микробиологический анализатор культуры исследуемых изолятов и реагенты, а все остальное (вплоть до выдачи точного значения МПК и ее интерпретации с категоризацией изолятов по устойчивости) будет проведено прибором автоматически. Также данные могут быть интегрированы в лабораторные информационные системы. В целом все системы устроены по одному принципу, каких-либо критических отличий в характере работы и производительности мы не обнаружили.

Автоматические системы начали активно развиваться с 1980-х гг. и в настоящее время активно используются микробиологическими лабораториями благодаря простоте и удобству проведения эксперимента, а также высокой производительности [34].

Однако ряд исследований показывает, что получаемые результаты могут быть недостаточно точными. Для ряда антибиотиков показаны значительные (до 10 %) доли существенных ошибок (ложного отнесения к категории чувствительных), причем ошибки характерны для всех представленных на рынке систем. Значительно разниться могут и результаты, получаемые при помощи разных систем [19, 23, 35, 37, 40, 41, 54]. Ниже представлена более подробная информация о наиболее часто упоминаемых в литературе коммерческих тест-системах с возможностью частичной либо полной автоматизации.

1. *Sensititre от компании Thermofisher.* Компания Thermo Fisher Scientific со штабквартирой в США предлагает набор тест-планшетов Sensititre, а также оборудования для анализов чувствительности. Оборудование включает в себя автоматический раскапыватель, приборы для считывания результатов с микропланшетов и обработки данных автоматический Optiread и полуавтоматический Vizion, нефелометр и инкубатор ARIS HiQ также с возможностью считывания результатов с микропланшетов, позволяющий одновременную инкубацию до 100 планшетов [47].

Микропланшеты представляют собой 96-луночные микропланшеты для ИФА стандартного формата с иммобилизованными антимикробными средствами в разной концентрации. В приборе ARIS наличие роста бактерий определяется по гидролизу флуорогенного субстрата.

Представлены три линейки планшетов: медицинская, ветеринарная, а также планшеты для проведения мониторинговых исследований. Каждый планшет содержит контрольные ячейки без антибиотиков – для положительного контроля (куда необходимо добавить культуру) и отрицательного (добавляются все прочие реагенты, но не культура) [34, 42].

Медицинская линейка планшетов Sensititre состоит из 26 микропланшетов. Ветеринарная линейка планшетов Sensititre предполагает тестирование 45 антибиотиков из 19 классов и включает в себя 9 микропланшетов [48].

Указано, что планшеты предполагают использование методологии CLSI для анализа устойчивости ветеринарных изолятов микроорганизмов. Диапазоны концентраций включают в себя клинические точки отсечения, указанные в ветеринарных стандартах CLSI, в частности, в стандарте CLSI VET01S ED7:2024. Стандарт содержит ряд клинических точек отсечения для животных, включая КРС, свиней, птицы, лошадей, кошек, собак, коров с маститом. В отсутствие клинической точки отсечения для какой-либо комбинации «антибиотик–животное» стандарт предполагает использование в таком случае медицинскую клиническую точку отсечения.

Планшеты для проведения мониторинговых исследований заявлены компанией Thermo как инструмент, позволяющий лабораториям проводить исследования в соответствии с программами мониторинга ЕС и США.

Линейка планшетов Sensititre для мониторинга антибиотикорезистентности включает в себя порядка 55 антибиотиков из

26 классов и представлена 10 микропланшетами.

Диапазоны в зависимости от планшета и антибиотика включают в себя микробиологические (эпидемиологические) точки отсечения (EUCAST ECOFF), клинические точки отсечения EUCAST, а также клинические точки отсечения CLSI.

Для контроля качества компания предлагает одноразовые микробиологические петли Culti-Loops с уже нанесенными на них культурами штаммов, используемых в европейской и американской программах мониторинга.

Кроме того, можно изготовить кастомизированные микропланшеты, т.е. на заказ. Пользователю на выбор предлагается список из 240 антибиотиков.

2. *Vitek-2 от компании BioMérieux.* Французская компания BioMérieux предлагает микробиологический анализатор Vitek, который в автоматическом режиме анализирует чувствительность бактерий к антибиотикам методом микроразведений в бульоне, а также идентифицирует микроорганизмы [17].

Принципы работы анализаторов «VITEK®2 compact» и «VITEK®2» были разработаны компанией BioMérieux еще в 1970-х гг. Система использует специальные картриджи размером с игральную карту с 64 лунками в каждом, в которых иммобилизованы антибиотики в разных концентрациях и содержится обезвоженная питательная среда. Одна из лунок используется для положительного контроля и содержит только обезвоженную среду без антибиотика. Инокулят исследуемой культуры со стандартным значением мутности в 0,5 по МакФарланду (как и во всех других системах) загружают в анализатор. После этого все дальнейшие шаги по идентификации и тестированию устойчивости прибор выполняет автоматически. Картридж имеет жидкостные соединения для автоматического заполнения предварительно подготовленными инокулятами. Рост бактерий определяется при помощи флуориметра и фотометра. Система «VITEK®2» способна обрабатывать до 240 картриджей одновременно. Результаты определения чувствительности могут быть получены в течение 4–18 ч [34, 42].

Компания предлагает наборы картриджей для тестирования грамотрицательных бацилл и грамположительных бактерий, а также отдельные картриджи для стрептококков.

Диапазоны определяемых разведений включают в себя клинические точки отсечения как EUCAST, так и CLSI, но не во всех случаях микробиологические точки отсечения EUCAST [17].

3. *Phoenix от компании BD (Beckton Dickinson).* Компания BD со штаб-квартирой в США также предлагает автоматические микробиологические анализаторы BD Phoenix для анализа чувствительности к антибиотикам и идентификации микроорганизмов методом микроразведений в бульоне с использованием специальных картриджей.

В картриджах имеется по 136 лунок, которые доступны в трех различных форматах, а именно: только идентификация (ID), только определение чувствительности (AST) и комбинированные панели ID/AST. В этом случае 51 лунка используется для идентификации и 85 лунок для AST. Комбинированная панель имеет сторону ID с высушенными субстратами и сторону AST с иммобилизованными антибиотиками. Прибор способен анализировать до 100 комбинированных панелей ID/AST одновременно, которые считываются каждые 20 мин, инкубация длится до 18 ч. Детекция роста тестируемых изолятов бактерий в картриджах BD Phoenix происходит как колориметрически, так и по изменению окислительно-восстановительного потенциала в ячейке [34, 42].

На сайте компании-производителя отсутствует детальная информация о панелях с указанием списка антибиотиков и диапазонов определяемых МПК.

Панели для грамотрицательных микроорганизмов включают в себя 30 антибиотиков из 9 различных классов: аминогликозиды, пенициллины, цефалоспорины, карбапенемы, фторхинолоны, монобактамы, нитрофураны, производные фосфоновой кислоты, глицилциклины. Диапазон

также включает в себя клинические точки отсечения, но не включает микробиологические [13, 14].

4. *Microscan от компании Beckman-Coulter.* Компания Beckman-Coulter со штаб-квартирой в США предлагает автоматические микробиологические анализаторы для идентификации и определения чувствительности бактерий к антибиотикам из серии Microscan [16].

Для исследования устойчивости предложена линейка стандартных 96-луночных микропланшетов с иммобилизованными на них антибиотиками. Планшеты могут быть трех видов – ID, AST и ID+AST [15]. В последнем случае диапазоны определяемых концентраций значительно уже, чем на планшетах AST. Регидратация планшета и внесение культуры производится вручную при помощи специального регидратора/инокулятора Renok, затем планшет загружается в прибор, который производит инкубацию и считывание результатов (рост определяется фотометрически и флуориметрически благодаря использованию хромогенных субстратов). Результат получают через 4,5–18 ч [34, 42].

Для грамотрицательных микроорганизмов в линейке Microscan 32 микропланшета с 46 антибиотиками из 12 классов, для грамположительных в линейке 15 планшетов с 39 антибиотиками из 18 классов.

Для каждого из планшетов указано, какая методология используется: EUCAST или CLSI. Для некоторых планшетов одновременно и та, и другая. Соответственно, и диапазон разведений антибиотиков включает в себя клинические точки отсечения EUCAST, CLSI либо те и другие одновременно. При этом диапазоны не обязательно включают в себя микробиологические точки отсечения.

Представленные тест-системы позволяют проводить анализ значительного количества антибиотиков (до 240) из разных классов, однако исследуемые диапазоны МПК, как правило, сравнительно узки и ориентированы в первую очередь на клинические точки отсечения EUCAST и CLSI, часто не включают в себя микробиологические точки отсечения, что может быть признано недостаточным при проведении мониторинговых исследований.

Только одна из систем – Sensititre – имеет специальные планшеты для мониторинга устойчивости зоонозных бактерий, выделяемых от людей и животных и для ветеринарных патогенов.

В рамках политики импортозамещения с целью повышения производительности и качества проведения рутинных исследований антибиотикорезистентности зоонозных бактерий во исполнение положений Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года и Плана мероприятий к ней целесообразной является разработка отечественных микропланшетов, которые можно будет использовать как для ручной постановки метода, так и для полуавтоматизированной и автоматизированной при наличии соответствующего оборудования.

Заключение. В статье рассмотрены основные принципы и некоторые нюансы основных методов определения чувствительности бактерий к антибиотикам, пригодные для проведения рутинных исследований антибиотикорезистентности зоонозных бактерий. Также дан обзор имеющихся на рынке коммерческих тест-систем, позволяющих проводить постановку метода микроразведений в бульоне в полуавтоматическом или автоматическом режиме. В нашей стране коммерческие тест-системы на основе метода микроразведений пока не производятся (ни сами планшеты, ни оборудование для автоматизации процесса определения чувствительности). Во исполнение положений отечественного законодательства в области борьбы с антибиотикорезистентностью целесообразна разработка отечественных микропланшетов специально для рутинных исследований чувствительности к антибиотикам зоонозных бактерий.

Список источников

1. Библиотека антибиотики и антимикробная химиотерапия // Официальный сайт МАКМАХ. URL: https://www.antibiotic.ru/library.

2. *Коба И. С., Степанишин В. В., Денисенко Т. Е. и др.* Повышение квалификации ветеринарных специалистов по вопросам распространения антибиотикорезистентности и реализации мер по ее сдерживанию // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021. № 11. С. 16–26. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202111002. EDN BVXSNF.
3. *Лашшевцев А. И., Смирнов Д. Д., Ежова Е. Г. и др.* Антибиотикозамещающие программы в животноводстве // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 2. С. 111–122. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202302015. EDN RJRGQX.
4. *Мадиев Д. Ж., Пименов Н. В.* Антибиотикорезистентность бактерий, выделенных из маточного содержимого свиноматок при послеродовом эндометрите в условиях свиноводческих хозяйств Республики Казахстан // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2022. № 2. С. 29–37. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202202004. EDN FATNNB.
5. *Макаров Д. А., Иванова О. Е., Виноградова А. Г.* Антибиотикорезистентность зоонозных и индикаторных бактерий, выделяемых от продуктивных животных: практическое руководство. Смоленск: Смоленский государственный медицинский университет, 2023. 80 с.
6. *Павлова А. В., Пименов Н. В.* Антибиотикорезистентность бактериальных патогенов, изолированных от животных в условиях ветеринарных клиник Луганска // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2020. № 2. С. 38–43. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202002006. EDN YXJOOI.
7. Платформа анализа данных резистентности к антимикробным препаратам в России URL: https://amrmap.ru.
8. Российские рекомендации. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам. Версия 2024–02. Год утверждения (частота пересмотра): 2024 (пересмотр ежегодно). Смоленск: МАКМАХ, СГМУ, 2024. 192 с.
9. *Adamie B. A. et al.* Forecasting the Fallout from AMR: Economic Impacts of Antimicrobial Resistance in Food-Producing Animals. 2024.
10. Antimicrobial wild type distributions of microorganisms. EUCAST. URL: https://mic.eucast.org/search.
11. *Balouiri M., Sadiki M., Ibnsouda S. K.* Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review // Journal of pharmaceutical analysis. 2016. Vol. 6. No. 2. Pp. 71–79.
12. *Bauer A. W. et al.* Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method // American journal of clinical pathology. 1966. Vol. 45. No. 4_ts. Pp. 493–496.
13. BD Phoenix Gram negative Emerge // Rapid and accurate detection of antimicrobial resistance. URL: https://vicor.rs/fajlovi/productitem/bd-phoenix-emerge-panels-864.pdf.
14. BD Phoenix Panels. URL: https://www.bd.com/en-us/products-and-solutions/products/product-families/bd-phoenix-panels.
15. Beckman Coulter // MicroScan GRAM–NEGATIVE MIC PANELS. URL: https://media.beckmancoulter.com//media/diagnostics/products/microbiology/conventional-panels/docs/microscan-gram-neg-and-pos-panel-ous.pdf.
16. Beckman Coulter. URL: https://https://media.beckmancoulter.com/ru.
17. Biomerieux. Vitek2. Susceptibility Cards for bacteria. URL: https://www.biomerieux-usa.com/sites/subsidiary_us/files/vitek2_cards_selection_guide.pdf.
18. *Canton R. et al.* Etest® versus broth microdilution for ceftaroline MIC determination with Staphylococcus aureus: results from PREMIUM, a European multicentre study // Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 2016. 442 p.
19. *Chapin K. C., Musgnug M. C.* Validation of the automated reading and incubation system with Sensititre plates for antimicrobial susceptibility testing // Journal of clinical microbiology. 2003. Vol. 41. No. 5. Pp. 1951–1956.
20. Clinical Breakpoints EUCAST. URL: https://www.eucast.org/clinical_breakpoints.
21. *Collins A. M. et al.* A comparison between disk-plate and tube-dilution methods for antibiotic sensitivity testing of bacteria // Canadian Journal of Public Health/Revue

Canadienne de Sante'e Publique. 1954. Vol. 45. No. 10. Pp. 430–439.
22. *Cusack T. P. et al.* Impact of CLSI and EUCAST breakpoint discrepancies on reporting of antimicrobial susceptibility and AMR surveillance // Clinical Microbiology and Infection. 2019. Vol. 25. No. 7. Pp. 910–911.
23. *Evangelista A. T., Karlowsky J. A.* Automated and manual systems for antimicrobial susceptibility testing of bacteria // Manual of Commercial Methods in Clinical Microbiology: International Edition. 2016. Pp. 414–432. https://doi.org/10.1002/9781119021872.ch22.
24. *Falagas M. E., Karageorgopoulos D. E.* Extended-spectrum ß-lactamase-producing organisms // Journal of Hospital infection. 2009. Vol. 73. No. 4. Pp. 345–354.
25. Free Microbiology Resources. URL: https://clsi.org/standards/products/free-resources/access-our-free-resources.
26. *Glupczynski Y. et al.* Evaluation of the E test for quantitative antimicrobial susceptibility testing of Helicobacter pylori // Journal of Clinical Microbiology. 1991. Vol. 29. No. 9. Pp. 2072–2075.
27. Handbook of meningococcal disease: infection biology, vaccination, clinical management / ed. by M. Frosch, M. Maiden. C. J. John Wiley & Sons, 2006.
28. *Hariharan H. et al.* Antimicrobial drug resistance as determined by the E-test in Campylobacter jejuni, C. coli, and C. lari isolates from the ceca of broiler and layer chickens in Grenada // Comparative immunology, microbiology and infectious diseases. 2009. Vol. 32. No. 1. Pp. 21–28.
29. *Hombach M., Zbinden R., Bottger E. C.* Standardisation of disk diffusion results for antibiotic susceptibility testing using the sirscan automated zone reader // BMC microbiology. 2013. Vol. 13. Pp. 1–8.
30. International Standard ISO 20776-1. Part 1.Reference method for the in vitro activity of antimicrobial agents against rapidly growing aerobic bacteria involved in infection diseases. ISO 2006.
31. International Standard ISO 20776-2. Part 2. Evaluation of performance of antimicrobial susceptibility test devices. ISO 2007.
32. *Joyce L. F. et al.* Comparison of five methods, including the PDM Epsilometer test (E test), for antimicrobial susceptibility testing of Pseudomonas aeruginosa // Journal of clinical microbiology. 1992. Vol. 30. No. 10. Pp. 2709–2713.
33. *Kassim A. et al.* Comparison of Clinical Laboratory Standards Institute and European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing guidelines for the interpretation of antibiotic susceptibility at a University teaching hospital in Nairobi, Kenya: a cross-sectional study // Annals of clinical microbiology and antimicrobials. 2016. Vol. 15. Pp. 1–7.
34. *Khan Z. A., Siddiqui M. F., Park S.* Current.and emerging methods of antibiotic susceptibility testing // Diagnostics. 2019. Vol. 9. No. 2. P. 49. https://doi.org/10.3390/diagnostics9020049.
35. *Leegaard T. M. et al.* Performance of automated antimicrobial susceptibility testing for the detection of antimicrobial resistance in gram-negative bacteria: a NordicAST study // APMIS. 2023. Vol. 131. No. 10. Pp. 543–551. https://doi.org/10.1111/apm.13346.
36. *Patel J. B. et al.* Susceptibility test methods: dilution and disk diffusion methods // Manual of clinical microbiology. 2011. Pp. 1122–1143.
37. *Pfennigwerth N. et al.* Evaluation of six commercial products for colistin susceptibility testing in Enterobacterales // Clinical Microbiology and Infection. 2019. Vol. 25. No. 11. Pp. 1385–1389. Doi: 10.1016/j.cmi.2019.03.017.
38. *Picard J.* Applied Veterinary Bacteriology and Mycology: Bacteriological Techniques // University of Pretoria, Afrivip: Pretoria, South Africa. 1990.
39. *Reller L. B. et al.* Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices // Clinical infectious diseases. 2009. Vol. 49. No. 11. Pp. 1749–1755.
40. *Riedel S. et al.* Comparison of commercial antimicrobial susceptibility test methods for testing of Staphylococcus aureus and Enterococci against vancomycin, daptomycin, and linezolid //Journal of clin-

ical microbiology. 2014. Vol. 52. No. 6. Pp. 2216–2222. https://doi.org/10.1128/jcm.00957-14.
41. *Rittenhouse S. F. et al.* Evaluation of 500 Gram negative isolates to determine the number of major susceptibility interpretation discrepancies between the Vitek and MicroScan Walkaway for 9 antimicrobial agents // Diagnostic microbiology and infectious disease. 1996. Vol. 26. No. 1. Pp. 1–6.
42. *Salam M. A. et al.* Conventional methods and future trends in antimicrobial susceptibility testing // Saudi journal of biological sciences. 2023. Vol. 30. No. 3. P. 103582. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103582.
43. *Sanchez M. L., Jones R. N.* E test, an antimicrobial susceptibility testing method with broad clinical and epidemiologic application // Antimicrobic Newsletter. 1992. Vol. 8. No. 1. Pp. 1–7.
44. *Schulz J. E., Sahm D. F.* Reliability of the E test for detection of ampicillin, vancomycin, and high-level aminoglycoside resistance in Enterococcus spp // Journal of clinical microbiology. 1993. Vol. 31. No. 12. Pp. 3336–3339.
45. *Skov R. et al.* Phenotypic detection of methicillin resistance in Staphylococcus aureus by disk diffusion testing and Etest on Mueller-Hinton agar // Journal of clinical microbiology. 2006. Vol. 44. No. 12. Pp. 4395–4399.
46. *Tacconelli E.* Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development. 2024.
47. *Tang Y. W., Stratton C. W., Tang Y. W.* Advanced techniques in diagnostic microbiology. New York: Springer, 2013.
48. Thermo Fisher Scientific URL: https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/clinical/clinical microbiology/antimicrobial-susceptibility-testing/sensititre-ast.html.
49. Thermo Scientific Sensititre Plate Guide. URL: https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/MBD/brochures/Sensititre-Plate-Guide-Booklet-EN.pdf.
50. *Van Dyck E., Smet H., Piot P.* Comparison of E test with agar dilution for antimicrobial susceptibility testing of Neisseria gonorrhoeae // Journal of clinical microbiology. 1994. Vol. 32. No. 6. Pp. 1586–1588.
51. *Waites K. B. et al.* Standardized methods and quality control limits for agar and broth microdilution susceptibility testing of Mycoplasma pneumoniae, Mycoplasma hominis, and Ureaplasma urealyticum // Journal of clinical microbiology. 2012. Vol. 50. No. 11. Pp. 3542–3547.
52. WHO factsheet on antimicrobial resistance. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance.
53. *Zheng Peng, Murray C., Kevin Shunji Ikuta et al.* Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. Lancet. 2022. Feb 12. Vol. 399 (10325). Pp. 629–655. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.
54. *Zhou M. et al.* Comparison of five commonly used automated susceptibility testing methods for accuracy in the China Antimicrobial Resistance Surveillance System (CARSS) hospitals //Infection and drug resistance. 2018. Pp. 1347–1358. Doi: 10.2147/IDR.S166790.

References

1. Library of antibiotics and antimicrobial chemotherapy // Official website of MAKMAH. URL: https://www.antibiotic.ru/library (In Russ.).
2. Koba I. S., Stepanishin V. V., Denisenko T. E. et al. (2021) Improving the skills of veterinary specialists on the spread of antibiotic resistance and the implementation of measures to contain it. *Veterinary science, animal science and biotechnology*, no. 11, pp. 16–26. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202111002. – EDN BVXSNF (In Russ.).
3. Laishevtsev A. I., Smirnov D. D., Ezhova E. G. et al. (2023) Antibiotic substitution programs in animal husbandry. *Veterinary science, zootechnics and biotechnology*, no. 2, pp. 111–122. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202302015. EDN RJRGQX (In Russ.).
4. Madiyev D. Zh., Pimenov N. V. (2022) Antibiotic resistance of bacteria isolated from the uterine contents of sows with

postpartum endometritis in pig farms of the Republic of Kazakhstan. *Veterinary science, animal science and biotechnology*, no. 2, pp. 29–37. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202202004. EDN FATNNB (In Russ.).
5. Makarov D. A., Ivanova O. E., Vinogradova A. G. (2023) Antibiotic resistance of zoonotic and indicator bacteria isolated from food-producing animals: A practical guide. Smolensk: Smolensk State Medical University. 80 p. (In Russ.).
6. Pavlova A. V., Pimenov N. V. (2020) Antibiotic resistance of bacterial pathogens isolated from animals in veterinary clinics in Lugansk. *Veterinary science, zootechnics and biotechnology*, no. 2, pp. 38–43. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202002006. EDN YXJOOI (In Russ.).
7. Antimicrobial resistance data analysis platform in Russia. URL: https://amrmap.ru.
8. (2024) Russian recommendations. Determination of the susceptibility of microorganisms to antimicrobial drugs. Version 2024-02. Year of approval (frequency of revision): 2024 (reviewed annually). – MAKMAKH, SSMU: Smolensk. 192 p.
9. Adamie B. A. et al. (2024) Forecasting the Fallout from AMR: Economic Impacts of Antimicrobial Resistance in Food-Producing Animals.
10. Antimicrobial wild type distributions of microorganisms. EUCAST. URL: https://mic.eucast.org/search.
11. Balouiri M., Sadiki M., Ibnsouda S. K. (2016) Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, vol. 6, no. 2, pp. 71–79.
12. Bauer A. W. et al. (1966) Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American journal of clinical pathology*, vol. 45, no. 4_ts, pp. 493–496.
13. BD Phoenix Gram negative Emerge // Rapid and accurate detection of antimicrobial resistance. URL: https://vicor.rs/fajlovi/productitem/bd-phoenix-emerge-panels-864.pdf.
14. BD Phoenix Panels. URL: https://www.bd.com/en-us/products-and-solutions/products/product-families/bd-phoenix-panels.
15. Beckman Coulter // MicroScan GRAM–NEGATIVE MIC PANELS. URL: https://media.beckmancoulter.com//media/diagnostics/products/microbiology/conventional-panels/docs/microscan-gram-neg-and-pos-panel-ous.pdf.
16. Beckman Coulter. URL: https://https://media.beckmancoulter.com/ru. (дата обращения 04.10.2024)
17. Biomerieux. Vitek2. Susceptibility Cards for bacteria. URL: https://www.biomerieux-usa.com/sites/subsidiary_us/files/vitek2_cards_selection_guide.pdf.
18. Cantón R. et al. (2016) Etest® versus broth microdilution for ceftaroline MIC determination with Staphylococcus aureus: results from PREMIUM, a European multicentre study //Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 442 p.
19. Chapin K. C., Musgnug M. C. (2003) Validation of the automated reading and incubation system with Sensititre plates for antimicrobial susceptibility testing. *Journal of clinical microbiology*, vol. 41, no. 5, pp. 1951–1956.
20. Clinical Breakpoints EUCAST. URL: https://www.eucast.org/clinical_breakpoints.
21. Collins A. M. et al. (1954) A comparison between disk-plate and tube-dilution methods for antibiotic sensitivity testing of bacteria. *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Sante'e Publique*, vol. 45, no. 10, pp. 430–439.
22. Cusack T. P. et al. (2019) Impact of CLSI and EUCAST breakpoint discrepancies on reporting of antimicrobial susceptibility and AMR surveillance. *Clinical Microbiology and Infection*, vol. 25, no. 7, pp. 910–911.
23. Evangelista A. T., Karlowsky J. A. 2016) Automated and manual systems for antimicrobial susceptibility testing of bacteria // Manual of Commercial Methods in Clinical Microbiology: International Edition. Pp. 414–432. https://doi.org/10.1002/9781119021872.ch22.
24. Falagas M. E., Karageorgopoulos D. E. (2009) Extended-spectrum β-lactamase-producing organisms. *Journal of Hospital infection*, vol. 73. no. 4, pp. 345–354.

25. Free Microbiology Resources. URL: https://clsi.org/standards/products/free-resources/access-our-free-resources.
26. Glupczynski Y. et al. (1991) Evaluation of the E test for quantitative antimicrobial susceptibility testing of Helicobacter pylori. *Journal of Clinical Microbiology*, vol. 29, no. 9, pp. 2072–2075.
27. (2006) Handbook of meningococcal disease: infection biology, vaccination, clinical management / ed. by M. Frosch, M. Maiden. C. J. John Wiley & Sons.
28. Hariharan H. et al. (2009) Antimicrobial drug resistance as determined by the E-test in Campylobacter jejuni, C. coli, and C. lari isolates from the ceca of broiler and layer chickens in Grenada. *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases*, vol. 32, no. 1, pp. 21–28.
29. Hombach M., Zbinden R., Böttger E. C. (2013) Standardisation of disk diffusion results for antibiotic susceptibility testing using the sirscan automated zone reader. *BMC microbiology*, vol. 13, pp. 1–8.
30. International Standard ISO 20776-2. Part 2. Evaluation of performance of antimicrobial susceptibility test devices. ISO 2007.
31. International Standard ISO 20776-1. Part 1.Reference method for the in vitro activity of antimicrobial agents against rapidly growing aerobic bacteria involved in infection diseases. ISO 2006.
32. Joyce L. F. et al. (1992) Comparison of five methods, including the PDM Epsilometer test (E test), for antimicrobial susceptibility testing of Pseudomonas aeruginosa. *Journal of clinical microbiology*, vol. 30, no. 10, pp. 2709–2713.
33. Kassim A. et al. (2016) Comparison of Clinical Laboratory Standards Institute and European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing guidelines for the interpretation of antibiotic susceptibility at a University teaching hospital in Nairobi, Kenya: a cross-sectional study. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, vol. 15, pp. 1–7.
34. Khan Z. A., Siddiqui M. F., Park S. (2019) Current and emerging methods of antibiotic susceptibility testing. *Diagnostics*, vol. 9, no. 2, p. 49. https://doi.org/10.3390/diagnostics9020049.
35. Leegaard T. M. et al. (2023) Performance of automated antimicrobial susceptibility testing for the detection of antimicrobial resistance in gram-negative bacteria: a NordicAST study. *APMIS*, vol. 131, no. 10, pp. 543–551. https://doi.org/10.1111/apm.13346.
36. Patel J. B. et al. (2011) Susceptibility test methods: dilution and disk diffusion methods. *Manual of clinical microbiology*, pp. 1122–1143.
37. Pfennigwerth N. et al. (2019) Evaluation of six commercial products for colistin susceptibility testing in Enterobacterales. *Clinical Microbiology and Infection*, vol. 25, no. 11, pp. 1385–1389. DOI: 10.1016/j.cmi.2019.03.017.
38. Picard J. (1990) Applied Veterinary Bacteriology and Mycology: Bacteriological Techniques // University of Pretoria, Afrivip: Pretoria, South Africa.
39. Reller L. B. et al. (2009) Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices. *Clinical infectious diseases*, vol. 49, no. 11, pp. 1749–1755.
40. Riedel S. et al. (2014) Comparison of commercial antimicrobial susceptibility test methods for testing of Staphylococcus aureus and Enterococci against vancomycin, daptomycin, and linezolid. *Journal of clinical microbiology*, vol. 52, no. 6, pp. 2216–2222. https://doi.org/10.1128/jcm.00957-14.
41. Rittenhouse S. F. et al. (1996) Evaluation of 500 Gram negative isolates to determine the number of major susceptibility interpretation discrepancies between the Vitek and MicroScan Walkaway for 9 antimicrobial agents. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, vol. 26, no. 1, pp. 1–6.
42. Salam M. A. et al. (2023) Conventional methods and future trends in antimicrobial susceptibility testing. *Saudi journal of biological sciences*, vol. 30, no. 3. p. 103582. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103582.
43. Sanchez M. L., Jones R. N. (1992) E test, an antimicrobial susceptibility testing method with broad clinical and epidemio-

logic application. *Antimicrobic Newsletter*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7.
44. Schulz J. E., Sahm D. F. (1993) Reliability of the E test for detection of ampicillin, vancomycin, and high-level aminoglycoside resistance in Enterococcus spp. *Journal of clinical microbiology*, vol. 31, no. 12, pp. 3336–3339.
45. Skov R. et al. (2006) Phenotypic detection of methicillin resistance in Staphylococcus aureus by disk diffusion testing and Etest on Mueller-Hinton agar. *Journal of clinical microbiology*, vol. 44, no. 12, pp. 4395–4399.
46. Tacconelli E. (2024) Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development.
47. Tang Y. W., Stratton C. W., Tang Y. W. (2013) Advanced techniques in diagnostic microbiology. New York: Springer.
48. Thermo Fisher Scientific. URL: https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/clinical/clinical microbiology/antimicrobial-susceptibility-testing/sensititre-ast.html.
49. Thermo Scientific Sensititre Plate Guide. URL: https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/MBD/brochures/Sensititre-Plate-Guide-Booklet-EN.pdf.
50. Van Dyck E., Smet H., Piot P. (1994) Comparison of E test with agar dilution for antimicrobial susceptibility testing of Neisseria gonorrhoeae. *Journal of clinical microbiology*, vol. 32, no. 6, pp. 1586–1588.
51. Waites K. B. et al. (2012) Standardized methods and quality control limits for agar and broth microdilution susceptibility testing of Mycoplasma pneumoniae, Mycoplasma hominis, and Ureaplasma urealyticum. *Journal of clinical microbiology*, vol. 50, no. 11, pp. 3542–3547.
52. WHO factsheet on antimicrobial resistance. URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance.
53. Zheng Peng, Murray C., Kevin Shunji Ikuta et al. (2022) Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*, Feb. 12, vol. 399 (10325), pp. 629–655. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.
54. Zhou M. et al. (2018) Comparison of five commonly used automated susceptibility testing methods for accuracy in the China Antimicrobial Resistance Surveillance System (CARSS) hospitals. // Infection and drug resistance. Pp. 1347–1358. DOI: 10.2147/IDR.S166790.

Информация об авторах:

Д. А. МАКАРОВ – старший научный сотрудник отдела безопасности пищевой и кормовой продукции;

А. С. ПЫРСИКОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела молекулярной биологии;

О. Е. ИВАНОВА – кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник отдела научного планирования и НИР;

Д. А. БЛЮМЕНКРАНЦ – главный специалист отдела санитарной и клинической микробиологии;

С. М. БОРУНОВА – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела санитарной и клинической микробиологии; доцент, профессор кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных; и.о. зав. базовой кафедры биологической безопасности объектов ветеринарного надзора и обращения лекарственных средств в ветеринарии;

А. А. КОМАРОВ – доктор биологических наук, профессор РАН, профессор кафедры ветеринарной медицины;

Е. С. СЕМЁНОВА – лаборант базовой кафедры биологической безопасности объектов ветеринарного надзора и обращения лекарственных средств в ветеринарии.

Information about the authors:

MAKAROV D. A. – Senior Researcher of Department of Food and Feed Safety;

PYRSIKOV A. S. – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Molecular Biology;
IVANOVA O. E. – Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher of the Department of Scientific Planning and Research;
BLYUMENKRANTS D. A. – Chief Specialist of the Department of Sanitary and Clinical Microbiology;
BORUNOVA S. M. – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Department of Sanitary and Clinical Microbiology, Professor of the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction; acting head basic department of biological safety of objects of veterinary supervision and circulation;
KOMAROV A. A. – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Veterinary Medicine of Russian Biotechnology University;
SEMENOVA E. S. – laboratory assistant at the basic department of biological safety of objects of veterinary supervision and circulation of medicines in veterinary medicine.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

All the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 21.12.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 31.12.2024.
The article was submitted 21.12.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 31.12.2024.

Научная статья
УДК: 619:636
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502113

Использование витамина А в промышленном птицеводстве, его влияние на здоровье и продуктивность сельскохозяйственной птицы

Константин Николаевич Николаев[1], Игорь Геннадьевич Рязанов[2], Елена Алевтиновна Капитонова[3]

[1, 2, 3] Московская Государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

[1] konstantin.nikolaev.2004@gmail.ru;
[2] ryazanovig@gmail.com;
[3] kapitonovalena1110@mail.ru

Автор, ответственный за переписку:
Игорь Геннадьевич Рязанов, ryazanovig@gmail.com

Аннотация

Благополучие и продуктивность домашней птицы тесно связаны с ее рационом. Полноценное кормление необходимо для поддержания здоровья, роста и продуктивности. Несбалансированное питание может привести к проблемам со здоровьем и экономическим потерям. Витамины, особенно витамин А, имеют особое значение в поддержании жизненно важных функций.

Витамин А представляет собой один из ключевых микроэлементов, играющих фундаментальную роль в обеспечении благополучия домашней птицы и максимизации ее продуктивности. Витамин А – это жирорастворимый витамин, который не синтезируется в организме. Витамины требуются в небольших количествах, но они крайне необходимы в таких процессах, как поддержание здоровья и жизнедеятельности, рост и развитие эмбрионов, дифференцировка эпителиальных клеток и иммунная функция.

Недостаток витамина А у птиц может привести к снижению продуктивности, повышенной восприимчивости к инфекционным заболеваниям и нарушениям репродуктивной функции. Определение оптимального запаса витамина А представляет собой сложную задачу, поскольку потребность домашней птицы в ретиноле зависит от множества факторов, таких как физиологическое состояние, возраст, состояние здоровья, питание и функции. Поэтому для удовлетворения потребности в витамине А можно использовать готовый к употреблению витамин А, провитамин А и несколько классов каротиноидов.

В обзорной статье представлен всесторонний анализ научных трудов, посвященных изучению источников и ключевых функций витамина А в организме домашней птицы. В частности, рассмотрено его значение в процессах роста, укреплении иммунитета, антиоксидантной и других видов его биологической активности. Кроме того, исследовано воздействие кормовых добавок, содержащих ретинол, на организм птицы.

Ключевые слова: витамин А, птицеводство, кормовые добавки, кормление, птицы, продуктивность птиц

Для цитирования: *Николаев К. Н., Рязанов И. Г., Капитонова Е. А.* Использование витамина А в промышленном птицеводстве, его влияние на здоровье и продуктивность

© Николаев К. Н., Рязанов И. Г., Капитонова Е. А., 2025

сельскохозяйственной птицы // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 123–133. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502113

Original article

The use of vitamin A in industrial poultry farming, its effect on the health and productivity of poultry

Konstantin N. Nikolaev[1], Igor G. Ryazanov[2], Elena A. Kapitonova[3]

[1, 2, 3] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Scryabin, Moscow, Russia

[1] konstantin.nikolaev.2004@gmail.ru;
[2] ryazanovig@gmail.com;
[3] kapitonovalena1110@mail.ru

Corresponding author:
Ryazanov G. Igor, ryazanovig@gmail.com

Abstract

The well-being and productivity of poultry are closely related to its diet. Proper feeding is necessary to maintain health, growth and productivity. An unbalanced diet can lead to health problems and economic losses. Vitamins, especially vitamin A, play an important role in maintaining vital functions. Understanding the importance of vitamins is important for optimizing poultry farming methods.

Vitamin A is one of the key trace elements that play a fundamental role in ensuring the well-being of poultry and maximizing its productivity. Vitamin A is a fat–soluble vitamin, and it cannot be synthesized in the body, so it must come from food. It can be present in the body in the form of retinol, retinal and retinoic acid. Vitamins are required in small quantities, but their role is extremely necessary in such processes as maintaining health and vital functions, in the growth and development of embryos, differentiation of epithelial cells and immune function.

Vitamin A deficiency in birds can lead to decreased productivity, increased susceptibility to infectious diseases and reproductive disorders. Determining the optimal supply of vitamin A is a difficult task, since poultry's need for retinol depends on many factors such as physiological status, age, health status, nutritional status and function. Therefore, ready-to-use vitamin A, provitamin A, and several classes of carotenoids can be used to meet vitamin A needs.

The presented review article will provide a comprehensive analysis of scientific papers devoted to the study of the sources and key functions of vitamin A in the body of poultry. In particular, its role in the processes of growth, strengthening immunity, antioxidant and other types of biological activity will be considered. In addition, the effects of feed additives containing retinol on the poultry body will be investigated.

Keywords: vitamin A, poultry farming, feed additives, feeding, poultry, bird productivity

For citation: Nikolaev K. N., Ryazanov I. G., Kapitonova E. A. (2025) Use of vitamin A in industrial poultry farming, its impact on the health and productivity of agricultural poultry. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 123–133. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502113

Введение. Витамин А представляет собой алициклическую группу ненасыщенных одноатомных спиртов, содержащих кольцо [9]. Он играет ключевую роль в сложной физиологии птицы, обеспечивая выполнение множества важнейших функций [7].

Основными биологическими функциями витамина А являются поддержание зрения, развитие и целостность эпителиальных и слизистых тканей [9]. Три формы витамина А, известные как ретинол, ретиналь и ретиноевая кислота, имеют особое значение в ряде метаболических процессов, способствуя росту и укрепляя иммунитет. Важно помнить, что витамин А и его метаболиты являются липидами, т.е. они нерастворимы в водной среде организма.

Основные источники витамина А – исключительно корма животного происхождения, такие как рыбий жир и рыбная мука. Однако существуют определенные растительные пигменты, называемые каротиноидами (например, β-каротин), которые могут проявлять активность витамина А посредством метаболического преобразования.

Дефицит витамина А влияет на рост, воспроизводство, иммунитет и продуктивность птицы. Острый гиповитаминоз А встречается редко, так как ретинол в форме ретинилацетата обычно добавляется в корма. Чаще наблюдается субклинический дефицит. Его возникновению способствуют неправильное приготовление премиксов и кормов, неправильное хранение, неадекватное управление и контекстуальные факторы. В условиях интенсивного производства птица особенно чувствительна к дефициту питательных микроэлементов из-за высокой температуры, высокой плотности, проблем с микробиологией и гигиены. В таких условиях потребность в витамине А возрастает [7].

Цель исследования. В данной работе приведен анализ научной литературы, посвященной влиянию витамина А на здоровье сельскохозяйственной птицы, а также использованию кормовых добавок с витамином.

Материалы и методы. Было проведено изучение научных работ, статей зарубежных авторов, доступных в базах данных и электронных библиотеках, таких как MPDI и Taylor and Francis. В ходе исследования были применены теоретические методы (например, актуальный обзор и системный анализ).

Результаты и обсуждение.

Потребности птицы в витамине А. На увеличение потребности в витамине А влияют различные факторы: состав рациона, температура окружающей среды, инфекционные заболевания, биологические различия между видами, стресс, паразиты и биодоступность.

Потребность в витамине А для бройлеров, растущих несушек и развивающихся гусей составляет 1500 МЕ/кг корма. Однако для племенных стад и несушек, потребляющих 100 г корма в день, потребность в витамине А составляет 3000 МЕ/кг рациона. Потребность в витамине А для всех видов индеек составляет 5000 МЕ/кг. Аналогично потребность в витамине А на этапах роста уток составляет 2500 МЕ/кг, а для производителей – 4000 МЕ/кг. Потребность в витамине А для японских перепелов на этапах роста составляет 1650 МЕ/кг, а для производителей – 3300 МЕ/кг. Большинству животных требуется от 100 до 200 МЕ витамина А на 1 кг массы тела в сутки.

В птицеводстве наиболее известными каротиноидами, обладающими активностью, подобной витамину А, являются α-каротин, β-каротин и криптоксантин. Содержание α-каротина и криптоксантина в провитаминах А примерно вдвое ниже, чем в β-каротине. Стрессовые ситуации, такие как высокие температуры, вирусные инфекции и другие заболевания, могут привести к снижению превращения каротина в витамин А. Кокцидиоз у цыплят не только разрушает витамин А в кишечнике, но и повреждает стенку кишечника, что приводит к нарушению всасывания витамина А и анорексии на долгий период. Недостаточность витамина А часто встречается у птиц, подвергшихся интенсивному заражению паразитами, при этом получающих достаточное количество витамина с кормом [9].

Согласно данным, которые были представлены F. Chen et al., включение в рацион витамина А в количестве 21 600 МЕ/кг при-

вело к повышению эффективности корма за счет увеличения соотношения количества яиц к количеству корма по сравнению с использованием 5400 МЕ/кг [6]. В свою очередь, K. S. Mendonsa et al. установили, что добавление витамина А в различных дозировках (5000, 10 000, 15 000, 20 000 и 25 000 МЕ/кг) в виде ретинолацетата в рацион белых кур породы Хайлайн на протяжении 15 нед. не оказало негативного влияния на потребление корма [13]. Lin H. Et al. продемонстрировали, что повышение уровня витамина А с 3000 до 9000 МЕ/кг в течение 35 сут привело к увеличению потребления корма несушками, испытывающими тепловой стресс [11].

Влияние витамина А на здоровье и продуктивность птицы. Витамин А представляет собой важнейший элемент, обеспечивающий нормальное функционирование организма домашней птицы, выполняя при этом множество разнообразных функций.

В процессе питания птица получает витамин А в виде ретиниловых эфиров с добавками. В пищеварительной системе эти ретиниловые эфиры подвергаются ферментативному гидролизу под воздействием ферментов поджелудочной железы, таких как эстеразы и липазы, в результате чего образуется свободный ретинол. В печени ретинол подвергается процессу этерификации, в ходе которого он соединяется с жирными кислотами, образуя эфиры ретинола. Эти этерифицированные формы витамина А накапливаются в звездчатых клетках печени и служат резервом для высвобождения эфиров ретинола в кровоток по мере необходимости.

В тканях-мишенях, таких как глаза, кожа, иммунная система и репродуктивные органы, ретиниловые эфиры гидролизуются обратно в ретинол. Этому процессу способствуют клеточные ферменты. Высвобождающийся ретинол может быть дополнительно метаболизирован в активную форму – ретиноевую кислоту. Она действует как лиганд для ядерных рецепторов, регулируя экспрессию генов, участвующих в различных физиологических процессах, таких как зрение, рост, размножение и иммунная функция.

Ретиноевая кислота (ATRA) играет важную роль в онтогенезе домашней птицы, стимулируя рост и развитие органов. Связываясь с рецепторами ретиноевой кислоты, ATRA активирует транскрипцию генов, обеспечивая правильную специализацию клеток и формирование органов. Ретиноевая кислота влияет на синтез и минерализацию костной ткани, регулируя экспрессию генов, связанных с ростом костей. Она стимулирует рост и созревание ворсинок кишечника, улучшая усвоение питательных веществ и пищеварение. ATRA участвует в развитии легких и выработке сурфактанта, способствуя газообмену.

Витамин А, особенно в форме ретиноевой кислоты, важен для поддержания иммунной системы домашней птицы. ATRA регулирует экспрессию генов, активируя гены лимфоцитов и дифференцируя Т-клетки, способствует созреванию В-клеток и выработке антител, укрепляет эпителиальные клетки, создавая физический барьер против патогенов. Она усиливает выработку противовоспалительного интерлейкина-10 и экспрессию антимикробных пептидов.

Антиоксиданты, в частности, витамин А, важны для здоровья птицы. Они нейтрализуют свободные радикалы, способные повредить клетки. Витамин А в форме ATRA поддерживает активность антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы (КАТ), усиливая транскрипцию генов СОД и КАТ. Это приводит к синтезу большего количества белков СОД и КАТ, нейтрализующих вредные активные формы кислорода. Повышение активности СОД и КАТ укрепляет антиоксидантную систему птицы, защищая белки, липиды и ДНК от повреждения, что способствует здоровью и благополучию птицы.

Витамин А также участвует в репродуктивных процессах, регулируя экспрессию генов через сигнальный путь ретиноевой кислоты. В репродуктивных органах она влияет на развитие семенников, яичников и яйцеводов, стимулируя выработку спермы и созревание сперматозоидов, а также оплодотворение яйцеклеток. Ретиноевая кислота также влияет на эмбриональное развитие птицы, контролируя экспрессию генов

в клеточной пролиферации, дифференцировке и морфогенезе, что важно для развития сердечно-сосудистой, нервной и репродуктивной систем.

Витамин А играет важную роль в зрении птиц, выполняя множество функций, необходимых для поддержания здоровья глаз. Одна из ключевых функций витамина А – обеспечение синтеза родопсина, светочувствительного пигмента, содержащегося в сетчатке. Родопсин необходим для зрения в условиях низкой освещенности. Кроме того, ретиноевая кислота, производная витамина А, способствует развитию и дифференцировке фоторецепторных клеток, что позволяет птицам эффективно воспринимать и обрабатывать визуальную информацию.

Таким образом, витамин А очень важен для птиц, поскольку выполняет множество функций в их организме.

Гиповитаминоз, выявление и лечение. Несколько ключевых факторов могут способствовать дефициту витамина А в рационе домашней птицы, и каждый из них имеет значение в выявлении причин и поиске эффективных решений.

Рецептура корма – основной фактор, вызывающий дефицит витамина А у домашней птицы. Если корм не содержит качественных источников переформированного витамина А, он не обеспечивает необходимый уровень этого вещества. Важно использовать наименее затратные методы составления рациона и включать в него стабильные и высоко биодоступные коммерческие источники витамина А для предотвращения дефицита.

Неправильное обращение и хранение премиксов и кормов для домашней птицы также может способствовать дефициту витамина А. Воздействие света, тепла и кислорода со временем приводит к деградации витаминов. Для поддержания оптимального уровня витамина А важно хранить премиксы и корма в прохладных, сухих и затемненных условиях. Регулярные проверки качества и своевременное пополнение запасов также необходимы. Термическая обработка корма имеет решающее значение для сохранения активности витамина А.

Биодоступность витамина А также важна. Ретинилацетат обычно выпускается в виде мелких твердых шариков, что влияет на стабильность и биодоступность продуктов на рынке. Опытные составители рецептур могут создавать высокостабильные продукты, выдерживающие сложные условия эксплуатации, но проблема заключается в высвобождении ретинилацетата в пищеварительной системе птицы. При избыточной стабильности биологическая ценность может снижаться. Поэтому важен баланс между стабильностью и биодоступностью, обеспечивающий способность продукта выдерживать суровые условия хранения и гранулирования в кормах, а также легкое высвобождение в кишечнике.

Гиповитаминоз А у домашней птицы может проявляться в виде различных клинических признаков и симптомов, указывающих на влияние, которое он оказывает на ее здоровье и продуктивность. При дефиците витамина А у домашней птицы замедляется рост и снижается эффективность использования корма. Это влияет на разные виды, включая кур, индеек, уток, гусей и японских перепелов. Витамин А важен для дифференциации клеток, восстановления тканей и синтеза белка, необходимых для роста [7]. В работе Z. Uni et al. было отмечено, что недостаток витамина А в рационе приводит к нарушению нормального роста цыплят, оказывая влияние на функциональность тонкого кишечника и вызывая изменения в пролиферации и созревании клеток слизистой оболочки [18].

Витамин А играет важнейшую роль в поддержании крепкой иммунной системы у домашней птицы. Его недостаток нарушает целостность и функции различных иммунных клеток, снижая их способность бороться с инфекциями и болезнями. Когда в рационе не хватает витамина А, он повреждает эпителий (поверхностный слой слизистых оболочек), облегчая проникновение бактерий в организм птицы [7].

Z. Leutskaya и D. Fais провели исследования *in vivo* и *in vitro*, показавшие зависимость количества антител у кур от витамина А в рационе. У кур, получавших высокую дозу витамина А (1000 МЕ ретинола паль-

митата в сут), в сыворотке крови было в 2–5 раз больше антител по сравнению с теми, кто его не получал. Введение дополнительной дозы витамина А (4000 МЕ ретинола пальмитата в сут) после повторной иммунизации антигеном Ascaridia еще больше повысило уровень антител, особенно при введении на 3-и сут. Эксперименты *in vitro* с клетками селезенки показали, что добавление ретинола пальмитата усиливает синтез антител. Введение ретинола пальмитата в клетки селезенки цыплят с дефицитом витамина А восстановило синтез антител до уровня контрольных клеток. Эти результаты свидетельствуют о роли витамина А в иммунном процессе, влияя на синтез иммуноглобулинов [10].

Одним из наиболее очевидных симптомов авитаминоза А у домашней птицы является ухудшение зрения. У птиц могут наблюдаться такие проблемы, как конъюнктивит, изъязвление роговицы и избыточное слезотечение. В наиболее тяжелых случаях может развиться слепота, что негативно сказывается на способности ориентироваться в пространстве и получать полноценное питание.

Витамин А играет ключевую роль в репродуктивных процессах домашней птицы, и его недостаток может иметь серьезные последствия [7]. Исследование J. N. Thompson et al. показало, что у петухов, получавших рацион с дефицитом витамина А, наблюдалось уменьшение размера яичек и дегенерация семенного эпителия. У кур-несушек, получавших рационы без витамина А в течение 32 нед., увеличивалось количество атретических фолликулов с кровоизлияниями и тяжелая дегенерация яичников, что приводило к снижению яйценоскости [17].

Согласно данным M. Maden et al., у эмбрионов перепелов, испытывающих недостаток витамина А, происходят серьезные нарушения центральной нервной системы. Отмечается эктопический апоптоз в двух областях: в мезенхиме на ранней стадии сомитов и в нейроэпителии заднего мозга на поздней стадии сомитов [12]. В исследовании S. B. Wolbach и D. M. Hegsted, где уткам давали корм с дефицитом витамина А, все птицы были парализованы в течение 10 сут. При вскрытии обнаружили грыжи головного мозга, подтвержденные гистологическим анализом [21].

Дефицит витамина А является серьезной проблемой в птицеводстве, поскольку он может оказывать пагубное влияние как на здоровье, так и на продуктивность птиц. Для решения этой проблемы можно использовать различные стратегии профилактики и лечения дефицита витамина А у домашней птицы.

Изменение рациона питания – спорный метод предотвращения дефицита витамина А у домашней птицы. Включение желтой кукурузы и люцерновой муки, являющихся источниками β-каротина, – один из методов. Обезвоженная люцерновая мука не рекомендуется для бройлеров из-за низкого содержания энергии и белка, но иногда используется у кур-несушек для улучшения цвета яичных желтков. Эффективность диетических изменений зависит от наличия и ценовой доступности кукурузы, люцерновой муки и кукурузного глютена [7].

Влияние кормовых добавок витамина А. В 1928 г. Грин и Меллани совершили революционное открытие, обнаружив важнейшую роль витамина А в регуляции иммунной системы. Это открытие привело к признанию витамина А «противоинфекционным витамином».

В исследовании D. Sklan et al. изучалось влияние витамина А на выработку антител и пролиферативный ответ Т-клеток у цыплят-бройлеров в возрасте от 21 до 39 сут. Наблюдалась реакция цыплят на два раздражителя: β-казеин и микобактерии туберкулеза, вводимые на 21-е сут после вылупления. Рационы включали в себя различные уровни витамина А с момента вылупления. Исследование показало, что иммунные реакции цыплят были наиболее благоприятны при уровне витамина А в пище около 20 000 МЕ/кг. При превышении этого порога иммунные реакции снижались. Для оптимального роста цыплят требовалось всего около 5000 МЕ/кг витамина А [14].

В исследовании Yu. Wang et al. цыплятам-бройлерам давали рацион с 5000 МЕ витамина А на кг корма с 1 по 21 сут после вылупления. У бройлеров, получавших ви-

тамин А, относительное соотношение фабрициевых сумок было выше, что указывает на улучшение иммунной функции. Витамин А имеет решающее значение в развитии фабрициевой сумки, особенно в эмбриональный период. Для оценки иммунного здоровья птиц индекс или соотношение иммунных органов рассчитывается как 100 % × масса иммунных органов / масса тела [19].

У домашней птицы окислительно-восстановительный дисбаланс возникает, когда выработка активных форм кислорода превышает способность организма их нейтрализовать. Это приводит к повреждению клеток и нарушению физиологических процессов. Активные формы кислорода (АФК) вырабатываются в процессе клеточного метаболизма, важны для сигнальных путей и защиты от патогенов.

Стресс негативно влияет на продуктивность и устойчивость птицы к болезням. Добавление 15 000 МЕ витамина А на кг корма птицам, подвергшимся тепловому стрессу, повышало продуктивность и снижало уровень малонового диальдегида, маркера перекисного окисления липидов, в сыворотке крови.

Ретинол обладает антиоксидантными свойствами благодаря полиеновому «хвосту» и изопреноидному «скелету», которые эффективно противодействуют тиильным радикалам и стабилизируют пероксильные радикалы. Однако при повышенном уровне кислорода ретинол может подвергаться автоокислению, поэтому его значение как антиоксиданта наиболее высоко при физиологическом уровне кислорода в тканях. Исследования показали, что ретиноевая кислота может усиливать антиоксидантные свойства митохондрий, активируя ген супероксиддисмутазы марганца – антиоксидантного фермента. Она также запускает аутофагию, клеточный ответ на недостаток питательных веществ, включающий расщепление органелл и устойчивых белков в лизосомах для поддержания клеточного баланса, развития тканей и защиты от агрегированных белков, поврежденных органелл и инфекционных агентов.

Витамин А влияет на репродуктивные процессы как у самцов, так и самок, а также на различные стадии эмбрионального развития. Ретиноевая кислота, являясь одним из ключевых регуляторов репродуктивной функции, влияет на развитие половых желез и половую дифференциацию [8].

В ходе двух экспериментов, проведенных H. Lin et al., в рацион кур-несушек, испытывающих тепловой стресс, были добавлены различные уровни витамина А: 3000, 6000, 9000 и 12 000 МЕ/кг корма. Результаты первого эксперимента показали, что яйценоскость значительно увеличилась при уровне добавок в 9000 МЕ по сравнению с 3000 МЕ/кг корма. Во втором эксперименте было отмечено значительное улучшение массы яиц при уровне добавок в 12 000 МЕ/кг [11].

M. E. Abd El-Haq et al. исследовали влияние пищевых добавок витамина А на продуктивность и качество яиц кур-несушек. Они изучили три уровня добавок: 0; 8000 и 16 000 МЕ/кг. Результаты показали, что добавление витамина А в рацион до 16 000 МЕ/кг значительно положительно повлияло на различные критерии репродуктивной эффективности, такие как число яиц, масса яиц и качество белка. Все эти показатели улучшились по сравнению с контрольной группой, получавшей 0 МЕ витамина А на кг корма [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что витамин А играет важную роль в репродуктивной функции домашней птицы, влияя на развитие половых желез, синтез гормонов и состояние тканей. Высокое содержание витамина А в рационе улучшает репродуктивные показатели у племенных и яйценоских кур. Однако избыток витамина А может быть вредным, что подчеркивает важность соблюдения оптимальной дозировки [8].

Гипервитаминоз. Гипервитаминоз А представляет собой состояние, которое может возникнуть у животных вследствие чрезмерного потребления ретинола. Несмотря на то что витамин А является необходимым элементом рациона, важно соблюдать баланс в его потреблении во избежание побочных эффектов.

Восприимчивость домашней птицы к гипервитаминозу А может зависеть от раз-

личных факторов, таких как порода, возраст, дозировка и форма витамина, способ и частота введения, а также факторы, влияющие на усвоение жирорастворимых витаминов. Высокие дозы витамина А могут негативно сказаться на физиологических функциях птиц [7].

В одном из исследований S. B. Wolbach и D. M. Hegsted добавляли витамин А в дозе 1 000 000 МЕ/кг корма для цыплят, что в 667 раз превышает последнюю оценку потребностей для растущих цыплят. Авторы сообщили о снижении потребления корма, замедлении роста и ухудшении развития костей у птиц в ответ на высокую дозировку в течение нескольких недель [20].

В двух исследованиях D. Sklan et al. было изучено влияние увеличения доз витамина А до 44 000 МЕ/кг корма после заражения на рост и выработку антител у цыплят-бройлеров и индеек. Исследование показало, что выработка антител и пролиферативный ответ Т-клеток достигают максимума примерно при 20 000 МЕ добавки витамина А. Однако, когда уровень добавок был дополнительно увеличен до 44 000 МЕ/кг корма, наблюдалось снижение этих параметров, что свидетельствует о колоколообразной реакции. Позже эти выводы были подтверждены Го и др. в их исследовании на бройлерах [15, 16].

Важно отметить, что негативное влияние гипервитаминоза А на физиологические функции домашней птицы обычно наблюдается при длительном воздействии на животных чрезмерно высоких уровней витамина. Такое чрезмерное потребление редко встречается при нормальных условиях кормления, поэтому для предотвращения развития гипервитаминоза А и поддержания оптимальных физиологических функций необходимо соблюдать правильный режим питания и регулярно контролировать уровень витамина А в рационе животных [7].

Заключение. На основании анализа литературных источников можно сделать вывод о том, что понимание значения витамина А для здоровья и продуктивности птицы является ключевым аспектом оптимизации методов птицеводства и предотвращения негативных последствий дефицита этого витамина.

Добавление витамина А в оптимальных концентрациях способствует росту, улучшению использования корма, повышению яйценоскости и улучшению качества яиц у домашней птицы. Кроме того, витамин А укрепляет иммунитет, улучшает выводимость и снижает частоту врожденных пороков развития. Благотворное влияние витамина А и его предшественников во многом зависит от дозы, продолжительности приема, породы птиц, качества продукта, дизайна эксперимента и других факторов окружающей среды.

Кроме того, исследования показали, что добавки витамина А могут улучшить репродуктивную функцию, антиоксидантную способность, рост и иммунитет домашней птицы. Рекомендации по применению витамина А могут быть полезны в практической деятельности. Необходимо обновить расчеты потребности в витамине А и норм его потребления, проведенных научными комитетами с учетом современных научных знаний о функциях витамина А, генетике и методах разведения домашней птицы. Будущие исследования должны быть направлены на изучение молекулярного механизма у различных видов домашней птицы и способствовать полному пониманию благотворного влияния витамина А на здоровье.

Список источников

1. *Кочиш И. И., Петраш М. Г., Смирнов С. Б.* Птицеводство. М.: КолосС, 2004. 407 с.
2. *Подобед Л. И., Кочиш И. И., Карпенко Л. Ю. и др.* Кормление птицы. Ч. 2. Оперативная диагностика нарушений кормления в птицеводстве и их профилактика. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. 262 с.
3. *Подобед Л. И., Кочиш И. И., Карпенко Л. Ю. и др.* Кормление сельскохозяйственной птицы: учебник для студентов. Т. 1. Ч. 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. 262 с. EDN SAPYXH.
4. *Топорова Л. В., Архипов А. В.* Практикум по кормлению животных. М.: КолосС, 2005. 358 с.

5. *Abd El-Haq M. E., Mahroz K., Askar A. A. et al.* Chaudhry. The effect of vitamin A and selenium in the diet on productivity, egg quality and some blood counts of laying hens in the hot season. Biological Trace Element Research. Berlin, 2017. Pp. 169–179.
6. *Chen F., Jiang Z., Jiang S. et al.* Vitamin A supplementation in the diet improved reproductive performance by regulating the expression of hormonal receptors, caspase-3 and Fas in the ovaries of broiler producers. Poultry Science Association Inc. Shampagne, 2016. Pp. 30–40.
7. *Eugene Shastak, Wolf Pelletier.* Studying the effect of vitamin A supplements on poultry nutrition: current knowledge, functional effects and practical recommendations. Taylor and Francis, Abington, 2023. 23 p.
8. *Eugene Shastak, Wolf Pelletier.* The need for a nutrient balance: assessment of the effect of vitamin A deficiency on poultry health and productivity. MDPI. Basel, 2023. Pp. 493–515.
9. *Khan R. U., Khan A., Naz Sh. et al.* The pros and cons of vitamin A and its precursors in the diet of birds for health and production: a detailed review. MDPI. Basel, 2023. 17 p.
10. *Leutskaya Z., Fais D.* Stimulation of antibody synthesis with vitamin A in chickens. Biochim Biophys Acta. Amsterdam. 1977. Pp. 207–216.
11. *Lin H., Wang L. F., Song J. L. et al.* The effect of additional vitamin A levels in the diet on egg production and the immune response of laying hens experiencing heat stress. Poultry Science. Gorgan, 2002. Pp. 458–465.
12. *Maden M., Graham A., Gale E. e al.* Positional apoptosis during the development of the vertebrate central nervous system in the absence of endogenous retinoids. Development. Cambridge, 1997. Pp. 2799–2805.
13. *Mendonsa K. S., Almeida K. R. M., Mori A. V. et al.* The effect of vitamin A in the diet on the level of retinol and tocopherol in egg yolk. Poultry Science Association Inc. Shampagne, 2002. Pp. 373–378.
14. *Sklan D.* Violation of the immune response of T-lymphocytes in rats and chickens suffering from vitamin deficiency. British Journal of Nutrition. Cambridge, 1989. Pp. 439–449.
15. *Sklan D., Melamed D., Friedman A.* The effect of different levels of vitamin A in the diet on the immune response in chickens. Poultry Science. Gorgan, 1994. Pp. 843–847.
16. *Sklan D., Melamed D., Friedman A.* The effect of different vitamin A levels on the immune response of turkey. British Poultry Science. Edinburgh, 1995. Pp. 385–392.
17. *Thompson J. N., Howell J. M., Pitt G. A. J. et al.* Biological activity of retinoic acid in poultry and the effect of vitamin A deficiency on chicken embryo. British Journal of Nutrition. Cambridge, 1969. 90 p.
18. *Uni Z., Seiger G., Gal-Garber O., Pines M. et al.* Vitamin A deficiency prevents the reproduction and maturation of cells in the small intestine of chickens. British Poultry Science, Manchester, 2010. Pp. 410–415.
19. *Wang Yu., Li L., Gou Z. et al.* The effect of maternal and dietary vitamin A on growth, meat quality, antioxidant status and immune function of broilers. Poultry Science. Gorgan, 2020. Pp. 3930–3940.
20. *Wolbach S. B., Hegsted D. M.* Hypervitaminosis A and the skeleton of growing chickens. AMA Arch Pathol. Northfield, 1952. 8 p.
21. *Wolbach S. B., Hegsted D. M.* Vitamin A deficiency in ducks. The growth of the skeleton and the central nervous system. AMA Arch Pathol. Northfield, 1952. 63 p.

References

1. Kochish I. I., Petrash M. G., Smirnov S. B. (2004) K 75 Poultry farming. M.: KolosS. 407 p. (In Russ.).
2. Podobed L. I., Kochish I. I., Karpenko L. Yu. et al. (2023) Feeding of poultry. Tom. Part 2. Operative diagnosis of feed disorders in poultry farming and their prevention. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. 262 p. (In Russ.).

3. Podobed L. I., Kochish I. I., Karpenko L. Yu. et al. (2023) Feeding of agricultural poultry: A textbook for students / Volume Part 1. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. 262 p. EDN SAPYXH (In Russ.).
4. Toporova L. V., Arkhipov A. V. (2005) Workshop on animal feeding. M.: KolosS. 358 p. (In Russ.).
5. Abd El-Haq M. E., Mahroz K., Askar A. A. et al. (2017) Chaudhry. The effect of vitamin A and selenium in the diet on productivity, egg quality and some blood counts of laying hens in the hot season. Biological Trace Element Research. Berlin. Pp. 169–179.
6. Chen F., Jiang Z., Jiang S. et al. (2016) Vitamin A supplementation in the diet improved reproductive performance by regulating the expression of hormonal receptors, caspase-3 and Fas in the ovaries of broiler producers. Poultry Science Association Inc. Shampagne. Pp. 30–40.
7. Eugene Shastak, Wolf Pelletier (2023) The need for a nutrient balance: assessment of the effect of vitamin A deficiency on poultry health and productivity. MDPI. Basel. Pp. 493–515.
8. Eugene Shastak, Wolf Pelletier (2023) Studying the effect of vitamin A supplements on poultry nutrition: current knowledge, functional effects and practical recommendations. Taylor and Francis, Abington. 23 p.
9. Khan R. U., Khan A., Naz Sh. et al. (2023) The pros and cons of vitamin A and its precursors in the diet of birds for health and production: a detailed review. MDPI. Basel. 17 p.
10. Leutskaya Z., Fais D. (1977) Stimulation of antibody synthesis with vitamin A in chickens. Biochim Biophys Acta. Amsterdam. Pp. 207–216.
11. Lin H., Wang L. F., Song J. L. et al. (2002) The effect of additional vitamin A levels in the diet on egg production and the immune response of laying hens experiencing heat stress. Poultry Science. Gorgan. Pp. 458–465.
12. Maden M., Graham A., Gale E. e al. (1997) Positional apoptosis during the development of the vertebrate central nervous system in the absence of endogenous retinoids. Development. Cambridge. Pp. 2799–2805.
13. Mendonsa K. S., Almeida K. R. M., Mori A. V. et al. (2002) The effect of vitamin A in the diet on the level of retinol and tocopherol in egg yolk. Poultry Science Association Inc. Shampagne. Pp. 373–378.
14. Sklan D. (1989) Violation of the immune response of T-lymphocytes in rats and chickens suffering from vitamin deficiency. British Journal of Nutrition. Cambridge. Pp. 439–449.
15. Sklan D., Melamed D., Friedman A. (1994) The effect of different levels of vitamin A in the diet on the immune response in chickens. Poultry Science. Gorgan. Pp. 843–847.
16. Sklan D., Melamed D., Friedman A. (1995) The effect of different vitamin A levels on the immune response of turkey. British Poultry Science. Edinburgh. Pp. 385–392.
17. Thompson J. N., Howell J. M., Pitt G. A. J. et al. (1969) Biological activity of retinoic acid in poultry and the effect of vitamin A deficiency on chicken embryo. British Journal of Nutrition. Cambridge. 90 p.
18. Uni Z., Seiger G., Gal-Garber O., Pines M. et al. (2010) Vitamin A deficiency prevents the reproduction and maturation of cells in the small intestine of chickens. British Poultry Science, Manchester. Pp. 410–415.
19. Wang Yu., Li L., Gou Z. et al. (2020) The effect of maternal and dietary vitamin A on growth, meat quality, antioxidant status and immune function of broilers. Poultry Science. Gorgan. Pp. 3930–3940.
20. Wolbach S. B., Hegsted D. M. (1952) Hypervitaminosis A and the skeleton of growing chickens. AMA Arch Pathol. Northfield. 8 p.
21. Wolbach S. B., Hegsted D. M. (1952) Vitamin A deficiency in ducks. The growth of the skeleton and the central nervous system. AMA Arch Pathol. Northfield. 63 p.

Информация об авторах:

К. Н. НИКОЛАЕВ – студент факультета ветеринарной медицины;

И. Г. РЯЗАНОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры [illegible] и птицеводства имени А. К. Даниловой;
Е. А. КАПИТОНОВА – доктор биологических наук, доцент.

Information about the authors:
K. N. NIKOLAEV – Student of the Faculty of Veterinary Medicine;
I. G. RYAZANOV – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Hygiene and Poultry Breeding named after A. K. Danilova;
E. A. KAPITONOVA – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:
Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Contribution of the authors:
The authors contributed equally to this article.
The authors declare that there are no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 22.12.2024; одобрена после рецензирования 27.12.2024; принята к публикации 01.01.2025.
The article was submitted 22.12.2024; approved after reviewing 27.12.2024; accepted for publication 01.01.2025.

Научная статья
УДК 619:616.996.2-088
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502114

Оценка эффективности препарата на основе фенилперазола и пиретроидов при энтомозах и чесотках у кошек

Ирина Игоревна Цепилова[1], Светлана Александровна Шемякова[2], Андрей Петрович Коновалов[3]

[1, 2] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия
[3] Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия
[1] irenka_c_1987@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7230-6215;
[2] sveta11@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3697-3715;
[3] andrei171283@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7501-9529

Автор, ответственный за переписку:
Светлана Александровна Шемякова, sveta11@mail.ru

Аннотация

В статье приведены данные о серии опытов по изучению эффективности нового отечественного препарата на основе фенилперазола и перитроидов при ушной и зудневой чесотках, а также при афаниптерозе и феликолезе у кошек. Для этого были сформированы опытные и контрольные группы животных по принципу аналогов с подтвержденными вышеперечисленными диагнозами. Доказано, что при использовании препарата двукратно в дозе 0,5 мл (4 нажатия) на 1 кг живой массы с интервалом 10 сут для лечения отодектоза и нотоэдроза (направляли факел аэрозоля на места поражения) выявлено акарицидное действие, так как на 14-е и 28-е сут наличия клещей в соскобах кожи с внутренней поверхности ушных раковин и на 28-е сут на поверхности тела не обнаружено.

Инсектицидное действие препарата в отношении блох *C. cati* наступило на 2-е сут и длилось в течение 42 сут, при котором КОД был выше 70 %, аналогично и в отношении волосовиков *F. subrostratus* и длилось в течение 49 сут, при котором КОД был выше 100 %.

Стоит отметить, что при использовании препарата у кошек из опытной группы отклонения от физиологической нормы отсутствовали: не было диагностировано алопеций, аллергической реакции в виде зуда и раздражения, ухудшения общего состояния.

Ключевые слова: кошки, чесоточные клещи, блохи, волосовики, акарицидное и инсектицидное действие, спрей

Для цитирования: *Цепилова И. И., Шемякова С. А., Коновалов А. П.* Оценка эффективности препарата на основе фенилперазола и пиретроидов при энтомозах и чесотках у кошек // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 134–142. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502114

© Цепилова И. И., Шемякова С. А., Коновалов А. П.. 2025

Original article

Evaluation of the effectiveness of a drug based on phenylperazole and pyrethroids for entomosis and scabies in cats

Irina I. Tsepilova[1], Svetlana A. Shemyakova[2], Andrey P. Konovalov[3]

[1, 2] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin MBA, Moscow, Russia

[3] Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

[1] irenka_c_1987@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7230-6215;

[2] sveta11@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3697-3715;

[3] andrei171283@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7501-9529;

Corresponding author:
Svetlana A. Shemyakova, sveta11@mail.ru

Abstract

The article presents data on a series of experiments to study the effectiveness of a new domestic drug based on phenylperazole and pyrethroids for ear and scabies, as well as for afanipterosis and felicolosis in cats. For this purpose, experimental and control groups of animals were formed based on the principle of analogs with confirmed diagnoses listed above. It has been proven that when using the drug twice at a dose of 0.5 ml (4 presses) per 1 kg of live weight with an interval of 10 days for the treatment of otodectosis and notoedrosis (the aerosol torch was directed at the affected areas), an acaricidal effect was revealed, since on the 14th and 28th days the presence of mites in skin scrapings from the inner surface of the auricles and on the 28th day on the surface of the body was not detected.

The insecticidal effect of the preparation against fleas *C. cati* began on the 2nd day and lasted for 42 days, during which the COP was above 70 %, similarly against hairworms *F. subrostratus* and lasted for 49 days, during which the COP was above 100 %.

It is worth noting that when using the preparation in cats from the experimental group, there were no deviations from the physiological norm - alopecia, allergic reactions in the form of itching and irritation, or deterioration of the general condition were not diagnosed.

Keywords: cats, scabies mites, fleas, hair mites, acaricidal and insecticidal action, spray

For citation: Tsepilova I. I., Shemyakova S. A., Konovalov A. P. (2025) Evaluation of the effectiveness of a drug based on phenylperazole and pyrethroids for entomosis and scabies in cats. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 134–142. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502114

Введение. Болезни мелких домашних животных, вызванные насекомыми и акариформными или чесоточными клещами, широко регистрируются на территории России [1, 5, 14]. У животных (особенно у молодых особей) при паразитировании клещей и насекомых снижается иммунитет, замедляется рост и развитие, Это, в свою очередь, увеличивает риск заражения опасными заболеваниями, такими как парвовирусный энтерит у собак [2, 6].

Отодектоз (или ушная чесотка) – одно из самых распространенных заболеваний собак и кошек, причиняющее вред их здоровью. Помимо основного клинического признака – зуда, на внутренней поверхности ушной раковины и в слуховом канале развивается воспалительный процесс, который

осложняется присоединением секундарной бактериальной инфекции, вызванной *Staphylococcus aureus*, в связи с чем болезнь может заканчиваться летально вследствие гнойного отита и менингита [8].

Кроме ушной чесотки, у кошек достаточно часто диагностируют нотоэдроз, как в очаговой, так и в генерализованной формах поражения кожи, причем последняя протекает с признаками гипертермии, тахикардии и тахипноэ, снижением упитанности, отсутствием аппетита, обширными алопециями с толстыми корками и интенсивным зудом [7].

Мировая и отечественная ветеринарная наука предложила для борьбы с эктопаразитозами домашних плотоядных серию противопаразитарных препаратов, которые выпускают в различных формах: ошейники, капли на холку, инъекции и др. По различным объективным причинам данные формы не всегда находят должное применение и использование, что вызывает необходимость искать все более совершенные средства лечения и профилактики [3, 5, 10, 12, 13].

Цель исследования. Изучение эффективности современного отечественного препарата в виде спрея на основе фенилперазола и пиретроидов в отношении наиболее распространенных эктопаразитов кошек.

Материалы и методы. Для изучения акарицидного и инсектицидного действий нового отечественного препарата в виде спрея в частном приюте для домашних животных, расположенном в Московской области, были сформированы опытные и контрольные группы животных.

Акарицидную эффективность в отношении ушного клеща определяли на спонтанно зараженных животных в параллельных группах: 1-я группа – опыт (исследуемый препарат), 2-я группа – контрольная (препарат не применяли).

На 2-е, 14-е и 28-е сут проводили клинический осмотр всех животных, отоскопию и исследование соскобов.

1-я опытная группа (n=5) – беспородные кошки в возрасте 3–11 лет, живой массой 2,5–3 кг, спонтанно инвазированные *Otodectos cynotis*. Кошкам данной группы препарат применяли двукратно из расчета 0,5 мл (4 нажатия) на 1 кг живой массы с интервалом 10 сут для лечения отодектоза (направляли факел аэрозоля на внутреннюю поверхность ушной раковины).

Контрольная группа (n=5) – беспородные кошки в возрасте 3–11 лет, живой массой 2,5–3 кг, спонтанно инвазированные *O. cynotis*. Лечения не проводили.

Для изучения акарицидной эффективности в отношении зудневого клеща *Notoedres cati* также были сформированы две группы: 1-я опытная группа (n=5) – беспородные кошки в возрасте 3–11 лет, живой массой 2,5–3 кг, спонтанно инвазированные *Notoedres cati*. Препарат наносили двукратно с интервалом в 10 сут из расчета 0,5 мл (4 нажатия) на 1 кг живой массы местно, на пораженную кожу.

Контрольная группа (n=5), сформированная по принципу аналогов, лечения не получала.

На 1-е и 28-е сут проводили клинический осмотр всех животных и исследование соскобов.

При изучении инсектицидной активности в отношении блох вида *Ctenocephalides canis* и волосовиков *Felicola subrostratus* также были сформированы опытная и контрольная группы беспородных кошек, по 10 гол. в каждой, в возрасте 5–12 лет, живой массой 2–3 кг, спонтанно инвазированых энтомозами. Кошкам опытной группы наносили спрей однократно из расчета 0,5 мл (4 нажатия) на 1 кг живой массы, нажимая на распылительную головку, направляя факел аэрозоля на шерстный покров животного с расстояния 25–30 см. Контрольную группу животных обработке не подвергали. После обработки проводили исследования на афаниптероз и феликолез на 1/0, 2, 7, 14, 21, 28 сут, затем каждые 10 сут до появления эктопаразитов.

Диагноз на отодектоз, нотоэдроз, афаниптероз и феликолез устанавливали комплексно по общепринятым методикам [9, 11].

Эффективность акарицидного действия в отношении чесоточных клещей рассчитывали по формуле:

$$Эффективность\ (\%) = 100 \times (Gc - Go)/Gc, \quad (1)$$

где Gc – среднее арифметическое или геометрическое число живых клещей у животных

в группе отрицательного контроля (группа 1 – плацебо);

Go – среднее арифметическое или геометрическое число живых клещей у животных в опытной группе.

Расчет эффективности при энтомозах проводили по отсутствию живых насекомых и по формуле:

$$Процентное\ снижение\ числа\ живых\ насекомых = 100 \times (Mc - Mo) / Mc, \quad (2)$$

где *Mc* – среднее число живых насекомых у животных контрольной группы;

Mo – среднее число живых насекомых у животных в опытных группах.

Величину репеллентного действия препарата определяли по показателю КОД:

$$КОД = \frac{A-B}{A} x100\%, \quad (3)$$

где *A* – число насекомых в контроле за определенный промежуток времени;

B – число насекомых в опыте за определенный промежуток времени;

100 – коэффициент, используемый при вычислении процентного соотношения.

Экстенсивность инвазии (ЭИ) определяли по формуле:

$$ЭИ = И \times 100 / Σж., \quad (4)$$

где *И* – инвазированные;

Σж. – число животных в группе.

Индекс обилия (ИО) определяли по формуле:

$$ИО = Σкл. / Σж., \quad (5)$$

где *Σкл.* – общее число клещей;

Σж – общее число животных.

Результаты исследований и обсуждение. По результатам исследований, проведенных по оценке акарицидной эффективности в отношении *O. cynotis*, наблюдалось достоверное снижение индекса обилия чесоточных клещей в опытной группе уже на 2-е сут после обработки – 2,1±0,12 экз./гол. При этом экстенсивность инвазии составила 60 %. Наблюдалось незначительное загрязнение внутреннего слухового прохода серой и крошковидными корками. Через 14 и 28 сут ушных клещей в соскобах кожи с внутренней поверхности ушных раковин от кошек из опытной группы обнаружено не было. Также стоит отметить, что отсутствовало загрязнение внутреннего слухового прохода серой и крошковидными корками. Данные исследований соскобов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Акарицидное действие препарата на основе фенилперазола и пиретроидов в виде спрея против *O. cynotis*

Период учета, сут	Опытная группа (n=5)		Контрольная группа (n=5)	
	ЭИ, %	ИО, экз./гол.	ЭИ, %	ИО, экз./гол.
До обработки	100	9,7±1,06	100	9,4±0,66
Через 2	60	2,1±0,12*	100	11,0±2,05
Через 14	0	0,0±0,00*	100	9,8±1,77
Через 28	0	0.0±0.00*	100	11,3±1.67

Примечание: p – уровень достоверности показателей относительно контроля: * – p≤0,05; ЭИ – экстенсивность инвазии; ИО – индекс обилия.

Все животные из контрольной группы сохраняли на протяжении всего опыта (28 сут) высокую экстенсивность инвазии (ЭИ=100 %) при индексе обилия 9,4–11,3 экз./гол., а при отоскопии визуализировалось загрязнение ушного канала серой и крошковидными корками.

Аналогичное акарицидному действие препарата было выявлено в отношении зудневого клеща *N. cati* (табл. 2).

По результатам исследований, представленным в табл. 2, можно отметить, что при исследовании соскобов с пораженных поверхностей кожи морды на 28-е сут чесоточных клещей и их яиц не идентифицировано, а у кошек контрольной группы визуализировались такие же патологические процессы, что и до начала эксперимента, ЭИ=100 % при ИО=11,9 экз./гол.

Таким образом, новый отечественный препарат в виде спрея обладает выраженным акарицидным действием в отношении чесоточных клещей родов *Otodectos* и *Notoedres*.

Для определения инсектицидной эффективности препарата при афаниптерозе проводили клинический осмотр на наличие взрослых насекомых до обработки препаратом и на 2-е, 7-е, 14-е, 21-е, 28-е сут, затем каждые 7 сут до появления эктопаразитов. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Таблица 2

Акарицидное действие препарата на основе фенилперазола и пиретроидов в виде спрея против зудневого клеща *N. cati*

Период учета	Опытная группа (n=5)		Контрольная группа (n=5)	
	ЭИ, %	ИО, экз./гол.	ЭИ, %	ИО, экз./гол.
До обработки	100	9,7±0,24	100	10,7±1,47
Через 28 сут	0	0,0±0,00*	100	11,9±1,57

Примечание: p – уровень достоверности показателей относительно контроля: * – p≤0,05; ЭИ – экстенсивность инвазии; ИО – индекс обилия.

Таблица 3

Инсектицидное действие препарата на основе фенилперазола и пиретроидов в виде спрея против против *C. cati* у кошек

Период учета, сут	Опытная группа (n=10)		Контрольная группа (n=10)		КОД, %
	ЭИ, %	ИО, экз./гол.	ЭИ, %	ИО, экз./гол.	
До обработки	100	24,4±1,77	100	22,8±1,99	-
Через 2	60	3,1±0,04*	100	21,1±1,34	85,7
Через 7	0	0,0±0,00*	100	25,5±2,22	100
Через 14	0	0,0±0,00*	100	19,6±1,89	100
Через 21	0	0,0±0,00*	100	23,4±3,01	100
Через 28	0	0,0±0,00*	100	16,5±1,17	100
Через 35	0	0,0±0,00*	100	21,0±1,88	100
Через 42	30	5,3±0,47*	100	26,4±3,13	80,8
Через 49	70	15,9±3,67	100	20,9±2,99	25

Примечание: p – уровень достоверности показателей относительно контроля: * – p≤0,05; ЭИ – экстенсивность инвазии; ИО – индекс обилия; КОД – коэффициент отпугивающего действия.

Как видно из данных табл. 3, наблюдается достоверное снижение индекса обилия блох в опытной группе уже на 2-е сут после обработки – 3,1±0,04 экз./гол. При этом экстенсивность инвазии составила 60 % и КОД 85,7 %. На 7-е, 14-е, 21-е, 28-е и 35-е сут наличия насекомых и продуктов их жизнедеятельности на теле кошек обнаружено не было, КОД составил 100 %.

На 42-е сут после обработки у 30 % кошек из опытной группы обнаружены *C. cati* при индексе обилия 5,3±0,47 экз./гол. и КОД 80,8 %, а на 49-е сут насекомые были обнаружены у 70 % животных при ИО=15,9±3,67 экз./гол. и КОД 25 %.

Все контрольные животные сохраняли на протяжении всего опыта (49 сут) высокую экстенсивность инвазии (ЭИ=100 %) при индексе обилия 16,5–26,4 экз./гол.

Таким образом, инсектицидное действие препарата в отношении блох наступило на 2-е сут и длилось в течение 42 сут, при котором КОД был выше 70 %.

Для определения инсектицидного действия в отношении *F. subrostratus* кошек осматривали аналогично вышеописанному эксперименту по изучению эффективности препарата при афаниптерозе. Данные представлены в табл. 4.

Как видно из данных табл. 4, наблюдается достоверное снижение индекса обилия волосовиков в опытной группе уже на 2-е сут после обработки – 4,6±0,25 экз./гол. При этом экстенсивность инвазии состави-

ла 10 %, КОД – 80,9 %. На 7-е, 14-е, 21-е, 28-е, 35-е, 42-е и 49-е сут наличия насекомых и их яиц на теле кошек обнаружено не было, КОД составил 100 %.

Таблица 4

Инсектицидное действие препарата на основе фенилпиразола и пиретроидов в виде спрея против против *F. subrostratus* у кошек

Период учета, сут	Опытная группа (n=10)		Контрольная группа (n=10)		КОД, %
	ЭИ, %	ИО, экз./гол.	ЭИ, %	ИО, экз./гол.	
До обработки	100	31,4±3,44	100	28,8±3,14	–
Через 2	10	4,6±0,25*	100	21,1±1.34	80,9
Через 7	0	0,0±0,00*	100	27,5±3,09	100
Через 14	0	0,0±0,00*	100	27,6±3,99	100
Через 21	0	0,0±0,00*	100	23,6±3,23	100
Через 28	0	0,0±0,00*	100	26,5±2,91	100
Через 35	0	0,0±0,00*	100	26,1±4,01	100
Через 42	0	0,0±0,00*	100	22,4±2,73	100
Через 49	0	0,0±0,00*	100	24,6±1,94	100

Примечание: p – уровень достоверности показателей относительно контроля: * – $p \leq 0,05$; ЭИ – экстенсивность инвазии; ИО – индекс обилия; КОД – коэффициент отпугивающего действия.

Все контрольные животные сохраняли на протяжении всего опыта (49 сут) высокую экстенсивность инвазии (ЭИ=100 %) при индексе обилия 22,4–28,8 экз./гол.

Таким образом, инсектицидное действие препарата в отношении волосовиков наступило на 2-е сут и длилось в течение 49 сут, при котором КОД был выше 100 %, т.е. кошки из опытной группы выздоровели после проведенного лечения.

Выводы. Новый отечественный препарат на основе фенилпиразола и пиретроидов в виде спрея обладает выраженным акарицидным действием в отношении чесоточных клещей вида *O. cynotis* (поскольку на 14-е и 28-е сут наличия клещей в соскобах кожи с внутренней поверхности ушных раковин от кошек из опытной группы обнаружено не было, отсутствовало загрязнение внутреннего слухового прохода серой и крошковидными корками), а также клещей вида *N. cati* (у пролеченных кошек отсутствовал зуд, на пораженной коже корочки практически отпали, что свидетельствует о регенерации кожного покрова).

Инсектицидное действие препарата в отношении блох *C. cati* наступило на 2-е сут и длилось в течение 42 сут, при котором КОД был выше 70 %. Аналогично и в отношении волосовиков *F. subrostratus* и длилось в течение 49 сут, при котором КОД был выше 100 %.

Стоит отметить, что при использовании препарата у кошек из опытной группы отклонения от физиологической нормы отсутствовали: не было диагностировано алопеций, аллергической реакции в виде зуда и раздражения, ухудшения общего состояний. Таким образом, новый отечественный препарат в виде спрея в дозировке 0,5 мл (4 нажатия) на 1 кг живой массы обладает выраженными акарицидным и инсектицидным действиями и может применяться в соответствии с инструкцией для лечения чесоточных болезней и энтомозов у кошек.

Список источников

1. *Арисов М. В., Белых П. П., Арисова Г. Б.* «Инсектал ошейник» – эффективное средство борьбы с распространенными энтомозами и иксодидозами собак и кошек // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2016. № 3. С. 56–59.
2. *Василевич Ф. И., Давыдова О. Е., Есаулова Н. В.* Распространение дерматитов паразитарного происхождения среди собак и кошек Московского региона // Ветеринария. 2023. № 6. С. 32–36.

3. *Гизатуллина Ф. Г. и др.* Сравнительная эффективность акарицидных препаратов при отодектозе кошек // АПК России. 2020. Т. 27. № 4. С. 665–673.
4. *Енгашев С. В., Енгашева Е. С., Новак М. Д.* Эффективность лекарственного препарата «ИВЕРСАН®» при паразитарных болезнях сельскохозяйственных животных // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 7. С. 25–33.
5. *Енгашева Е. С., Сальникова О. Г., Бирюкова Н. П.* Инсектоакарицидная активность препарата инсектоакарицидные капли «Барс®» форте для кошек // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2015. № 16. С. 140–143.
6. *Иванюк В. П., Лаптев С. В., Бобкова Г. Н.* Некоторые аспекты эпизоотологии, патогенеза и лечения парвовирусного энтерита собак // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 5. С. 51–59.
7. *Ковальчук С. Д.* Клинико-биохимические особенности нотоэдроза кошек // Аграрные конференции. 2019. № 3(15). С. 11–18.
8. *Костылева О. А.* Стафилококкозы собак и кошек, сопутствующие проявлению отодектоза // Ветеринарная патология. 2007. № 3(22). С. 82–84.
9. *Павлов С. А.* Диагностика и лечение отодектоза у кошек // Известия Коми научного центра УрО РАН Серия «Сельскохозяйственные науки». 2021. № 1 (47). С. 65–67.
10. *Степанова И. А., Семенова Н. В., Арисова Г. Б.* Изучение эффективности комплексного инсектоакарицидного препарата «РольфКлуб 3D шампунь» при лечении эктопаразитозов собак и кошек // Российский паразитологический журнал. 2019. Т. 13, №1. С. 75–79.
11. *Тимофеев Б. А., Макаров В. В.* Кожные паразитарные болезни собак // Ветеринарная патология. 2006. № 3 (18). С. 37–44.
12. *Цепилова И. И., Шемякова С. А., Болатчиев К. Х.* Сравнительная эффективность двух противопаразитарных препаратов при иксодидозах собак // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 4. С. 129–135.
13. *Цепилова И. И., Шемякова С. А., Есаулова Н. В.* Инсектоакарицидная эффективность современного отечественного антипаразитарного препарата OKVET® EXPRESSTABS® // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 2. С. 163–171.
14. *Чуднова Е. М., Воронцова А. А.* Лечение отодектоза у кошек // Электронный научный журнал. 2017. № 4–1(19). С. 112–113.

References

1. Arisov M. V., Belykh P. P. and Arisova G. B. (2016) «Insektal collar» – an effective means of combating common entomoses and ixodidosis of dogs and cats. *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 3, pp. 56–59 (In Russ.).
2. Vasilevich F. I., Davydova O. E., Esaulova N. V. (2023) Spread of dermatitis of parasitic origin among dogs and cats of the Moscow region. *Veterinary medicine*, no. 6, pp. 32–36 (In Russ.).
3. Gizatullina F. G., Rybyanova J. S., Sirenko S. V. et al. (2020) Comparative effectiveness of acaricidal drugs in cat otodectosis. *Agro-industrial complex of Russia*, vol. 27, no. 4, pp. 665–673 (In Russ.).
4. Engashev S. V., Engasheva E. S., Novak M. D. (2023) Efficacy of the drug «IVERSAN®» for parasitic diseases of farm animals. *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 7, pp. 25–33 (In Russ.).
5. Engasheva E. S., Salnikova O. G., Biryukova N. P. (2015) Insecticidal activity of the drug insecticidal drops "Bars®" forte for cats. *Theory and practice of combating parasitic diseases*, no. 16, pp. 140–143. (In Russ.).
6. Ivanyuk V. P., Laptev S. V., Bobkova G. N. (2023) Some aspects of epizootology, pathogenesis and treatment of canine parvovirus enteritis. *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 5, pp. 51–59 (In Russ.).
7. Kovalchuk S. D. (2019) Clinical and biochemical features of notoedrosis in cats. *Agricultural conferences*, no. 3 (15), pp. 11–18 (In Russ.).

8. Kostyleva O. A. (2007) Staphylococcosis of dogs and cats, accompanying the manifestation of otodectosis. *Veterinary pathology*, no. 3 (22), pp. 82–84 (In Russ.).
9. Pavlov S. A. (2021) Diagnosis and treatment of otodectosis in cats. *Izvestiya Komi nauchnogo centra Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Series "Agricultural Sciences"*, no. 1 (47), pp. 65–67 (In Russ.).
10. Stepanova I. A., Semenova N. V., Arisova G. B. (2019) Studying the effectiveness of the complex insecticidal drug RolfClub 3D shampoo in the treatment of ectoparasitosis of dogs and cats. *Russian Journal of Parasitology*, vol. 13, no. 1, pp. 75–79 (In Russ.).
11. Timofeev B. A. and Makarov V. V. (2006) Skin parasitic diseases of dogs. *Veterinary pathology*, no. 3 (18), pp. 37–44 (In Russ.).
12. Tsepilova I. I., Shemyakova S. A., Bolatchiev K. Kh. (2024) Comparative effectiveness of two antiparasitic drugs for ixodidosis in dogs. *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 4, pp. 129–135 (In Russ.).
13. Tsepilova I. I., Shemyakova S. A., Esaulova N. V. (2024) Insectoacaricidal effectiveness of the modern domestic antiparasitic drug OKVET® EXPRESSTABS®. *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 2, pp. 163–171 (In Russ.).
14. Chudnova E. M., Vorontsova A. A. (2017) Treatment of otodectosis in cats. *Electronic scientific journal*, no. 4-1 (19), pp. 112–113 (In Russ.).

Информация об авторах:

И. И. ЦЕПИЛОВА – кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы;

С. А. ШЕМЯКОВА – доктор ветеринарных наук, доцент, профессор доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы;

А. П. КОНОВАЛОВ – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии.

Information about the authors:

I. I. TSEPILOVA – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Expertise;

S. A. SHEMYAKOVA – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Professor Associate Professor of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Expertise;

A. P. KONOVALOV – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Zoology.

Вклад авторов:

ЦЕПИЛОВА И. И. – развитие методологии; обзор исследований по проблеме; проведение критического анализа материалов и формирование выводов;

ШЕМЯКОВА С. А. – развитие методологии; проведение критического анализа материалов;

КОНОВАЛОВ А. П. – проведение критического анализа материалов и формирование выводов.

Contribution of the authors:

TSEPILOVA I. I. – development of methodology; review of research on the problem; conducting a critical analysis of materials and drawing conclusions;

SHEMYAKOVA S. A. – development of methodology; conducting a critical analysis of materials;

KONOVALOV A. P. – conducting a critical analysis of materials and drawing conclusions.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.12.2024; одобрена после рецензирования 28.12.2024; принята к публикации 02.01.2025.
The article was submitted 23.12.2024; approved after reviewing 28.12.2024; accepted for publication 02.01.2025.

Научная статья
УДК 639.3.09
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502115

Эффективность препарата «Сальмогир®» при дактилогирозе карпов

Павел Антонович Сорокин[1], Сергей Владимирович Енгашев[2], Маргарита Николаевна Гончарова[3], Михаил Михайлович Никульников[4], Мария Валерьевна Корсакова[5]

[2] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

[1, 2, 3, 4, 5] Научно-внедренческий центр «Агроветзащита», Москва, Россия

[1] pavel.sorokin1999@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-0948-4545;
[2] admin@vetmag.ru, http://orcid.org/0000-0002-7230-0374;
[3] goncharova-margo@list.ru, http://orcid.org/0009-0008-5025-884X;
[4] nikulnikov.m@vetmag.ru, http://orcid.org/0009-0007-8976-5067;
[5] korsakova.m@vetmag.ru, http://orcid.org/ 0009-0008-4010-8661

Автор, ответственный за переписку:
Павел Антонович Сорокин, pavel.sorokin1999@mail.ru

Аннотация

Карп остается одним из основных выращиваемых видов рыб в аквакультуре России. Однако фактором, тормозящим рост производства продукции карповодства, является наличие паразитарных заболеваний. Дактилогироз занимает одно из лидирующих положений среди паразитарных заболеваний карпов. Вызывающие его моногенеи обычно обладают выраженной специфичностью, строго приурочены к определенным видам или родам рыб и способны вызывать их массовую гибель. В связи с этим проведена сравнительная эффективность при разных температурных режимах нового препарата «САЛЬМОГИР®», действующим веществом которого является празиквантел, при дактилогирозе карпа.

Препарат применяли в дозах 0,1 и 0,2 мл/л в течение 24 ч при температуре воды 6–8, 10–12 и 18–20 °С. Выявлена зависимость эффективности обработки препаратом при дактилогирозе карпов от температуры воды. Установлено, что препарат оказывает наибольшую эффективность при температуре воды 18–20 °С в дозе 0,2 мл/л. Во время проведения опыта побочных эффектов от воздействия препарата у карпов ни в одной из групп не выявлено.

Дополнительно выяснено, что водный раствор препарата «САЛЬМОГИР®» стабилен в течение 24 ч. Хроматографирование проводили согласно разработанной и отвалидированной методике.

Ключевые слова: празиквантел, карп, эффективность, дактилогироз, «Сальмогир®», температура

Финансирование: исследования выполнены в рамках проведения доклинических исследований лекарственного препарата для ветеринарного применения «Сальмогир®».

Для цитирования: *Сорокин П. А., Енгашев С. В., Гончарова М. Н. и др.* Эффективность препарата «Сальмогир®» при дактилогирозе карпов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 2. С. 143–148. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502115

© Сорокин П. А., Енгашев С. В., Гончарова М. Н., Никульников М. М., Корсакова М. В., 2025

Original article

Effectiveness of the drug «Salmogyr®» in dactylogyrosis of carp

Pavel A. Sorokin[1], Sergey V. Engashev[2], Margarita N. Goncharova[3], Michael M. Nikulnikov[4], Maria V. Korsakova[5]

[1, 2] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

[1, 2, 3, 4, 5] LLC AVZ Animal Health, Russia, Moscow

[1] pavel.sorokin1999@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-0948-4545;
[2]admin@vetmag.ru, http://orcid.org/0000-0002-7230-0374;
[3] goncharova-margo@list.ru, http://orcid.org/0009-0008-5025-884X;
[4] nikulnikov.m@vetmag.ru, http://orcid.org/0009-0007-8976-5067;
[5] korsakova.m@vetmag.ru, http://orcid.org/ 0009-0008-4010-8661

Corresponding author:
Pavel A. Sorokin, pavel.sorokin1999@mail.ru

Abstract

Carp remains one of the main farmed fish species in Russian aquaculture. However, the factor inhibiting the growth of carp production is the presence of parasitic diseases. Dactylogyrosis occupies one of the leading positions among parasitic diseases of carp. The monogeneae causing it usually have a pronounced specificity, are strictly confined to certain species or genera of fish and are capable of causing their mass death. In this regard, the comparative effectiveness of the new drug SALMOGIR®, the active ingredient of which is praziquantel, in carp dactylogyrosis was carried out under different temperature conditions.

The drug was used in doses of 0.1 ml/l and 0.2 ml/l for 24 hours at a water temperature of 6–8, 10–12 and 18–20 °C. The dependence of the effectiveness of treatment with the drug in carp dactylogyrosis on the water temperature was revealed. It was found that the drug has the greatest effectiveness at a water temperature of 18–20 °C at a dose of 0.2 ml/l. During the experiment, no side effects from exposure to the drug were detected in carp in any of the groups.

Additionally, it was found that the aqueous solution of SALMOGIR® is stable for 24 hours. Chromatography was performed according to the developed and validated method.

Keywords: praziquantel, carp, efficiency, dactylogyrosis, Salmogir®, temperature

Financial Support: the studies were carried out as part of preclinical studies of the veterinary drug Salmogir®

For citation: Sorokin P. A., Engashev S. V., Goncharova M. N. et al. (2025) Effectiveness of the drug Salmogyr® in dactylogyrosis of carp. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya.* 2025. № 2. Pp. 143–148. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502115

Введение. Дактилогироз, вызываемый моногенетическими сосальщиками рода *Dactylogyrus* (рис.), является распространенным заболеванием пресноводных рыб, в основном карповидных [4].

Паразиты поражают преимущественно жаберный аппарат, приводя к атрофии жаберных лепестков, некрозу тканей, анемии, замедлению роста и развития рыб, а также к их гибели, которая иногда достигает 60–70 % [3].

В литературных источниках описано множество моногеней данного рода (более 200), однако не все из них имеют эпизоотическое значение [2].

Наиболее опасным для молоди карпа является *Dactylogyrus vastator* – теплолюбивый паразит, способный вызывать массовую гибель мальков. Более холодолюбивым является *Dactylogyrus extensus*, однако значительного ущерба при его паразитировании, как правило, не наблюдается [2].

По данным ученых, мальки массой до 0,2 г погибают от 20–40 паразитов; мальки массой 0,2–0,3 г – от 60–80 моногеней; 140–160 дактилогирусов губительны для мальков массой 0,75–1,5 г и длинной 3,5–4,0 см [9].

В настоящее время в нашей стране выбор эффективных средств для борьбы с дактилогирозом весьма ограничен. Рыбоводы по-прежнему используют такие небезопасные для рыб вещества, как аммиак, карбофос, формалин и хлорамин в составе лечебных ванн. Также в литературных источниках встречается упоминание об эффективности при дактилогирозе распространенных противопаразитарных средств: мебендазола, толтразурила и празиквантела [1].

Препарат «САЛЬМОГИР®» представляет собой раствор, содержащий в качестве действующего вещества празиквантел и предназначенный для лечебных и профилактических обработок рыб при моногенеозах, трематодозах и цестодозах [5–8].

Цель исследования. Определение оптимального режима применения препарата «САЛЬМОГИР®» при дактилогирозе карпов.

Материалы и методы. Исследования проводили на базе аквариальной ООО «НВЦ Агроветзащита» на сеголетках карпа.

Для определения эффективности препарата при каждом температурном режиме (6–8, 10–12 и 18–20 °С) рыбы были разделены на 3 группы по 20 экз. Итого в опыте было задействовано 180 рыб, находящихся в 9 группах.

Перед началом каждого эксперимента определяли зараженность 10 рыб из каждой группы.

Интенсивность инвазии (ИИ) и экстенсивность инвазии (ЭИ) дактилогирусами определяли путем микроскопического исследования соскобов с поверхности всех 8-ми жабр каждой рыбы.

Рыбы опытных групп (по 10 карпов) при всех температурных режимах подвергались обработке в растворе с препаратом в дозах 0,1 или 0,2 мл/л в течение 24 ч. Препарат применяли наружно путем погружения рыб в его раствор. Необходимую дозу препарата предварительно растворяли в 1 л воды и равномерно вносили в пронумерованные аквариумы. Перемешивание раствора препарата в воде происходило за счет интенсивной аэрации.

Рыб каждой контрольной группы также содержали в таких же аквариумах с чистой водой в течение 24 ч при температуре, отвечающей условиям эксперимента.

После обработки все группы рыб пересаживали в отдельные аквариумы.

Изучение стабильности водного раствора препарата «САЛЬМОГИР®» в дозе 0,2 мл/л (10±1 мг действующего вещества/л воды) проводили по количественному определению празиквантела после внесения препарата.

В аквариум наливали 29 л воды и обеспечивали аэрацию и циркуляцию. После этого в отдельную емкость, содержащую 1 л воды, вносили 6 мл препарата «САЛЬМОГИР®» и, перемешивая, вливали полученный раствор в аквариум. Доза препарата составила 0,2 мл/л воды (10±1 мг Д.В./л воды). Температура воды во время проведения опыта находилась в диапазоне 17–20 °С.

Для определения содержания празиквантела методом ВЭЖХ пробы отбирали из среднего слоя воды аквариума: сразу после внесения препарата, через 1 и 24 ч после внесения препарата. Хроматографирование проводили согласно разработанной и отвалидированной методике.

Результаты и обсуждение. Интенсэффективность (ИЭ) в опытных группах после обработки препаратом «САЛЬМОГИР®» при температуре воды 6–8 °С составила 31,7 и 36,7 %, экстенсэффективность (ЭЭ) в обеих группах равнялась 0 %, что свидетельствует об отсутствии эффективности препарата в дозах 0,1 и 0,2 мл/л при обработке в течение 24 ч при низкой температуре.

ИЭ обработки карпов препаратом в дозе 0,1 мл/л при экспозиции 24 ч и температуре воды 10–12 °С составила 24,3 %; ЭЭ=0 %. После обработки рыб в растворе, содержащем 0,2 мл/л препарата «САЛЬМОГИР®»,

в течение 24 ч при температуре воды 10–12 °С наблюдалось снижение интенсивности инвазии дактилогирусами на 61,7 % при ЭЭ=20 %. Индекс обилия (ИО) снизился на 69,4 %.

Интенсэффективность обработки карпов против дактилогироза препаратом «САЛЬМОГИР®» в дозе 0,1 мл/л в течение 24 ч составила 76,4 %; ЭЭ=10 %, ИО в данной опытной группе соответственно снизился на 78,8 %. ИЭ ванны с препаратом в дозе 0,2 мл/л при экспозиции 24 ч при температуре воды 18–20 °С составила 81,1 % при ЭИ=40 %. При сравнении зараженности рыб опытной и контрольной групп по ИО отмечалось снижение данного показателя после обработки на 88,7 %. Данные, полученные в ходе испытаний, представлены в табл. 1.

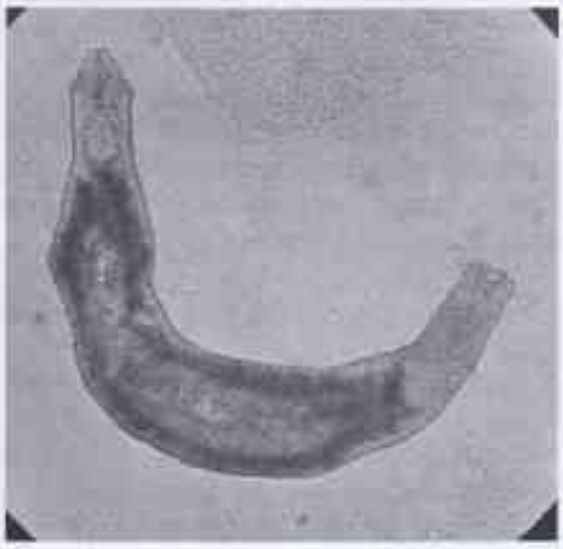

Рис. Внешний вид представителя рода Dactylogyrus, паразитирующего на жабрах карпа

Таблица 1

Зараженность карпов дактилогирозом до и после обработки препаратом «САЛЬМОГИР®» при разной температуре воды и экспозиции 24 ч

Температура воды, °С	Доза препарата, мл/л	До обработки		После обработки				
		ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИО, экз.	ИЭ, %	ЭЭ, %
6–8	0,1	24,3±4,22	100	15,1±3,57	100	15,1±3,57	31,7	0
	0,2	23,9±4,65	100	14,0±4,19	100	14,0±4,19	36,7	0
	Контроль	23,0±4,35	100	22,1±3,54	100	22,1±3,54	–	–
10–12	0,1	11,4±3,20	100	8,4±2,17	100	8,4±2,17	24,3	0
	0,2	10,8±2,86	100	4,25±1,28	80	3,4±2,12	61,7	20
	Контроль	11,5±3,41	100	11,1±2,42	100	11,1±2,42	–	–
18–20	0,1	47,8±5,09	100	11,22±2,82	90	10,1±4,43	76,4	10
	0,2	45,2±5,45	100	9,0±3,03	60	5,4±5,17	81,1	40
	Контроль	46,7±5,52	100	47,6±5,08	100	47,6±5,08	–	–

В ходе проведенных исследований выявлена прямая зависимость эффективности препарата от температуры воды. Наибольшая эффективность обработки наблюдалась после применения лечебных ванн с препаратом при температуре воды 18–20 °С.

Во время проведения опыта побочных эффектов от воздействия препарата у карпов ни в одной из групп не выявлено.

Определение стабильности водного раствора препарата. Данные, полученные при исследовании на наличие празиквантела в воде, содержащей препарат «САЛЬМОГИР®», представлены в табл. 2.

В ходе исследования выявлено, что в течение 24 ч после внесения препарата «САЛЬМОГИР®» в воду при температуре 17–20 °С и постоянной аэрации не наблюдается снижения содержания празиквантела в средних слоях воды.

Таблица 2

Количественное определение празиквантела в водном растворе препарата «САЛЬМОГИР®»

Время хранения водного раствора препарата «САЛЬМОГИР®», ч	Содержание в водном растворе празиквантела, мг/л
0	11,0
1	11,2
24	10,8

На основании полученных данных можно говорить о стабильности водного раствора препарата. Действующее вещество (празиквантел) равномерно распределяется в толще воды, не выпадая в осадок.

Заключение. В ходе исследования изучена эффективность препарата «САЛЬМОГИР®» при дактилогирозе карпов при разных температурных режимах. Выяснено, что имеется прямая зависимость между эффективностью препарата и температурой воды.

Установлено, что препарат оказывает наибольшую эффективность при температуре воды 18–20 °С в дозе 0,2 мл/л при экспозиции 24 ч (ИИ снижалась на 81,1 %; ИО – на 88,7 %).

Также определено, что водный раствор препарата «САЛЬМОГИР®» в дозе препарата 0,2 мл/л (10±1 мг действующего вещества/л воды) стабилен в течение 24 ч.

Список источников

1. *Головин П. П., Головина Н. А., Романова Н. Н.* Кадастр лечебных препаратов, используемых в аквакультуре России и за рубежом. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 56 с.
2. *Головина Н. А., Стрелков Ю. А., Воронин В. Н. и др.* Ихтиопатология / под ред. Н. А. Головиной, О. Н. Бауера. М.: Мир, 2003. 448 с.
3. *Грищенко Л. И., Акбаев М. Ш.* Болезни рыб с основами рыбоводства / под ред. Л. И. Грищенко. М.: КолосС, 2013. 479 с.
4. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2. Паразитические многоклеточные (первая часть). Л.: Наука, 1985. 425 с.
5. *Сорокин П. А., Гончарова М. Н., Енгашев С. В.* Эффективность препарата Сальмогир при диплостомозе карпов // Современные проблемы общей и прикладной паразитологии: Сборник научных статей по материалам XVII Всероссийской научно-практической конференции памяти профессора В. А. Ромашова (17–18 октября 2024 г., ФГБУ «Воронежский государственный заповедник»). Воронеж: Цифровая полиграфия, 2024. С. 195–200.
6. *Сорокин П. А., Енгашев С. В., Гончарова М. Н.* Эффективность празиквантела при валипорозе карпов // Развитие и современные проблемы аквакультуры. Конференция «Аквакультура 2023». Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. Ростов-н/Д., 2023. С. 113–116.
7. *Сорокин П. А., Енгашев С. В., Енгашев В. Г.* Эффективность празиквантела при диплозоонозе карпов // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Неделя молодежной науки». М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина, 2024. С. 249–251.
8. Способ лечения паразитарных болезней рыб. Патент России № 2819870. 28.05.2024 Бюл. № 16. / Сорокин П. А., Жасминова Л. Ф., Енгашева Е. С. и др.
9. *Успенская А. В.* Влияние Dactylogyrus vastator Nybelin, 1924 на организм карпа // Зоологический журнал. 1961. Т. 40. Вып. 1. С. 7–12.

References

1. Golovin P. P., Golovina N. A., Romanova N. N. (2005) Cadastre of medicinal preparations used in aquaculture in Russia and abroad. M.: FGNU «Rosinformagrotech». 56 p. (In Russ.).
2. Golovina N. A., Strelkov Yu. A., Voronin V. N. (2003) Ichthyopathology / ed. by N. A. Golovina, O. N. Bauer. Moscow: Mir. 448 p. (In Russ.).
3. Grishchenko L. I., Akbaev M. Sh. (2013) Fish diseases with the basics of fish farming / ed. by L. I. Grishchenko. 479 p. (In Russ.).
4. (1985) Identifier of parasites of freshwater fish of the USSR fauna. T. 2 Parasitic multicellular (first part). 425 p. (In Russ.).
5. Sorokin P. A., Goncharova M. N., Engashev S. V. (2024) Efficiency of the drug Salmogir in diplostomosis of carps // Modern problems of general and applied parasitology: Collection of scientific articles based on the materials of the XVII All-Russian scientific and practical conference in memory of Professor V. A. Ro-

mashov (October 17–18, 2024, Federal State Budgetary Institution «Voronezh State Nature Reserve»). Voronezh: Digital Printing. Pp. 195–200 (In Russ.).
6. Sorokin P. A., Engashev S. V., Goncharova M. N. (2023) Efficacy of praziquantel in valiporosis of carp. Development and modern problems of aquaculture («Aquaculture 2023» Conference): collection of scientific papers III International scientific and practical conference (Divnomorskoye, September 4 – 10), Rostov–on/Don. Pp. 113–116 (In Russ.).
7. Sorokin P. A., Engashev S. V., Engashev V. G. (2024) Efficacy of praziquantel in diplozoonosis of carp. Proceedings of the All-russian scientific and practical conference with international participation «Week of youth science». M.: Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin. Pp. 249–251 (In Russ.).
8. Sorokin P. A., Zhasminova L. F., Engasheva E. S. et al. (2024) Method of treating parasitic diseases of fish. INVENTION № RU 2819870 (In Russ.).
9. Uspenskaya A. V. (1961) Effect of Dactylogyrus vastator Nybelin, 1924 on the carp organism. *Zoological Journal*, vol. 40, issue 1, pp. 7–12 (In Russ.).

Информация об авторах:

П. А. СОРОКИН – аспирант кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, научный сотрудник;

С. В. ЕНГАШЕВ – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, академик РАН, генеральный директор;

М. Н. ГОНЧАРОВА – кандидат ветеринарных наук, руководитель направления;

М. М. НИКУЛЬНИКОВ – кандидат химических наук, заведующий химической лабораторией;

М. В. КОРСАКОВА – кандидат ветеринарных наук, научный сотрудник.

Information about the authors:

P. A. SOROKIN – Post-graduate student of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise;

S. V. ENGASHEV – Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise;

M. N. GONCHAROVA – Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Aquaculture department of LLC AVZ Animal Health;

M. M. NIKULNIKOV – Candidate of Chemical Sciences, Head of Laboratory of LLC AVZ Animal Health;

M. V. KORSAKOVA – Candidate of Veterinary Sciences, Researcher of LLC AVZ Animal Health.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.12.2024; одобрена после рецензирования 29.12.2024; принята к публикации 03.01.2025.

The article was submitted 24.12.2024; approved after reviewing 29.12.2024; accepted for publication 03.01.2025.

Научная статья
УДК 578.232.3:578.242.44:615.371
DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202502116

Экспертная оценка физико-химических и биохимических свойств комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» (из группы синтетических пиретроидов)

Рамазан Магаметович Акбаев[1], Николай Владимирович Морозов[2], Алексей Александрович Голубев[3], Ольга Вячеславовна Козыренко[4], Кирилл Алексеевич Филиппов[5]

[1] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия
[2, 3, 5] Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева, Нижний Новгород, Россия
[4] Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия

[1] acbay@yandex.ru;
[2, 3, 5] kafedra40@mail.ru;
[4] m-coff@mail.ru

Автор, ответственный за переписку:
Николай Владимирович Морозов, kafedra40@mail.ru

Аннотация

В статье представлены результаты изучения физико-химических, токсикологических, биологических свойств компонентов, входящих в состав комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %». Установили, что «Вуран-дуст 0,7 %» представляет собой инсектоакарицидное средство и является новой многокомпонентной композицией из группы синтетических пиретроидов. В его состав включены три действующих, два вспомогательных вещества и наполнитель. Одним из основных компонентов в инсектоакарицидном средстве «Вуран-дуст 0,7 %» является перметрин. Это инсектоакарицид контактного действия, впервые синтезированный в 1973 г., представляет собой смесь цис- и трансизомер в форме светлой масляной жидкости со слабым запахом. Установили, что входящие в число действующих веществ комплексного отечественного инсектоакарицида «Вуран-дуст 0,7 %» компоненты обладают синергическим (взаимодополняемым) действием, обуславливая контактное воздействие на клещей и пухоперoедов (нервно-паралитическое), а неопинаман обеспечивает быстрый нокдаун-эффект на членистоногих. Выявленные особенности действия многокомпонентного инсектоакарицида «Вуран-дуст 0,7 %» на пчел и рыб следует учитывать при его применении в птицеводстве, избегая попадания препарата и его компонентов в естественные водоразделы.

Ключевые слова: паразитозы, птицеводство, «Вуран-дуст 0,7 %», перметрин, токсичность, s- фенвалерат, неопинамин

Финансирование: исследование выполнено за счет средств Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологий имени К. И. Скрябина, Нижегородского

© Акбаев Р. М., Морозов Н. В., Голубев А. А., Козыренко О. В., Филиппов К. А., 2025

государственного агротехнологического университета имени Л. Я. Флорентьева, Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины.

Для цитирования: *Акбаев Р. М., Морозов Н. В., Голубев А. А. и др.* Экспертная оценка физико-химических и биохимических свойств комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» (из группы синтетических пиретроидов) // Ветеринария, зоотехния и биотехнология2025. № 2. С. 149–159. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502116

Original article

Expert assessment of the physicochemical and biochemical properties of the complex insectoacaricidal agent of the Vuran-dust 0.7% (from a group of synthetic pyrethroides)

Ramazan M. Akbaev[1], Nikolai V. Morozov[2], Alexey A. Golubev[3], Olga V. Kozyrenko[4], Kirill A. Filippov[5]

[1] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

[2, 3, 5] Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyeva, Nizhny Novgorod, Russia

[4] Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

[1] acbay@yandex.ru;

[2, 3, 5] kafedra40@mail.ru;

[4] m-coff@mail.ru

Corresponding author:
Nikolay V. Morozov, kafedra40@mail.ru

Abstract

They studied the physicochemical, toxicological, biological properties of the components that are part of the complex insectoacaricidal of the Vuran-dust 0.7 %. It was established that the Vuran-dust 0.7 % is an insectoacaricidal agent and is a new multicomponent composition from a group of synthetic pyrethroides. It includes three active, two excipients and filler. It was found that one of the main components in the insectoacaricidal means of the Vuran-dust 0.7 % is permetrin, which is an insectoacaricide of the contact action, first synthesized in 1973 and representing a mixture of cis-er and transisizer in the form of light oil fluid with a weak smell. It was found that the components of the component of the complex domestic insectoacaricide is 0.7 % of the components have a synergistic (complementary) effect, determining the contact effect on ticks and pupiroedists (neuro-paralytic), and the non-nopinaman provides a quick nokdown effect on the arthropods. The revealed features of the action of multicomponent insectoacaricide Vuran-dust 0.7% on bees and fish should be taken into account when using it in poultry farming, avoiding the ingress of the drug and its components into natural watershed.

Keywords: Parasitosis, poultry farming, Vuran-dust 0.7%, perometrine, toxicity, s-fenvalerat, neopinamine

Financial Support: The study was carried out at the expense of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Nizhny Novgorod

State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentiev, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

For citation: Akbaev R. M., Morozov N. V., Golubev A. A. et al. (2025) Expert assessment of the physicochemical and biochemical properties of the complex insectoacaricidal agent of the Vuran dust 0.7% (from a group of synthetic pyrethroides). *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. 2025. № 2. Pp. 149–159. https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202502116

Введение. Птицеводство – динамичная и наиболее наукоемкая отрасль российского и мирового АПК. По экономическим показателям птицеводство является наиболее прибыльной отраслью животноводства в связи с более низкими затратами как материальных, так и трудовых ресурсов на единицу продукции. По данным В. И. Фисинина (2023), для производства 1 т мяса от цыплят-бройлеров необходимо в 2,3 раза меньше корма, чем для производства 1 т говядины, а также в 2,1 раз меньше необходимо корма для производства 1 т яичной массы. По данным того же автора, птицеводство с 2016 г. занимает первое место среди производителей мяса всех видов.

Одним из важнейших условий эффективного производства яиц и мяса птицы является выполнение регламентированных ветеринарно-санитарных мероприятий, направленных на повышение сохранности птиц. Один из наиболее значимых факторов в развитии птицеводства – профилактика паразитарных болезней птиц.

Куриные клещи *Dermanyssus gallinae*, персидские клещи *Argas persicus*, зудневые клещи *Knemidocoptes mutans* и *K. gallinae* (син. *Kn. laevis*), а также пухоедоры отряда Phthiraptera (уст. син. Mallophaga) и постельные клопы *Cimex lectularius* вызывают в организме птиц существенные патологические изменения. К тому же куриные и персидские клещи, пухоедоры и постельные клопы являются переносчиками возбудителей опасных для птиц инфекционных болезней.

На птицефабриках для дезакаризации и дезинсекции помещений в основном используют препараты из группы синтетических пиретроидов с действующими веществами: циперметрин, перметрин и дельтаметрин, реже другие средства из этой же группы.

В публикациях некоторых авторов для лечения птицы при дерманиссиозе, гемиптерозе, фтираптерозах приводят пример использования инсектоакарицидов из группы ФОС, которые, по нашему мнению, «морально устарели». С учетом вышеизложенного возникла необходимость провести экспертную оценку физико-химических и биохимических свойств нового многокомпонентного комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» (из группы синтетических пиретроидов).

Цель исследования. Провести экспертную оценку физико-химических и биохимических свойств комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» (из группы синтетических пиретроидов).

Материалы и методы. Исследование основано на методах эпизоотологической диагностики и доказательной эпизоотологии паразитов животных, на комплексном эпизоотологическом подходе (по В. П. Урбану), теории саморегуляции эпизоотического процесса при инфекционных и инвазионных болезнях (по В. Д. Белякову), на паразитологических, патоморфологических, микробиологических, клинических методах исследований, стандартах их применения. Использованы принцип плацебо, двойные слепые опыты, экспертные оценки, прямая, косвенная и инверсивная верификация.

Результаты исследования. Прежде чем проводить экспертную оценку комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %», предварительно изучили научную и практическую информацию в отечественной и зарубежной литературе о компонентах, входящих в его состав, действующих и вспомогательных веществах и наполнителе. Результаты исследований и экспертной их оценки представлены в таблице.

Установили, что «Вуран-дуст 0,7 %» представляет собой инсектоакарицидное средство и является новой многокомпонентной композицией из группы синтетических пиретроидов. В его состав включены три действующих, два вспомогательных вещества и наполнитель. Один из основных компонентов в инсектоакарицидном средстве «Вуран-дуст 0,7 %» – перметрин (полное название – перметрин рецелический ($C_{21}H_{20}CL_2O_3$): (±) – цис-транс-3-(2,2-Дихлорвинил)-2,2-диметил цикло пропан карбоновый (перметриновой) кислоты 3-фенокса бензоловый эфир. Данное вещество является инсектоакарицидом контактного действия, впервые синтезировано в 1973 г. и представляет собой смесь цис- и трансизомер в форме светлой масляной жидкости со слабым запахом, с температурой плавления 34–39 °С, температурой кипения 200 °С при 1,3 Па, растворимо в воде и большинстве органических растворителей. Перметрин не опасен при вдыхании паров, не токсичен. В клинической формуле не содержит цианидных групп. Не обладает мутагенными и канцерогенными свойствами при высоких уровнях воздействия на организм теплокровных, но токсичен для пчел и рыб. Эмбриотоксический эффект перметрина в дозе 50 мг/кг отмечен на фоне общетоксического действия в общей эмбриональной гибели. По степени токсичности при введении в желудок относится к 3-му классу опасности (ГОСТ 12.1.007-76); LD_{50} варьирует в пределах 430–400 мг/кг, при нанесении на кожу LD_{50}>2000 мг/кг, при ингаляции в течение 4-х ч LD_{50}>2350 мг/кг.

Острое отравление перметрином позвоночных визуализируется торможением, судорогами, тремором отдельных групп мышц. Перметрин – слабый аллерген с низкой аккумуляцией, хроническое отравление возникает при суммарной дозе 8,3 LD_{50}. Патоморфологические изменения при остром отравлении данным веществом проявляются в форме сосудистых расстройств и дегенеративных изменений в ЦНС и внутренних органах. Метаболиты перметрина выводятся из организма крыс через 24 ч через пищеварительный и мочеполовой пути.

Перметрин безопасен для сельскохозяйственных птиц, но токсичен для пчел и рыб. Обладает слабым сенсибилизирующим и местно-раздражающим действием на кожу и слизистые. Не проявляет тератогенного и мутагенного действия. Результаты наших экспертных оценок основаны на сообщениях ряда отечественных и зарубежных исследователей [2, 3, 11–13, 18, 19]. В составе «Вуран-дуст 0,7 %» перметрин занимает 0,45 %. Результаты и экспертная оценка физико-химических, биологических и токсикологических свойств и действий перметрина опубликованы в соавторстве [1].

Одновременно провели экспертную оценку второго компонента комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» – S-фенвалерата – $C_{25}H_{22}CKNO_3$: [Аа–фенвалерата (s)–3-метил-2-(4-хлорфенил) масляной кислоты (5)-а-циано-3-феноксибензиловый эфир] и установили, что в чистом виде коммерческий S-фенвалерат – вязкая желто-коричневая жидкость со слабым запахом, летучая смесь изомера с температурой кипения 151–167 °С, не растворима в воде, но хорошо в органических растворителях, при нагревании щелочами гидролизуется. Наиболее активен в отношении членистоногих. Зарегистрирован этот синтетический пиретроид в 1987 г. По большинству параметров относится к высоко или умеренно опасным соединениям – цианопиретроидам с нейротоксическим действием на животных. Отравление этим веществом проявляется гиперсаливацией, судорогами, нарушением координации и параличами конечностей. LD_{50} препарата при ведении в желудок мышам 132–248 мг/кг, белым крысам 340–541 мг/кг; при подкожном ведении – 5000 мг/кг, при хроническом отравлении доза 0,34 мг/кг расценена как пороговая, коэффициент аккумуляции – 2,5; при ингаляции LD_{50} – 480 мг/м^3 для самцов и 570 мг/м^3 для самок крыс. Не обладает мутагенным и канцерогенным действиями. В составе многокомпонентного инсектоакарицида «Вуран-дуст 0,7 %» S-фенвалерат составляет 0,15 %. Результаты экспертной оценки свойств и действий S-фенвалерата основаны на сообщениях отечественных и зарубежных исследователей и опубликованы нами в соавторстве [5, 7, 11, 12].

Таблица

Результаты экспертной оценки физико-химических, токсикологических, биологических свойств компонентов, входящих в состав комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %»

№ п/п	Компоненты (формула)	Группа соединений	Физическая форма (характеристика)	Физико-химические свойства	Биологические свойства, выделение кубе пищеварительн. тр. и почечный барьер системы – 24 ч.	Токсичность для животных	Токсичность для птиц	Токсичность для очел. рыб	LD_{50} при применении внутрь	LD_{50} при аэрозоле	При нанесении на кожу	Кумулятивная токсичность	Интоксикация острого отравления	Патоморфология отравления	Гидролизация (в почве и воде)	Доза в комплексном препарате, %
1	Перметрин рецелический $C_{21}H_{20}Cl_2O_3$ – цис,- транс 3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметил циклопропан карбоновой (перметриновой) кислоты 3-феноксибензоновый эфир	Инсектицидного действия, не содержит цианидных групп	Смесь цис- и трансизомеров, синтезирован в 1973 г.	Светлая маслянистая жидкость со слабым запахом t-плавления 34–39 °С, t-кипения 200 °С, растворима в воде и орган. растворителе	Слабая сенсибилизация, не мутагенен	3-й класс токсичности (опасности)	Не опасен	Токсичен для пчел и рыб	430–4000 мг/кг	>2350 мг/м³ воздуха	>2000 мг/кг	8,3 LD_{50}	Торможение, тремор, судороги	Сосудистые расстройства, дистрофия ЦНС и внутренних органов	Спонтанно гидролизуется в воде, почве	0,45
2	S-изомер фенвалерат $C_{25}H_{22}ClNO_3$: [Аа-фенвалерата (s)] – 3- метил -2- (4-хлорвенил) – масляной кислоты (s) - а-циано-3-феноксибензиловет эфир	Синтетический пиретроид нейротоксического действия	Вязкая желтовато-коричневая жидкость, зарегистрирован в 1987 г.	Слабый запах. Летучая смесь изомера t-кипения 156–167 °С. Не растворим в воде, хорошо растворим в органических растворителях	Слабый аллерген, коэффициент аккумуляции 2,5	Высоко или умеренно опасное соединение цианогиретроидное	Не мутоген; LD_{50} – 1312 мг/кг	132–248 мг/кг белых мышей; 340-541 мг/кг белых крыс	480 – мг/м³ – самцы крыс, 570 мг/м³ самки крыс	Подкожно 5000 мг/кг – крыс	0,34 мг/кг – гострая доза	Саливация, судороги, нарушение координации паралич конечностей	–	–	Гидролизация при нагревании с щелочами	0,15
3	Тетраметрин неолинамиль $C_{19}H_{25}NO_4$: цис, транс кризантемной кислоты N-(3,4,5,6- тетраглидрофталимидо) метиловый эфир	Активный синтетический пиретроид, быстрый нокдаун-эффект у чувствительных	Состоит из изомеров (стереоизомеров), выпущен на рынок в 1992 г.	Белый кристаллический порошок со слабым запахом, t-плавления 100–107 °С. Растворим в воде (4,6 мг/л), в органических растворителях	Нет сенсибилизации, нет кумуляции	3–4 класс токсичности, малоопасен	Слабо токсичен LD_{50}>2520 мг/кг	LD_{50} – 4900 мг/кг (крысы), 1225 мг/кг (мыши)	ПДК = 5 мг/м³ ; LD_{50} – 100 мг/кг для мышей; 180 мг/кг для крыс	Не резорбтияен	LD_{50} – 5620 мг – в сутки	–	–	–	–	0,1

№ п/п	Компонент (формула)	Группа соединений	Физическая форма (характеристика)	Физико-химические свойства	Биологические свойства; выделение через пищеварительную и мочевыводящую системы – 24 ч	Токсичность для животных	Токсичность для птиц
4	Наполнители - минеральные масла	Вспомогательное средство	–	–	–	4-й класс опасности – малотоксичен	–
5	Этиловый спирт	Вспомогательное средство	–	–	Слабо-кумулятивный	4-й класс опасности, токсичное для птиц	–
6	Тальк	Наполнитель для дуста, минерал – слоистый селикат	Молотый тальк, без летучих компонентов, обладает фиброгенным действием из-за наличия оксида кремния SiO_2	–	–	3-й класс опасности 3 мг/м³ (аэрозоль)	Не опасен; опасен для экстрагентов

Токсичность для пчел, рыб	LD_{50} при применении внутрь	LD_{50} при вдыхании	При нанесении на кожу	Хроническая токсичность	Визуализация острого отравления	Патоморфология отравления	Гидролизация (в почве и воде)	Доля в комплексном препарате «Вуран-дуст 0,7%», %
–	5 мг/м³	Слабое, быстропротекающее, раздражающее	–	–	–	–	В небольших количествах с целью уменьшения	–
LD_{50} 8000–9000 мг/кг мышам и крысам. В брюшную полость –7700 мг/кг	–	Слабораздражающего действия	–	–	–	Медленно выделяется через дыхательные пути	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–

Установили, что при разработке многокомпонентного инсектоакарицидного средства использовано и третье действующее вещество – неопинамин (тетраметрин), созданный японскими исследователями. Установили, что неопинамин-тетраметрин – $C_{10}H_{...}NO_4$: (+)-цис, транс хризантемной кислоты N-(3,4,5,6)-тетрагидрофталимидо метиловый эфир состоит из 4-х стереоизомеров, биологически наиболее активной является смесь [IR, цис-] и [JR, транс-]. Это белый кристаллический порошок со слабым запахом, температурой плавления 100–107 °С, кипения 185–190 °С, растворим в воде – 4,6 мг/л при 30 °С, хорошо в органических растворителях, по токсичности относится к 3-му и 4-му классам опасности. Слабо токсичен для птиц. LD_{50} куропаткам >2510 мг/кг, уткам >5620 мг/кг, для крыс 4900 мг/кг; без кожно-резорбтивного действия, с порогом ингаляционного действия для мышей 100 мг/м^3, для крыс 180 мг/м^3. По данным ВОЗ, сведения об отравлениях людей неопинамином отсутствуют. Препарат вводят в многокомпонентный инсектоакарицид для обеспечения быстрого нокдаун-эффекта у членистоногих.

Результаты экспертной оценки свойств и действий неопинамина основаны на анализе сообщений отечественных и зарубежных исследователей [13, 15], опубликованы нами в соавторстве [1].

Из данных таблицы видно, что в состав многокомпонентного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» включены два вспомогательных средства: минеральные масла (веретенное, вазелиновое, индустриальное) и этиловый спирт, а также наполнитель тальк, относящийся группе неопасных генеративных соединений, в его составе отсутствуют летучие компоненты (это размолотый слоистый силикат). Экспертная оценка вспомогательных средств и наполнителя основана на сообщениях отечественных и зарубежных авторов [16], опубликована нами в соавторстве [1].

На основании полученных результатов экспертной оценки физико-химических, биологических, токсико-аллергических свойств многокомпонентного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» разработали схему-модель его основных характеристик (рис. 1, 2).

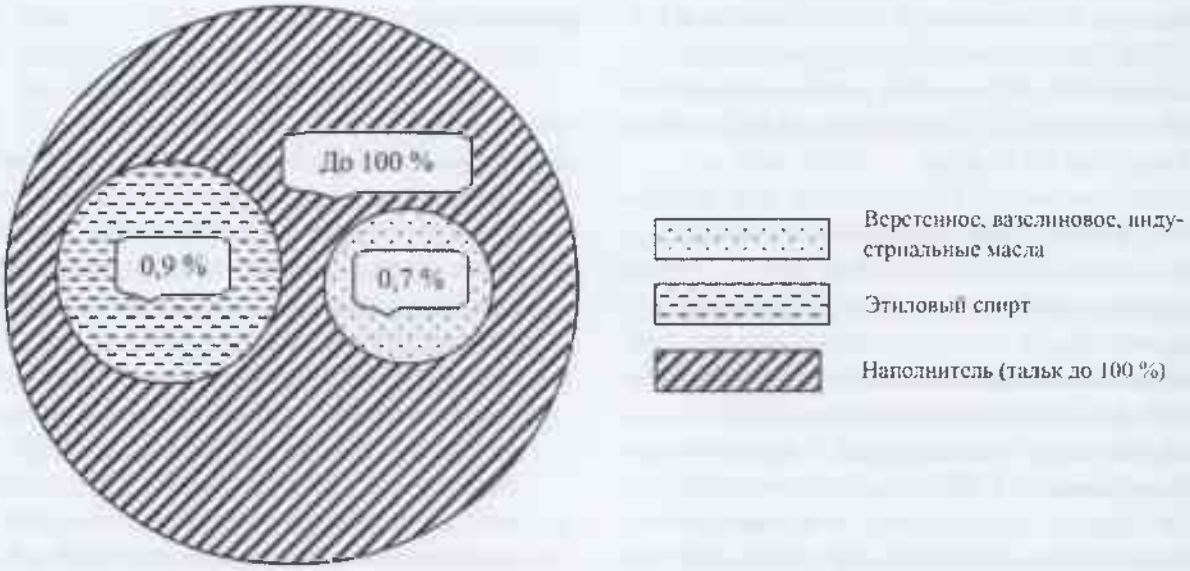

Рис. 1. Схема-модель физико-химических и биолого-токсилогических свойств вспомогательных компонентов и наполнителя нового инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» (по Акбаеву Р. М., Рославцевой С. А., Иванову А. В., Василевичу Ф. И. и др.)

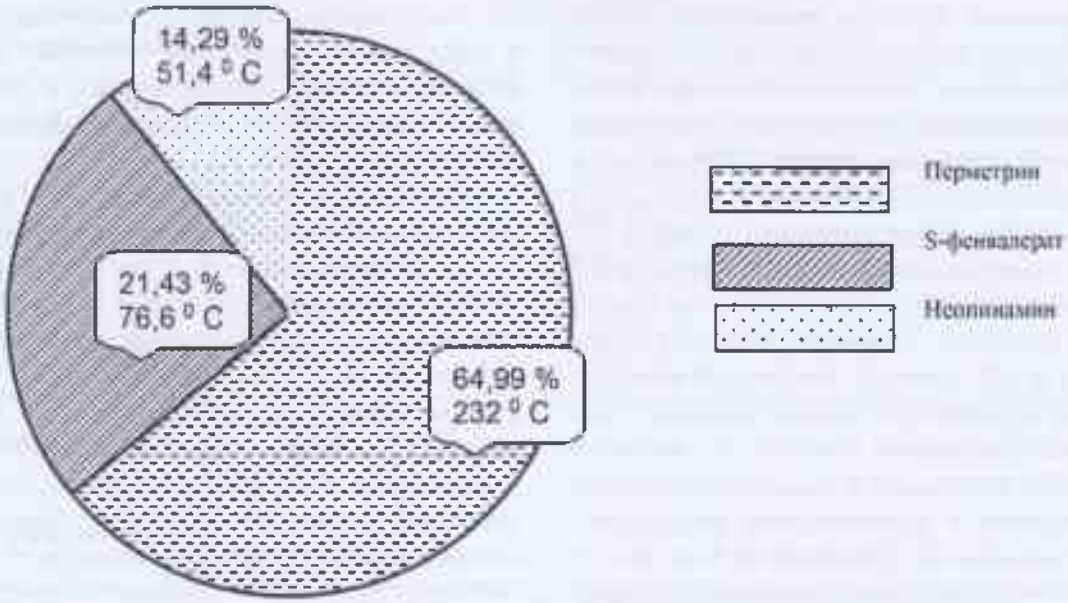

Рис. 2. Схема-модель физико-химических и биолого-токсилогических свойств действующих веществ нового инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» (по Акбаеву Р. М., Рославцевой С. А., Иванову А. В., Василевичу Ф. И. и др.)

Обсуждение. Наши данные об экспертной оценке физико-химических и токсико-биологических свойств компонентов комплексного инсектоакарицидного средства «Вуран-дуст 0,7 %» согласуются с результатами других исследователей и полностью подтверждают материалы А. В. Иванова, С. А. Рославцевой [11, 12], С. В. Цыгановой [15], зарубежных исследователей [18, 19] и наши ранее полученные результаты – Ф. И. Василевич, Р. М. Акбаев [3], Герунова Л. К. и др.

Заключение. Установили, что компоненты, входящие в число действующих веществ комплексного отечественного инсектоакарицида «Вуран-дуст 0,7 %», обладают синергическим (взаимодополняемым) действием, обуславливая контактное воздействие на клещей и пухопероедов (нервно-паралитическое), а неопинаман обеспечивает быстрый нокдаун-эффект на членистоногих. Выявленные особенности действия многокомпонентного инсектоакарицида «Вуран-дуст 0,7 %» на пчел и рыб следует учитывать при его применении в птицеводстве, избегая попадания препарата и его компонентов в естественные водоразделы.

Все компоненты (действующие вещества) комплексного инсектоакарицида «Вуран-дуст 0,7 %» по степени токсичности (перметрин, S-фенвалерат и непинамен) при введении в желудок относятся к 3–4 классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007-76, не опасны для птиц, могут быть использованы в борьбе с эктопаразитозами птиц в птицеводческих хозяйствах любой формы собственности и при технологических возможностях хозяйств.

Список источников

1. *Акбаев Р. М.* Эффективность инсектоакарицида Вуран-дуст 0,7%-го против аргасовых клещей Argas persicus в условиях птицефабрики // Научные основы профилактики и лечения болезней животных. Екатеринбург, 2005. С. 212–215.
2. *Акбаев Р. М., Василевич Ф. И.* Инсектоакарициды, используемые в животноводстве и ветеринарии: учебно-методическое пособие. М.: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, 2021. 52 с.
3. *Герунова Л. К., Смыслова П. Ю.* Определение фипронила и перметрина в организме животных после однократного применения в форме капель на холку // Актуальные проблемы современной ветеринарной науки и практики. Краснодар, 2016. С. 16–18.

4. *Данилова М., Акбаев Р. М., Бабичев Н. В.* Эффективность порошкового средства на основе микроструктурированного аморфного кремнеземного носителя при терапии овец больных бовиколезом в эксперименте // Современные проблемы общей и частной паразитологии: Материалы III международного паразитологического симпозиума. СПб., 2019. С. 102–105.
5. *Еремина О. Ю.* Хлорфенапир-перспективный инсектицид из группы пирролов для борьбы с резистентными синантропными насекомыми // Пест-менеджмент (РЭТ-инфо). 2017. № 1. С. 41.
6. *Иванов А. В., Галяутдинова Г. Г., Папуниди Э. К. и др.* Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике отравлений животных синтетическими пиретроидами. Казань: ФГУ ФЦТРБ-ВНИВИ, 2007. 20 с.
7. *Кирилловских В. А., Стрелец И. П.* «Пурофен»: новые возможности эффективного лечения и профилактики акарозов и энтомозов животных // Вестник ветеринарии. 2006. № 37.
8. *Кукина М. С.* Влияние пестицидов на пчел // Сборник научно-практической конференции молодых ученых. Казань, 2018. С. 33.
9. *Максимов В. И.* Особенности инактивации компенсаторных функций в организме кур при дерманиссиозе // Вестник аграрной науки. 2021. № 6 (93). С. 37–43.
10. *Орлин Н. А., Христофорова Е. А.* Влияние атомов галогенов на свойства и основные показатели пиретроидных инсектицидов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 31. С. 141–142.
11. *Пашаев В. Ш., Алиев Ш. К., Гаджиева Р. У.* Ассоциации эктопаразитов птиц южного Дагестана // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: Материалы докладов научной конференции. Вып. 7. М., 2006. С. 299–300.
12. *Рославцева С. А.* Избранные лекции по медицинской дезинсекции. М.: ФБУН «НИИ Дезинфектологии» Роспотребнадзора, 2015. 165 с.
13. *Рославцева С. А.* Избранные лекции по медицинской дезинсекции. М.: Русский Печатный Дворъ, 2015. 204 с.
14. *Татаров Л. Г., Киреева Н. С., Хабарова В. В. и др.* Оптимальный микроклимат в животноводческих помещениях // Успехи современной науки. 2016. Т. 5. № 11. С. 63–66.
15. Тетраметрин. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Пер. с англ. М.: Медицина, 1992. 62 с.
16. *Чиров П. А.* Паразитические членистоногие и позвоночные животные как возможные хозяева сальмонелл и листерий: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Фрунзе, 1984. 55 с.
17. *Ятусевич А. И., Миклашевская Е. В.* Эффективность фармастомазана в ограничении численности зоофильных мух в птицехозяйствах // Животноводство и ветеринарная медицина. 2018. № 1. С. 4.
18. *Cain A. J.* Evaluation of the effects of topical permethrin insecticide on bull semen quality // Clinical Theriogenology. 2014. Vol. 6. No. 1. Pp. 25–31.
19. *Tange S., Fujimoto N., Uramaru N. et al.* In vitro metabolism of cis-and trans-permethrin by rat liver microsomes, and its effect on estrogenic and anti-androgenic activities // Environmental toxicology and pharmacology. 2014. Vol. 37. No. 3. Pp. 996–1005.

References

1. Akbaev. R. M., Vasilevich F. I. (2021) Insectoacaricides used in animal husbandry and veterinary medicine: Textbook. Method. Manual. M.: Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Scryabin. 52 p. (In Russ.).
2. Akbaev R. M. (2005) The efficiency of insectoacaricide Vuran-dust 0.7 % against Argas ticks Argas Persicus in the conditions of poultry farms // Scientific foundations for the prevention and treatment of animal diseases. Ekaterinburg. Pp. 212–215 (In Russ.).
3. Gerunova L. K., Smyslova P. Yu. (2016) Determination of fipronil and permetrin

in the body of animals after a single use in the form of drops on the withers // Actual problems of modern veterinary science and practice. Krasnodar. Pp. 16–18 (In Russ.).
4. Danilova M., Akbaev R. M., Babichev N. V. (2019) The effectiveness of a powder agent based on a microstructured amorphous silica medium in the treatment of sheep patients with Bovicoleosis in the experiment // Modern problems of general and private parasitology: Materials of the III International Parasitological Symposium. SPb. Pp. 102–105 (In Russ.).
5. Eremina O. Yu. (2017) Chlorfeenapir-Property insecticide from a group of pyrrols to combat resistant synanthropic insects. *Pest Mendation (RET info)*, no. 1, p. 41 (In Russ.).
6. Ivanov A. V., Galyautdinova G. G., Papunidi E. K. et al. (2007) Recommendations for the diagnosis, treatment and prevention of animal poisoning with synthetic pyrethroids. Kazan: FSU FCTRB-VNIVI. 20 p. (In Russ.).
7. Kirillovsky V. A., Sagittarius I. P. (2006) «Purofen»: new opportunities for effective treatment and prevention of acarosis and animal entomoses. *Veterinary Herald*, no. 37 (In Russ.).
8. Kukina M. S. (2018) The influence of pesticides on bees // Collection of a scientific and practical conference of young scientists. Kazan. 33 p. (In Russ.).
9. Maximov V. I. (2021) Features of the inactivation of compensatory functions in the body of chickens with dermanissiosis. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 6 (93), pp. 37–43 (In Russ.).
10. Orlin N. A., Khristoforova E. A. (2014) The influence of the atom of the haloenes on the properties and main indicators of pyreroid insecticides. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, no. 31, pp. 141–142 (In Russ.).
11. Pashaev V. Sh., Aliyev Sh. K., Gadzhieva R. U. (2006) Association of Ectoparasites of Birds of South Dagestan // Theory and practice of the fight against parasitic diseases: Materials of reports of a scientific conference. Moscow. Vol. 7. Pp. 299–300 (In Russ.).
12. Roslavtseva S. A. (2015) Selected lectures on medical disinsection. M.: FBUN «Research Institute of Disinfectology» of Rospotrebnadzor. 165 p. (In Russ.).
13. Roslavtseva S. A. (2015) Selected lectures on medical disinsection. M.: Russian Printing Courtyard. 204 p. (In Russ.).
14. Tatarov L. G., Kireeva N. S., Khabarov V. V. et al. (2016) The optimal microclimate in livestock rooms. *Successes of modern science*, vol. 5, no. 11, pp. 63–66 (In Russ.).
15. (1992) Tetrametrin. Hygienic criteria for the state of the environment. Trans. from English. Joint. ed. Progr. The UN Environment, Internal Affairs. Org. labor and WHO. Moscow: Medicine. 62 p. (In Russ.).
16. Chirov P. A. (1984) Parasical arthropods and vertebrates as possible hosts Salmonella and Lister: Author. dis. ... cand. Biol. Sciences. Frunze. 55 p. (In Russ.).
17. Yatusevich A. I., Mikravskaya E. V. (2018) The effectiveness of Pharmastomazan in limiting the number of zoophilic flies in poultry farms. *Livestock and Veterinary medicine*, no. 1, p. 4 (In Russ.).
18. Cain A. J. (2014) Evaluation of the effects of topical permethrin insecticide on bull semen quality. *Clinical Theriogenology*, vol. 6, no. 1, pp. 25–31 (In Russ.).
19. Tange S., Fujimoto N., Uramaru N. et al. (2014) In vitro metabolism of cis-and trans-permethrin by rat liver microsomes, and its effect on estrogenic and anti-androgenic activities. *Environmental toxicology and pharmacology*, vol. 37, no. 3, pp. 996–1005 (In Russ.).

Информация об авторах:

Р. М. АКБАЕВ – кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы;

Н. В. МОРОЗОВ – кандидат ветеринарных наук, старший преподаватель кафедры эпизоотологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы;

А. А. ГОЛУБЕВ – аспирант кафедры эпизоотологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы;

О. В. КОЗЫРЕНКО – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры эпизоотологии им. В. П. Урбана;
К. А. ФИЛИППОВ – старший лаборант кафедры эпизоотологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы

Information about the authors:
R. M. AKBAYEV – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise;
N. V. MOROZOV – Candidate of Veterinary Sciences, Senior Lecturer of the Department of Epizootology, Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise;
A. A. GOLUBEV – Postgraduate Student of the Department of Epizootology, Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise;
O. V. KOZYRENKO – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Epizootology named after V.P. Urban;
K. A. FILIPPOV – Senior Laboratory Assistant of the Department of Epizootology, Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise.

Вклад авторов:
АКБАЕВ Р. М. – идея, сбор материала, написание статьи, научное руководство, итоговые выводы;
МОРОЗОВ Н. В. – научное редактирование текста, написание статьи;
ГОЛУБЕВ А. А. – итоговые выводы, вклад в развитие методологии, написание статьи;
КОЗЫРЕНКО О. В. – идея, сбор материала, написание статьи, научное руководство, итоговые выводы;
ФИЛИППОВ К. А. – сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Contribution of the authors:
AKBAYEV R. M. – idea, collection of materials, writing of the article, scientific supervision, final conclusions;
MOROZOV N. V. – scientific editing of the text, writing of the article;
GOLUBEV A. A. – final conclusions, contribution to the development of the methodology, writing of the article;
KOZYRENKO O. V. – idea, collection of materials, writing of the article, scientific supervision, final conclusions;
FILIPPOV K. A. – collection of materials, processing of materials, writing of the article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.12.2024; одобрена после рецензирования 30.12.2024; принята к публикации 04.01.2025.
The article was submitted 25.12.2024; approved after reviewing 30.12.2024; accepted for publication 04.01.2025.

Издательский дом "НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА"

Издательство выпускает научные, исторические, философские труды, учебники, учебные пособия, мемуары, краеведческую и художественную литературу.

Конкурентные преимущества:

- ✓ высокое качество редакционно-издательских услуг
- ✓ короткие сроки выпуска книг и журналов (3 недели – 1 месяц)
- ✓ максимальный учет интересов и пожеланий заказчика
- ✓ конкурентные цены, возможность оплаты в рассрочку
- ✓ бесплатная доставка заказов по России

Журналы входят в национальную библиографическую базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), индексируются в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU (Россия), включены Высшей аттестационной комиссией (ВАК) России в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Аудитория издаваемых журналов: объединения предпринимателей, российские, зарубежные, коммерческие и государственные организации, преподаватели вузов, научная общественность.

Подписка во всех отделениях связи России, Казахстана, Украины и Белоруссии.
Каталог "Пресса России" – индекс 39468

Редакция

123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, д. 5, стр. 1

info@s-lib.com, idnb11@yandex.ru

+7 (495) 592-2998, +7 (916) 925-5954

s-lib.com

ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ ПИТАНИЯ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЖИВОТНЫХ
partners
ВЕТПРОМ
ГРУППА КОМПАНИЙ ВИК
Валта
МИРАЛЕК
ВЕТБИОХИМ
KRKA
apicenna
Farmina
BEST DINNER

ISSN 2311-455X