

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»

APM

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ

VETERINARIYA,
ZOOTekhNIYA I
BIOTEKHNOLOGIYA

Статистика встречаемости опухолей
носовой полости у кошек

Микроморфологические особенности
эмали у собак

Изучение пролиферативной активности селезенки
в условиях ожоговой травмы кожи

Сохранение и коррекция кишечной
микробиоты лошадей

Возможности модернизированной методики
детектирования содержания дибутилфталата
в упаковках ПВХ для полуфабрикатов из мяса
птицы механической обвалки

Получение высококонцентрированного препарата
вируса панлейкопении кошек

Определение генетических детерминант
биоупленкообразования у изолятов, выделенных
от животных в Омском Прииртышье

№ 6

июнь

2025

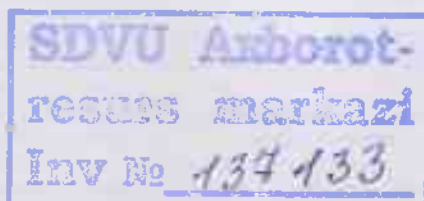


Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина»
Издательский дом «Научная библиотека»

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

Научно-практический журнал

№ 6, 2025 г.



Москва

Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya

Scientific and practical journal. Published once a month
№ 6 (138), 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, Corresponding Member 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 VNITIEP
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: 04.06.2025. Format 60x90 1/8
The price is negotiable. Number of sheets – 20,25 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, zootekhnika 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

Ветеринария, Зоотехния и Биотехнология

Научно-практический журнал. Выходит 1 раз в месяц

№ 6 (138), 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, член-корреспондент 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 «ВНИВЦФит»

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: 04.06.2025. Формат 60х90 1/8
Цена договорная. Объем 20,25 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

Demeneva A. E., Deltsov A. A., Korniyushenkov E. A., Pozyabin S. V. Statistics on the occurrence of nasal cavity tumors in cats	6
Frolov V. V., Novikov Ya. I., Egunova A. V., Ivantsov V. A. Micromorphologic characteristics of enamel in dogs	14
Azhikova A. K., Feldman B. V. Study of the proliferative activity of the spleen under conditions of burn injury of the skin	21
Sevastyanova T. V. Preservation and correction of the intestinal microbiota of horses	29

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

Kudryavtsev V. V., Goryacheva M. M., Polyakova A. D., Dyakov S. N. The possibilities of an upgraded method for detecting the content of dibutyl phthalate in PVC packages for semi-finished poultry meat by mechanical deboning	41
---	----

INFECTIOUS DISEASES AND ANIMAL IMMUNOLOGY

Kiselev A. M., Galkina T. S., Chernishev R. S., Shotin A. R., Kuznetsova E. G. Preparation of highly concentrated feline panleukopenia virus suspension	56
Antonevskiy I. V., Lescheva N. A., Ruchko E. N., Pleshakova V. I. Determination of genetic determinants of biofilm formation in isolates obtained from animals in the Omsk Irtysh region	66
Padilo L. P., Sibgatullova A. K., Agoltsov V. A., Chernykh O. Yu., Kalabekov M. I., Popova O. M. Methods of laboratory diagnostics of sheep and goat pox	79

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

Ryazanov I. G., Belogurov V. V., Kapitonova E. A. Effect of organic acids on productivity and viability of laying hens of the Lohmann Brown cross	91
Kochish I. I., Nesterov V. V., Konovalova E. M. The use of a selenium-containing drug to prevent embryo mortality and increase chick hatching	97
Zayats A. V., Kapitonova E. A., Yatsyna V. A., Furs N. L., Suyalka E. A. Wool and sheepskin-coat productivity of sheep romanov breed of belarusian breeding	106

ANIMAL BREEDING, BREEDING, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY

Koshchaev A. G., Budko A. E. Genetic structure of holstein first-calf heifer population based on polymorphism of milk protein genes CSN2, CSN3, and BLG	118
Fedorova O. I., Orlova E. A., Paraskiva E. E. Marten skins sales dynamics at the international fur auction «Soyuzpushnina»	126

BIOTECHNOLOGY

Gorbacheva M. V., Belevtcova D. V., Gordienko I. M. Collagen: achievements, innovations and prospects	134
Roenko A. D., Pimenov N. V. Biotechnology of erysipelas vaccines: perspective solutions	144
Zubkova E. S., Pasivkina M. A., Vorobyev A. M., Aleshkin A. V., Zulkarneev E. R., Pimenov N. V. Development of Salmonella phage SE40 production technology: from cultivation to obtaining purified phage lysate for phage therapy	153

СОДЕРЖАНИЕ

ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

Деменева А. Е., Дельцов А. А., Корнюшенков Е. А., Позябин С. В. Статистика встречаемости опухолей носовой полости у кошек	6
Фролов В. В., Новиков Я. И., Егунова А. В., Иванцов В. А. Микроморфологические особенности эмали у собак	14
Ажикова А. К., Фельдман Б. В. Изучение пролиферативной активности селезенки в условиях ожоговой травмы кожи	21
Севастьянова Т. В. Сохранение и коррекция кишечной микробиоты лошадей.....	29

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

Кудрявцев В. В., Горячева М. М., Полякова А. Д., Дьяков С. Н. Возможности модернизированной методики детектирования содержания дибутилфталата в упаковках ПВХ для полуфабрикатов из мяса птицы механической обвалки	41
---	----

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ И ИММУНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Киселев А. М., Галкина Т. С., Чернышев Р. С., Шотин А. Р., Кузнецова Е. Г. Получение высококонцентрированного препарата вируса панлейкопении кошек	56
Антоневский И. В., Лещёва Н. А., Ручко Е. Н., Плешакова В. И. Определение генетических детерминант биопленкообразования у изолятов, выделенных от животных в Омском Прииртышье	66
Падило Л. П., Сибгатуллова А. К., Агольцов В. А., Черных О. Ю., Калабеков М. И., Попова О. М. Методы лабораторной диагностики оспы овец и оспы коз	79

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

Рязанов И. Г., Белогуров В. В., Капитонова Е. А. Влияние органических кислот на продуктивность и жизнеспособность кур-несушек кросса «Ломанн Браун»	91
Кочиш И. И., Нестеров В. В., Коновалова Е. М. Применение селеносодержащего препарата для профилактики смертности эмбрионов и повышения вывода цыплят	97
Заяц О. В., Капитонова Е. А., Яцына О. А., Фуре Н. Л., Суялко Е. А. Шерстная и овчинно-шубная продуктивность овец романовской породы белорусской селекции	106

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Кощаев А. Г., Будько А. Э. Генетическая структура популяции первотелок голштинского скота по полиморфизму молочных белков CSN2, CSN3 и BLG	118
Федорова О. И., Орлова Е. А., Параскива Е. Е. Динамика продаж шкурок куницы на международном пушном аукционе «Союзпушнина»	126

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Горбачева М. В., Белевцова Д. В., Гордиенко И. М. Коллаген: достижения, инновации и перспективы	134
Роевко А. Д., Пименов Н. В. Биотехнология противорожистых вакцин: перспективные решения	144
Зубкова Е. С., Пасивкина М. А., Воробьев А. М., Алешкин А. В., Зулькарнеев Э. Р., Пименов Н. В. Отработка технологии производства бактериофага <i>Salmonella phage</i> SE40: от культивирования до получения очищенного фаголизата для фаготерапии	153

Научная статья

УДК 619:616.2:636.8

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506101

Статистика встречаемости опухолей носовой полости у кошек

**Алина Евгеньевна Деменева¹, Александр Александрович Дельцов²,
Евгений Александрович Корнюшенков³,
Сергей Владимирович Позябин⁴**

^{1,3} Ветеринарная клиника «Биоконтроль», Москва, Россия

^{2,4} Московская государственная академия ветеринарной медицины
и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку:

Алина Евгеньевна Деменева, alinademeneva0920@mail.ru

Аннотация

В ветеринарной медицине опухоли носовой полости у кошек встречаются относительно редко по сравнению с другими новообразованиями, но данная патология представляет серьезную проблему из-за сложной диагностики и лечения. С каждым годом качество диагностики и осведомленности владельцев в регулярном обследовании домашних животных улучшается, тем самым случаи рака носовой полости становятся все чаще диагностируемыми. КТ, гистология и своевременное применение лучевой терапии (иногда в комбинации с химиотерапией или хирургией) значительно улучшают прогноз и качество жизни кошек. Особое внимание следует уделять пожилым животным, кошкам с хроническими заболеваниями. На базе ветеринарной клиники ООО «Биоконтроль» были изучены 62 случая рака носовой полости у кошек, в 59 случаях была выполнена ортовольтная рентгентерапия на область поражения. Проведенная статистическая обработка пациентов на основании амбулаторного журнала клиники помогла определить наиболее часто встречаемые опухолевые поражения по результатам гистологического исследования.

Ключевые слова: новообразование, носовая полость, онкология, лимфома, аденокарцинома, лучевая терапия, компьютерная томография

Для цитирования: Деменева А. Е., Дельцов А. А., Корнюшенков Е. А., Позябин С. В. Статистика встречаемости опухолей носовой полости у кошек // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 6–13. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506101>

Review article

Statistics on the occurrence of nasal cavity tumors in cats

**Alina E. Demeneva¹, Alexander A. Deltsov²,
Evgeny A. Korniyushenkov³, Sergey V. Pozyabin⁴**

^{1,3} Veterinary Clinic "Biocontrol", Moscow, Russia

© Деменева А. Е., Дельцов А. А., Корнюшенков Е. А., Позябин С. В., 2025

Corresponding author:

Alina E. Demeneva, alinademeneva0920@mail.ru

Abstract

In veterinary medicine, tumors of the nasal cavity in cats are relatively rare compared to other types of cancer, but this condition is a serious concern due to the difficulty in diagnosis and treatment. Every year, the accuracy of diagnosis and awareness among owners about regular veterinary check-ups is improving, leading to an increase in the number of cases of nasal cavity cancers being diagnosed. CT scans, histological analysis, and timely use of radiotherapy (sometimes combined with chemotherapy or surgery) can significantly improve the prognosis and quality of life for cats with this condition. Special attention should be given to elderly cats with underlying health conditions. At the Biocontrol Veterinary Clinic, 62 cases of nasal cancer in cats were treated, with 59 undergoing orthovolt x-ray therapy targeting the affected area. Statistical analysis of patient records at the clinic helped identify the most common types of tumors based on histological examination results.

Keywords: neoplasm, nasal cavity, oncology, lymphoma, adenocarcinoma, radiation therapy, computed tomography

For citation: Demeneva A. E., Deltsov A. A., Korniyushenkov E. A., Pozyabin S. V. Statistics on the occurrence of nasal cavity tumors in cats // *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 6–13. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506101>

Введение. Диагностика и лечение онкологии носовой полости у кошек является актуальной и сложной задачей в ветеринарной медицине. С каждым годом качество диагностики и осведомленности владельцев в регулярном обследовании домашних животных улучшается, тем самым случаи рака носовой полости становятся все чаще диагностируемыми.

Опухоли этой локализации встречаются относительно редко, но они вызывают серьезные клинические проявления, а именно хронические выделения из носовой полости, чихание, эпистаксис, нарушение носового дыхания (дыхание ртом), неприятный запах, деформация лицевой части черепа и др., тем самым ухудшая качество жизни животных [4].

Новообразования в полости носа имеют локально агрессивный характер и могут разрушать окружающие мягкие ткани, проникать в решетчатую кость, ретроорбитальное пространство, а также свод черепа, где располагается головной мозг с возможной дальнейшей инвазией в него.

Радиотерапия (лучевая терапия) является одним из наиболее актуальных

и эффективных методов лечения опухолей носовой полости у кошек. Связано это в первую очередь с анатомической сложностью области, ограниченными возможностями хирургического вмешательства и высокой чувствительностью многих опухолей к облучению [2].

Наиболее частым встречающимся типом опухоли носовой полости и синусов является лимфома, вторыми по частоте встречаемости идут новообразования эпителиального характера, т.е. карциномы, а именно аденокарциномы, переходноклеточный рак и плоскоклеточный рак.

Радиочувствительность аденокарциномы и других карцином позволяет лечить их в монорежиме, с опухолями другого характера чаще все несколько сложнее. Например, лимфома имеет наиболее положительный прогноз при комбинированном лечении радиотерапией с химиотерапией [7].

Цель исследования. Изучить статистику встречаемости опухолей носовой полости у кошек.

Материалы и методы. В исследовании были изучены 62 кошки с новообразованиями носовой полости на базе ветеринарной

клиники ООО «Биоконтроль», в 59 случаях была выполнена ортовольтная рентгенография на область поражения.

Результаты исследования. В период с 2021 по начало 2025 г. было проанализировано 62 кошки с опухолями носовой полости. По результатам гистологического исследования среди них были зарегистрированы опухоли: лимфома, карцинома, аденокарцинома, веретенчатая саркома, фибросаркома,

а также эстезионейробластома и низкодифференцированная нейроэндокринная опухоль.

Лимфома полости носа встречалась у 21 (33,8 %) кошки, аденокарцинома – у 24 (38,7 %), карцинома встречалась у 9 (14,5%), на долю фибросаркомы и саркомы приходилось всего 6 кошек (9,6 %), эстезионейробластома и нейроэндокринная опухоль составили 3,2 % – по одной особи соответственно. Результаты представлены на рис. 1.

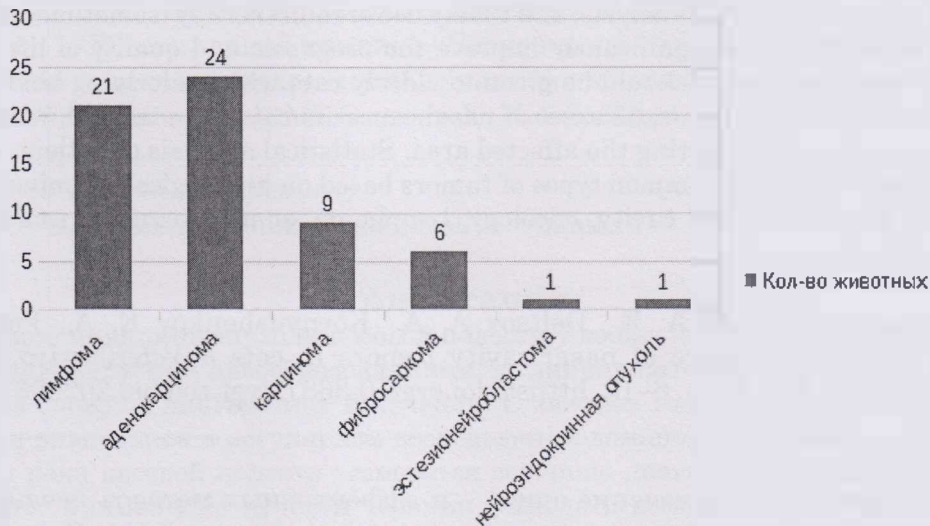


Рис. 1. Статистика встречаемости опухолей носовой полости у кошек

За весь период исследований среди всех новообразований носовой полости у кошек наиболее часто встречались лимфома и аденокарцинома, что, по нашим данным, составило 72,5 % соответственно.

Лимфома – это злокачественное новообразование, которое развивается из лимфоидной ткани и может поражать как саму носовую полость, так и прилежащие структуры (например, носоглотку). К развитию заболевания наиболее предрасположены кошки, инфицированные вирусом лейкемии кошек (FeLV) или вирусом иммунодефицита кошек (FIV) [5].

Лучевая терапия считается эффективной при локализованной лимфоме и ее применение в качестве терапии может значительно улучшать качество жизни кошек. Однако наилучшие результаты достигаются в комбинированном лечении вместе с химиотерапией. Решение о проведении химиотерапии совместно с лучевой терапией принимается вместе с онкологом и вра-

чом-радиотерапевтом на основе гистологии, стадии заболевания и состоянии животного в связи с высокой токсической нагрузкой на организм животного.

Аденокарцинома – злокачественная опухоль, которая развивается из железистых клеток слизистой оболочки носовой полости [8]. Аденокарцинома характеризуется агрессивным ростом и способностью к инвазии в окружающие ткани, включая кости черепа и мозг. Аденокарцинома носовой полости у кошек считается умеренно радиочувствительной опухолью, она достаточно хорошо отвечает на лучевую терапию, особенно если лечение начато на ранних стадиях течения заболевания. Лучевая терапия часто используется как основной метод лечения аденокарциномы носовой полости у кошек, поскольку хирургическое удаление может быть затруднено из-за ее локализации и инвазивного характера.

Оба заболевания являются злокачественными и требуют своевременной диаг-

ностики и правильно подобранной схемы лечения. На долю остальных новообразований за весь период исследований приходилось всего 27,4 %.

Саркомы носовой полости у кошек встречаются реже, чем лимфомы и аденокарциномы, но относятся к агрессивным злокачественным опухолям. Некоторые саркомы (например, фибросаркомы (из фиброзной ткани)) могут быть ассоциированы с вирусом саркомы кошек (FeSV) или хроническим воспалением [5, 8].

Фибросаркома в сравнении с лимфомой и аденокарциномой считается умеренно радиочувствительной. Лучевая терапия (ЛТ) – основной метод лечения, но наилучшие результаты достигаются при комбинированном подходе (хирургия+ЛТ).

Карциномы отличаются локальной агрессивностью, метастазируют реже, чем саркомы. Лучевая терапия считается золотым стандартом, благодаря их радиочувствительности позволяет лечить в монорежиме [8]. Карцинома слабо чувствительна к химиотерапии, применяют только при наличии метастаз в легких и лимфатических узлах.

Эстезионейробластома (ENB) – это редкая злокачественная опухоль, происходящая из обонятельного нейроэпителия носовой полости. У кошек она встречается крайне редко. Лечение эстезионейробластомы у кошек сложное, так как опухоль локально агрессивна и часто прорастает в окружающие ткани (решетчатую кость, орбиту и ГМ) [1, 6]. Резекция опухоли возможна только на начальном этапе развития

опухоли и локализованном процессе. Здесь важную роль играет ранняя диагностика. Полное удаление затруднено из-за инвазивного роста. Поэтому лучевая терапия является основным методом лечения, особенно при неоперабельном случае. Химиотерапия применяется редко, поскольку ENB слабо чувствительна к химиопрепаратам. Чаще используется как паллиативная мера или в комбинации с ЛТ [3, 9].

На этапе исследования были проанализированы несколько показателей, такие как возраст, порода, пол, кастрация, содержание, кормление, распространенность опухоли, сопутствующее заболевание, клинический статус на основании амбулаторного журнала приема ветеринарной клиники.

Данные о возрасте заболевших кошек указывают, что опухоли носовой полости чаще регистрируют у кошек в возрасте от 10 до 15 лет – 39 гол., что составляет 63 % соответственно от общего числа больных кошек. Вторым по встречаемости регистрируют возраст от 5 до 9 лет – 14 гол. (22,6 %); 1–4 лет – 5 гол. (8 %), от 16 и более лет – 4 гол. (6,5 %).

Для дальнейшего анализа была проведена более детальная статистическая обработка лимфомы и аденокарциномы полости носа в связи с наиболее частой встречаемостью среди кошек за весь период исследований.

Из всех регистрируемых опухолей аденокарцинома и лимфома встречалась у 45 кошек, результаты исследования представлены в таблице.

Таблица

Результаты встречаемости аденокарциномы и лимфомы носовой полости у кошек в зависимости от возраста

Число животных, гол.	Опухоль носовой полости в зависимости от возраста							
	1–4 года		5–9 лет		10–15 лет		16 и более	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Аденокарцинома								
24	–	–	3	12,5	18	75	3	12,5
Лимфома								
21	2	9,5	6	28,5	13	62	–	–

Нами была также проанализирована породная предрасположенность кошек с опухолями носовой полости, по результатам

которой подтверждаются сведения о частой встречаемости патологий у беспородных кошек – 42 (67,7 %), мейн-куны занимают вто-

рое место по частоте встречаемости, их количество составило 8 (13 %), 4 британские кошки подверглись заболеванию всего в 6,5 % случаев. Результаты встречаемости по породному признаку представлены на рис. 2.



Рис. 2. Встречаемость опухолей носовой полости у кошек по породному признаку, гол.

По данным из амбулаторного журнала приема, было отмечено, что половой predisposition к заболеваниям не наблюдается. Среди 62 кошек 50 % составили особи мужского пола, 50 % – особи женского пола соответственно. Кастрированы были 52 особи и 10 не подвергались кастрации.

Роль содержания и кормления кошек в развитии онкологических заболеваний может быть значительной, так как неправильное питание и неблагоприятные условия содержания способствуют возникновению и прогрессированию рака у животных. По нашим данным, 54 кошки квартирного содержания, 5 кошек домашнего содержания со свободным выгулом на улице, 3 кошки были подобраны с улицы уже во взрослом возрасте с признаками наличия злокачественной патологии (деформация спинки носа, наличие одностороннего экзофтальма, объемное новообразование в области головы).

Кошки квартирного содержания в качестве кормления употребляют лечебные типы кормов, а также сухие и влажные, небольшая часть употребляет натураль-

ное питание. Кошки со свободным выгулом и подобранные с улицы употребляют сухие и влажные корма, без особой диеты.

По данным из заключения компьютерной томографии, были отмечены 20 животных с распространением новообразования на решетчатый лабиринт, носоглотку, ретробульбарное пространство, лобные пазухи, головной мозг (обонятельные луковицы).

Были также выделены наиболее часто встречаемые сопутствующие заболевания. По нашей статистике, чаще встречались внутренние незаразные болезни, такие как заболевания печени и почек, панкреатит (острый и хронический), а также заболевания сердца (ХСН В1, ГКМП). Отдельно отметили кошек, инфицированных вирусом лейкемии кошек (FeLV) или вирусом иммунодефицита кошек (FIV), по гистологическому заключению которых была обнаружена лимфома носовой полости.

В связи с наиболее частой встречаемостью аденокарциномы и лимфомы носовой полости в качестве примера локализации новообразований были выделены два клинических случая у кошек с регрессией опухоли по данным КТ (компьютерной томографии) после лучевой терапии.

Клинический случай кошки с лимфомой носовой полости. КТ-картина от 21.09.24 представлена на рис. 3.

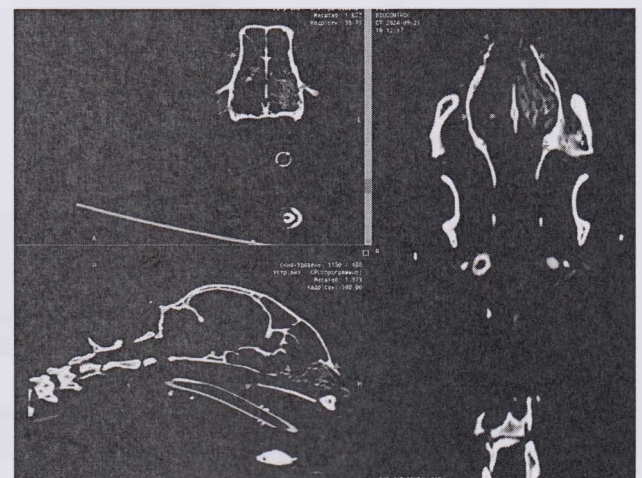


Рис. 3. Компьютерная томография лимфомы носовой полости у кошки до проведения лучевой терапии. Образование поражает левый носовой ход, а также носоглотку, вызывает деструкцию носовых раковин и турбиналий, решетчатой и носовой костей

Повторная КТ от 14.12.2024 после проведения лучевой терапии представлена на рис. 4.

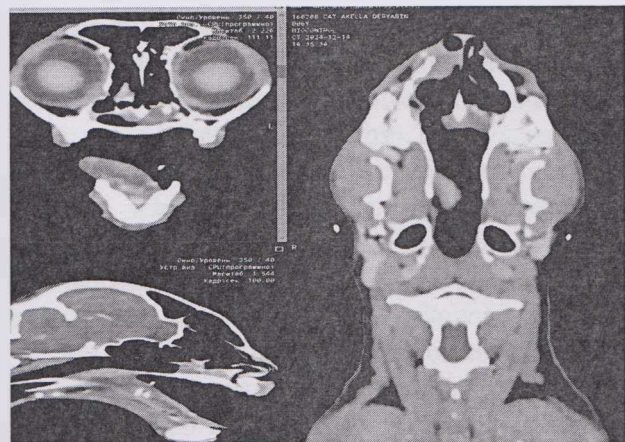


Рис. 4. Компьютерная томография лимфомы носовой полости у кошки после проведения лучевой терапии. КТ-картина новообразования носовой полости справа (в сравнении с исследованием от 21.09.24 положительная динамика в виде уменьшения объема образования)

Клинический случай кошки с аденокарциномой носовой полости. КТ-картина от 09.12.2024 представлена на рис. 5. После выполнения КТ провели риноскопию в сторонней клинике.



Рис. 5. Компьютерная томография аденокарциномы носовой полости у кошки до проведения лучевой терапии. Образование правого носового хода с распространением в левый носовой ход, решетчатую кость, носоглотку, клиновидные пазухи и правую орбиту

Спустя месяц после проведения курса лучевой терапии было сделана повторная КТ для оценки динамики опухоли. Результаты представлены на рис. 6.

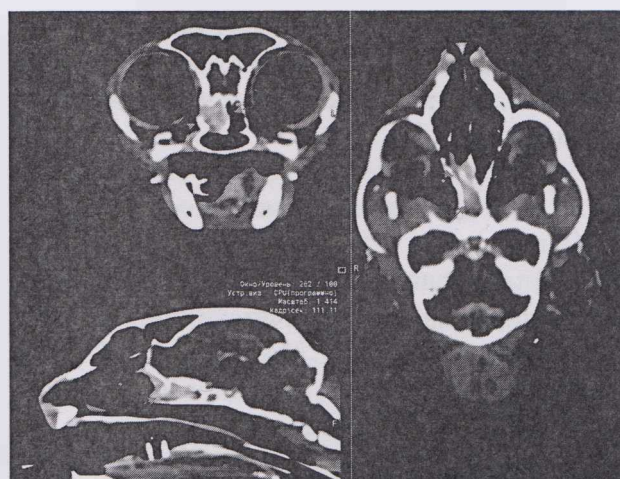


Рис. 6. Компьютерная томография аденокарциномы носовой полости у кошки после проведения лучевой терапии. КТ-картина остаточного новообразования на уровне клиновидных пазух. Наблюдается положительная динамика от 09.12.24 в виде уменьшения объема новообразования

Закключение. Проведенное нами исследование показало, что опухоли носовой полости у кошек представляют серьезную проблему в ветеринарии из-за своего агрессивного роста, инвазии в окружающие ткани и значительного ухудшения качества жизни животных. Наиболее распространенными типами новообразований является аденокарцинома (38,7 %) и лимфома (33,8 %), которые вместе составляют 72,5 % всех случаев.

Лимфома чаще развивается у кошек, инфицированных FeLV или FIV, и требует комбинированного лечения (лучевая терапия + химиотерапия) для достижения наилучшего результата. Аденокарцинома, несмотря на агрессивный рост, хорошо отвечает на лучевую терапию, особенно на ранних стадиях.

Другие опухоли (саркомы, карциномы, эстезионейробластома) встречаются реже и имеют разную радиочувствительность, но лучевая терапия остается основным методом лечения из-за сложности хирургического вмешательства.

Факторами риска выступает возраст кошек, так как большинство случаев (63 %) приходится на 10–15 лет. Чаще болеют беспородные кошки (67,7 %), затем мейн-куны (13 %). Большинство заболевших – квартир-

ные кошки (87 %), что может быть связано с лучшей выявляемостью. Особое внимание следует уделять кошкам с хроническими заболеваниями.

Список источников

1. Клинико-морфологическое обоснование возникновения интраназальных лимфом у кошек / Ю. Н. Меликова, Л. Ф. Сотникова // Вестник Ульяновской ГСХА. 2022. №1(57). С. 162–166.
2. Новые пути решения проблемы замещения дефектов при обширной резекции у животных с опухолями костей / Е. А. Корнюшенков, Л. В. Голуб, Н. Ю. Анисимова [и др.] // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. 2013. № 3. С. 12–16.
3. Возможности лекарственной терапии лимфомы кошек по схеме COP (винкристин, циклофосфан, преднизолон) / В. О. Полиматиди, М. Н. Якунина, А. Л. Кузнецова, А. А. Шимширт // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. 2014. № 3. С. 12–14.
4. Митрушкин Д. Е. Лимфома костей у собак и кошек / Д. Е. Митрушкин, Е. А. Корнюшенков // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. 2014. № 3. С. 28–33.
5. Оптимальный режим фракционирования при лучевой терапии опухолей полости носа у собак / М. В. Родионов, А. Л. Кузнецова, Л. В. Голуб, Е. А. Корнюшенков // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. 2015. № 2. С. 6–8.
6. Огнерубов Н. А. Эстезионейробластома. Ретроспективный анализ 10 наблюдений / Н. А. Огнерубов, Т. С. Антипова, М. А. Огнерубова // Consilium Medicum. 2022. №9. С. 618–624.
7. Фармакохимическая защита от ионизирующего излучения / Н. П. Лысенко, М. В. Щукин, Ц. Ц. Содбоев, А. А. Дельцов. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной

медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», 2018. 25 с.

8. Влияние комбинации пропופол и изофлуран на основные физиологические параметры кошек / Д. Ю. Акимов, М. Н. Макарова, Д. С. Ваганова [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. Т. 1. № 12. С. 70–78.
9. Шумаков Н. И. Современные методы диагностики новообразований надпочечников у мелких домашних животных / Н. И. Шумаков, М. Г. Чиликин, С. В. Позябин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 8. С. 6–19.

References

1. Clinical and morphological substantiation of the occurrence of intranasal lymphomas in cats. Yu.N. Melnikova, L.F. Sotnikova. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2022. (1): 162–166.
2. New approaches to solving the problem of bone tumor defect replacement during surgical resection in animals. E. A. Konyushenko, L. V. Golub, N. Y. Anisimova et al. Russian Veterinary Journal: Small domestic and wild animals. 2013. (3): 12–16.
3. Possibilities of drug therapy of feline lymphoma according to the SNOR scheme (vincristine, cyclophosphamide, prednisolone). V. O. Polymatidi, M. N. Yakunina, A. L. Kuznetsova, A. A. Shimshirt. Russian Veterinary Journal. Small domestic and wild animals. 2014. (3): 12–14.
4. Mitrushkin D. E. Bone lymphoma in dogs and cats. D. E. Mitryushkin, E. A. Kornyushenkov. Russian Veterinary Journal. Small domestic and wild animals. 2014. (3): 28–33.
5. Optimal fractionation regimen for radiation therapy of nasal cavity tumors in dogs. M. V. Rodionov, A. L. Kuznetsova, L. V. Golub, E. A. Kornyushenkov. Russian Veterinary Journal. Small domestic and wild animals. 2015. (2): 6–8.
6. Ognerubov N. A. Esthesioneuroblastoma. A retrospective analysis of 10 observations. N. A. Ognerubov, T. S. Antipova, M. A. Ognerubova. Consilium Medicum. 2022. (9): 618–624.

7. Lysenko N. P. Pharmacochemical protection against ionizing radiation. N. P. Lysenko, M. V. Shchukin, Ts. Ts. Sodboev, A. A. Deltsov. Moscow. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education. Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology MBA named after K.I. Scriabin. 2018. 25 p.
8. The effect of the combination of propofol and isoflurane on the basic physiological parameters of cats. D. Y. Akimov, M. N. Makarova, D. S. Vaganova [et al.]. Veterinary medicine, animal science and biotechnology. 2024. (12): 70–78.
9. Shumakov N. I. Modern methods of diagnosis of adrenal neoplasms in small domestic animals. N. I. Shumakov, M. G. Chilikin, S. V. Pozyabin. Veterinary, animal science, and biotechnology. 2024. (8): 6–19.

Информация об авторах

А. Е. ДЕМЕНЕВА – ассистент ветеринарного врача;

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;

Е. А. КОРНЮШЕНКОВ – кандидат биологических наук, главный врач;

С. В. ПОЗЯБИН – доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, ректор, заведующий кафедрой ветеринарной хирургии.

Information about the authors

A. E. DEMENEVA – Assistant Veterinarian at the Biocontrol Clinic;

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;

E. A. KORYUSHENKOV – Candidate of Biological Sciences, Chief Physician of the Biocontrol Veterinary Clinic;

S. V. POZYABIN – Doctor of Veterinary Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Science, Head of the Department of Veterinary Surgery, Rector.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикацию.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

All 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 09.04.2025; одобрена после рецензирования 14.04.2025; принята к публикации 19.04.2025.

The article was submitted 09.04.2025; approved after reviewing 14.04.2025; accepted for publication 19.04.2025.

Научная статья

УДК: 591.8:591.431.4:636.7

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506102

Микроморфологические особенности эмали у собак

Валерий Владимирович Фролов¹, Ярослав Игоревич Новиков²,
Алла Владимировна Егунова³, Вячеслав Алексеевич Иванцов⁴

^{1, 2, 3} Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

⁴Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹vet-dent@mail.ru;

²yaroslav_novikov_1995@mail.ru;

³vetdust@mail.ru;

⁴ivancov@mgavm.ru

Автор, ответственный за переписку:

Вячеслав Алексеевич Иванцов, ivancov@mgavm.ru

Аннотация

В статье представлены микроморфологические особенности эмалевых призм зубов у собак. Исследование выполнялось на базе кафедры болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Вавиловский университет» и кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А. Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина. Объектом исследования являлись собаки-мезоцефалы (n=40) в возрасте от 2 до 3 лет. Материалом для исследования служили резцы верхней и нижней челюстей (n=40). Использовали метод световой микроскопии и микроморфометрии микропрепаратов зуба по общепринятой методике. На основании проведенных исследований микроструктуры эмалевых призм собак было выявлено, что все они не имели четкой и определенной формы с резко исчерченными краями. Установлено, что ширина эмалевых призм превосходила ее длину. Определен вектор, который имел направление в сторону корня зуба за счет того, что со стороны верхушки коронки зуба края эмалевых призм были прикрыты позади лежащими микроанатомическими структурами в виде их незначительного наложения с обособленным свободным краем, обращенным в сторону шейки зуба, и закрытым краем, расположенным со стороны верхушки коронки зуба. Такой общий вид внешней поверхности эмалевого покрова представлял собой мозаичный вид, напоминающий рыбью чешую. Микроморфологическое изучение эмалевого слоя показало, что концентрация эмалевых призм не одинакова: максимальное их сосредоточение приходилось по краям эмали зуба, т.е. со стороны дентина и внешней поверхности.

Ключевые слова: ветеринарная стоматология, эмаль, микроморфология зубов, твердые ткани зубов, покровная система зуба, эмалевые призмы, собаки

Для цитирования: Фролов В. В., Новиков Я. И., Егунова А. В., Иванцов В. А. Микроморфологические особенности эмали у собак // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 14–20. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506102>

Micromorphologic characteristics of enamel in dogs

Valery V. Frolov¹, Yaroslav I. Novikov²,
Alla V. Egunova³, Vyacheslav A. Ivantsov⁴

^{1,2,3} Saratov State University of Genetics, Biotechnology
and Engineering by N. I. Vavilov, Saratov, Russia

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

¹vet-dent@mail.ru;

²yaroslav_novikov_1995@mail.ru;

³vetdust@mail.ru;

⁴ivancov@mgavm.ru

Corresponding author:

Vyacheslav A. Ivantsov, ivancov@mgavm.ru

Abstract

The article presents micromorphological features of enamel prisms of teeth in dogs. The study was carried out on the basis of the Department of Animal Diseases and Veterinary and Sanitary Examination of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Vavilov University and the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Prof. A.F. Klimov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K.I. Skryabin. The object of the study was mesocephalic dogs (n=40) aged from 2 to 3 years. The incisor group of teeth (n=40) served as a material for the study. We used the method of light microscopy and micromorphometry of tooth micropreparations according to the generally accepted technique. Based on the studies of the microstructure of enamel prisms of dogs, it was revealed that all of them did not have a clear and definite shape with sharply striated edges. The width of the enamel prisms was found to be superior to the length. Their vector, which had a direction towards the root of the tooth, was revealed. Due to the fact that from the side of the tooth crown apex the edges of enamel prisms were covered by the posterior microanatomical structures in the form of their insignificant overlapping, with a separate free edge facing the tooth neck and a closed edge located from the side of the tooth crown apex. This general appearance of the outer surface of the enamel cover presented a mosaic appearance resembling fish scales or. Micromorphologic study of the enamel layer showed that the concentration of enamel prisms was not equal: their maximum concentration occurred at the edges of the tooth enamel, i.e., on the dentin side and the outer surface.

Keywords: veterinary dentistry, enamel, dental micromorphology, dental hard tissues, tooth covering system, enamel prisms, dogs

For citation: Frolov V. V., Novikov Ya. I., Egunova A. V., Ivantsov V. A. (2025) Micromorphologic characteristics of enamel in dogs. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 14–20. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506102>

Введение. Несмотря на видимую простоту в структуре эмали зуба, она обладает большим количеством биологических свойств. Вследствие усиленной минерализации некоторые ее физиологические свой-

ства (как, например, регенерация) в процессе филогенеза могут быть утрачены. Однако единственно сохранившейся функцией, играющей важную роль в развитии патологического процесса, является ее про-

ницаемость – способность пропускать через собственную стенку жидкости с растворенными в них минеральными и органическими веществами [1–3, 6, 7, 9, 10, 14].

У собак эмаль обладает покровным свойством ткани зубного органа и выполняет две функции: во-первых, служит барьером для объектов внешней среды, с которыми она контактирует, в случаях биомеханической нагрузки на зуб; во-вторых, участвует в рецепции свойств корма (жесткость, размер, температуры и др.) [1–3, 6, 7, 9, 10, 14].

В соответствии с биологическим назначением эмаль характеризуется высокой прочностью. Этим свойством она обладает благодаря своему минеральному составу, представленному в основном гидроксипатитоподобными кристаллами и составляющему по своей массе 96–97 % от самой ткани. Несмотря на высокий уровень минерализации, покровная система зубного органа характеризуется достаточно высоким уровнем обменных процессов, которые заключаются в деминерализации и реминерализации. Оба процесса в норме сбалансированы между собой, а в случаях их нарушения неизбежно происходят различные деструктивные изменения, что резко снижает ее функции [1–3, 6, 7, 9, 10, 14].

Микроморфологическое строение эмали имеет сложную микроскопическую картину. Общеизвестно, что данная ткань зуба имеет ряд структурно оптических особенностей, к которым относятся линии роста эмали, линии Ретциуса, поперечные полосы, перикиматы и т.д. [1–3, 6, 7, 9, 10, 14].

Вопрос о строении эмалевых призм у собак изучен не до конца. Так, не полностью освещены данные по их форме, положению, направлению и размеру [1–15].

Цель исследования. Установить микроморфологические особенности эмалевых призм зубов у собак.

Материалы и методы. Исследования проводились на кафедре болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Вавиловский университет» и кафедре анатомии и гистологии животных имени профессора А. Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина. Объектом исследования выступали со-

баки-мезоцефалы ($n=40$) в возрасте от 2 до 3 лет. Материалом для исследования служила резцовая группа зубов ($n=40$). Использовали метод световой микроскопии и микроморфометрии микропрепаратов зубов по общепринятой методике.

Результаты и обсуждение. При изучении микропрепаратов зуба установлено, что эмалевые призмы у собак имеют ряд особенностей не только по форме, но и в распределении самих призм в эмалевой ткани.

Степень окрашивания гематоксилином и эозином эмалевых призм зубов собак различна в зависимости от участка. Периферические части призм проецируются лучше, чем центральные. Края призм имеют более яркий серый или фиолетово-розовый цвет, а центр – бледно-серый цвет. По нашему мнению, разница в окраске различных областей эмалевых призм изучаемых животных связана с различной степенью ее минерализации, сказываясь на проницаемости.

Эмалевые призмы зуба не имели какой-либо определенной формы (рис. 1, 2). Их формы были весьма вариабельны с нечеткими контурами, что не позволило их классифицировать или определить геометрическую форму: овал, квадрат, ромб или трапеция.

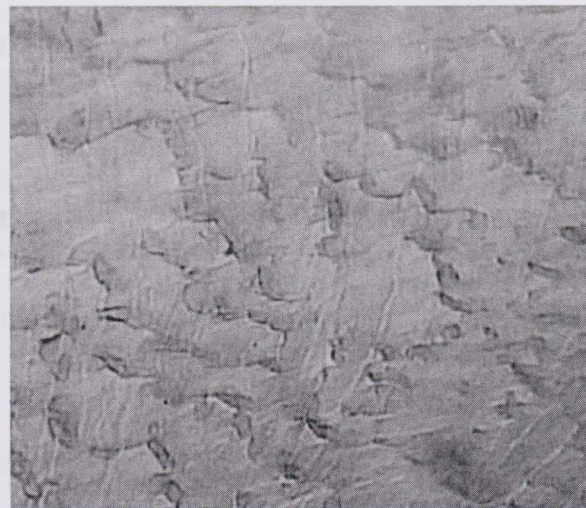


Рис. 1. Микроскопическая картина эмалевых призм зуба собаки (2 года). Гематоксилин и эозин, об. 20, ок. 10

Края эмалевых призм имели резко очерченный вид с множеством выпуклостей и вогнутостей. Прямых линий края эмалевых призм выявлено не было.

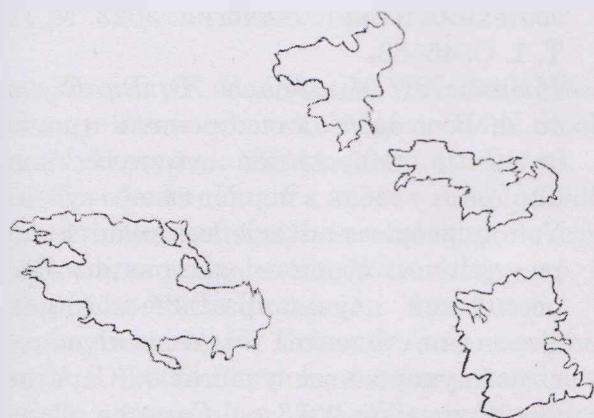


Рис. 2. Эмалевые призмы зуба собаки.
Рисунок с микропрепарата

При сравнении между собой эмалевых призм установлено определенное превалирование их ширины над длиной, которая составляла 630–650 μm против 120–150 μm . Таким образом, их размер варьировался в пределах 120–650 μm .

Изучение расположения призм на наружной поверхности эмали показало, что имеется определенная закономерность. Все изучаемые микроструктуры своими краями были обращены в сторону шейки зуба. В таком случае векторная сторона эмалевых призм своим краем всегда заходила напереди лежащую изучаемую микроструктуру. Такое положение приводило к тому, что противоположная сторона, обращенная к верхушке коронки, всегда была прикрыта позади лежащей призмой. Таким образом, внешний вид наружной поверхности эмалевого покрова напоминает вид черепичной крыши или рыбьей чешуи.

Между призмами можно выделить место межпризменного контакта в виде четких границ соприкосновения, которые образованы определенной ориентацией их кристаллов. Так, в центральных отделах они расположены перпендикулярно к поверхности. В периферических же частях кристаллы лежат под углом по отношению к внешнему слою.

Особый интерес вызывает неочищенная поверхность внешнего слоя эмалевой ткани. На ней была выявлена различного рода зернистость, которая создает поля. На них наиболее четко видны углубления и борозды различной величины, вероятно, механиче-

ского происхождения. Часто отмечаются наложения одного слоя призм на другой, создающие таким образом вид широких волн, называемых перикиматиями.

Обычно перикиматии имеют форму неровной линии и циркулярно опоясывают поверхностный слой эмали. Они расположены через определенные промежутки, которых меньше в области шейки зуба, а по направлению к жевательной поверхности постепенно увеличиваются. В некоторых случаях нами было выявлено, что перикиматии образуют своего рода фигуры в виде дуг, острых углов, выступов, прямых линий и т.д.

Микроскопическое изучение толщины эмалевого слоя показало неравномерность распределения в нем эмалевых призм. Как показали наши исследования, наиболее плотное расположение призм отмечалось на внутренней и внешней поверхностях эмали. В центральной ее области плотность эмалевых призм была менее выражена, что может свидетельствовать о слоистой структуре эмалевой ткани, слои которой направлялись вдоль коронки зуба (рис. 3).

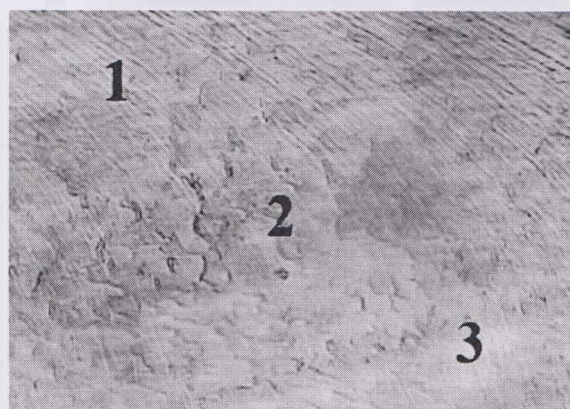


Рис. 3. Микроскопическая картина эмали зуба собаки (2 года). Гематоксилин и эозин, об. 20, ок. 10: 1 – внутренний слой; 2 – средний слой; 3 – внешний слой

На основании наших исследований установлены следующие слои эмали: внутренний (соприкасается с дентином), средний и внешний слой, покрытый наружной оболочкой – пелликулой.

Микроморфометрические измерения показали, что толщина всех слоев эмали у собак переменна. Так, в пришеечной

части коронки внутренний слой был самым толстым и составлял 230–250 μm . Средний слой был самым тонким и составлял порядка 140–150 μm , в то время как внешний имел толщину 180–200 μm .

Заключение. На основании проведенных исследований микроструктуры эмалевых призм собак было выявлено, что все они не имели четкую и определенную форму с резко исчерченными краями. Установлено, что ширина эмалевых призм превосходила длину. Был выявлен их вектор, который имел направление в сторону корня зуба за счет того, что со стороны верхушки коронки зуба края эмалевых призм были прикрыты позади лежащими микроанатомическими структурами в виде их незначительного наложения, с обособленным свободным краем, обращенным в сторону шейки зуба, и закрытым краем, расположенным со стороны верхушки коронки зуба. Такой общий вид внешней поверхности эмалевого покрова представлял собой мозаику, напоминающую рыбу чешую. Микроморфологическое изучение эмалевого слоя показало, что концентрация эмалевых призм не одинакова: максимальное их сосредоточение находилось по краям эмали зуба, т.е. со стороны дентина и внешней поверхности.

Таким образом, нами установлены особенности микроморфологии эмали зуба у собак с мезоцефалической формой головы.

Список источников

1. Боровский Е. В., Леонтьев В. К. Биология полости рта. М.: Мед. Книга. Н. Новгород: НГМА, 2001. 304 с.
2. Костиленко Ю. П., Бойко И. В. Структура зубной эмали и ее связь с дентином // Стоматология. 2005. № 5. С. 10–13.
3. Логинова Н. К., Колесник А. Г., Бартев В. С. Физиология эмали и дентина // Стоматология: научно-практический рецензируемый журнал. 2006. № 4 (85). С. 60–68.
4. Новиков Я. И., Фролов В. В. и др. Микроморфологическая характеристика твердых тканей зуба у собак различных возрастных групп // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 12. Т. 1. С. 45–53.
5. Новиков Я. И., Фролов В. В., Егунова А. В. и др. Количественные и качественные нарушения зубочелюстного аппарата у собак в период смены зубов // Young people and science: results and perspectives: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием (Саратов, 06–08 декабря 2023 г.). Саратов: Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, 2023. С. 29–30.
6. Слесаренко Н. А., Иванцов В. А. Клиническая анатомия зубного органа собаки. 2-е изд., доп. М.: ООО «Академия Принт», 2024. 122 с.
7. Слесаренко Н. А., Иванцов В. А. Прикладная анатомия зубного органа собаки. М.: ООО Принт-люкс, 2018. 72 с.
8. Слесаренко Н. А., Иванцов В. А., Фролов В. В. Сравнительная морфология постоянных резцов представителей семейства Canidae // Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н. И. Вавилова. 2014. № 2. С. 36–41.
9. Фалин Л. И. Гистология и эмбриология полости рта и зубов. М.: Медицина, 1963. 220 с.
10. Фролов В. В. Дентиция и генерации зубов у собак (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). М.: ИКЦ «Колос-С», 2020. 255 с.
11. Фролов В. В. и др. Стоматология собак. М.: Аквариум, 2006. 288 с.
12. Фролов В. В., Копчекчи М. Е., Зирук И. В. и др. Абфракционные поражения зубов у собак // Аграрная наука. 2023. № 1. С. 27–30.
13. Фролов В. В., Новиков Я. И., Егунова А. В. Гистоморфология шлифов зубов у щенят // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). С. 69–76.
14. Hillson S. Teeth. 2-d ed. UK: Cambridge university press, 2005. 373 p.
15. Veterinary Dentistry: A Team Approach / Steven E. Holmstrom – Saunders An imprint for Elsevier Inc., 2013. 434 p.

References

1. Borovsky E. V., Leontiev V. K. (2001) Biology of the oral cavity. Moscow: Med. Book. N. Novgorod: NGMA. 304 p. (In Russ.).
2. Kostilenko Yu. P., Boyko I. V. (2005) Structure of tooth enamel and its connection with dentin. *Stomatology*, no. 5, pp. 10–13 (In Russ.).
3. Loginova N. K., Kolesnik A. G., Bartenev V. S. (2006) Physiology of enamel and dentin. *Stomatology: scientific and practical peer-reviewed journal*, no. 4 (85), pp. 60–68 (In Russ.).
4. Novikov Ya. I., Frolov V. V. et al. (2023) Micromorphological characterization of dental hard tissues in dogs of different age groups. *Veterinary, zootechnics and biotechnology*, no. 12, vol. 1, pp. 45–53 (In Russ.).
5. Novikov Ya. I., Frolov V. V., Egunova A. V. (2023) Quantitative and qualitative violations of the dentoalveolar apparatus in dogs during the period of tooth replacement // Young people and science: results and perspectives: Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference of students and young scientists with international participation (Saratov, December 06–08, 2023). Saratov: Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky. Pp. 29–30 (In Russ.).
6. Slesarenko N. A., Ivantsov V. A. (2024) Clinical anatomy of the dental organ of the dog. 2nd ed., supplemented. Moscow: LLC "Academy Print". 122 p. (In Russ.).
7. Slesarenko N. A., Ivantsov V. A. (2018) Applied anatomy of the dental organ of the dog. Moscow: LLC Print-lux. 72 p. (In Russ.).
8. Slesarenko N. A., Ivantsov V. A., Frolov V. V. (2014) Comparative morphology of permanent incisors of representatives of the family Canidae. *Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov*, no. 2, pp. 36–41 (In Russ.).
9. Falin L. I. (1963) Histology and embryology of the oral cavity and teeth. Moscow. Medicine. 220 p. (In Russ.).
10. Frolov V. V. Dentition and generation of teeth in dogs (Textbooks and teaching aids for students of higher educational institutions). M.: ICC «Kolos-S». 2020. 255 p. (In Russ.).
11. Frolov V. V. et al. (2006) Dentistry of dogs. Moscow: Akvarium. 288 p. (In Russ.).
12. Frolov V. V., Kopchekchi M. E., Ziruk I. V. et al. (2023) Abfractional lesions of teeth in dogs. *Agricultural science*, no. 1, pp. 27–30 (In Russ.).
13. Frolov V. V., Novikov Ya. I., Egunova A. V. (2023) Histomorphology of tooth splints in puppies. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, no. 4 (64), pp. 69–76 (In Russ.).
14. Hillson S. (2005) Teeth. 2-d ed. UK: Cambridge university press. 373 p.
15. (2013) Veterinary Dentistry: A Team Approach / Steven E. Holmstrom. Saunders An imprint for Elsevier Inc. 434 p.

Информация об авторах:

В. В. ФРОЛОВ – доктор биологических наук, профессор кафедры болезни животных и ВСЭ;

Я. И. НОВИКОВ – аспирант кафедры болезни животных и ВСЭ;

А. В. ЕГУНОВА – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры болезни животных и ВСЭ;

В. А. ИВАНЦОВ – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А. Ф. Климова.

Information about the authors:

V. V. FROLOV – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Animal Disease and Food Safety;

Ya. I. NOVIKOV – Postgraduate student of the Department of Animal Diseases and Food Safety;

A. V. EGUNOVA – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Animal Diseases and Food Safety;

V. A. IVANTSOV – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Histology of Animals.

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 10.04.2025; одобрена после рецензирования 15.04.2025; принята к публикации 20.04.2025.

The article was submitted 10.04.2025; approved after reviewing 15.04.2025; accepted for publication 20.04.2025.

Научная статья

УДК 576.353.2: 616-092.19

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506103

Изучение пролиферативной активности селезенки в условиях ожоговой травмы кожи

Альфия Кадыровна Ажикова¹,
Бронислав Владимирович Фельдман²

^{1,2} Астраханский государственный медицинский
университет Минздрава России, Астрахань, Россия

¹ alfia-imacheva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9758-1638>.

Автор, ответственный за переписку:

Альфия Кадыровна Ажикова, alfia-imacheva@mail.ru

Аннотация

В статье описаны результаты изучения пролиферативной активности селезенки в условиях ожоговой травмы кожи. Исследование проводили на нелинейных крысах мужского пола средней массой 220 г в возрасте 4–6 мес. Лабораторные животные были разделены на 7 групп, по 10 особей в каждой. 1-я группа (контроль) включала интактных животных, которым ожоговое воздействие не проводилось. 2–7 опытные группы составили лабораторные животные, подвергшиеся ожоговому воздействию и выведенные из эксперимента на 2-е, 4-е, 7-е, 10-е, 14-е, 21-е сут после ожога соответственно. Во всех опытных группах моделировали контактную ожоговую травму в депилированной межлопаточной области спины в условиях эфирной наркотизации. Поражая кожу, ожоговая травма запускает каскад последовательных реакций на уровне целостного организма. В условиях развивающегося при ожогах эндотоксикоза центральное место в восстановлении и сохранении гомеостаза отводится селезенке. В ходе исследования установлено, что в динамике послеожогового процесса кожи в селезенке происходило снижение пролиферативных процессов, что указывало на системное влияние ожоговой травмы. Принимая во внимание результаты исследования, можно сделать вывод о том, в ранние сроки (2–4 сут) ожогового воздействия в селезенке отмечено заметное снижение пролиферативной активности клеток, свидетельствующее об угнетении функциональной активности иммунного органа. По истечении 14 сут происходило постепенное восстановление пролиферативного потенциала.

Ключевые слова: пролиферативная активность, селезенка, кожа, ожоговая травма, Ki-67, иммуногистохимическое исследование

Для цитирования: Ажикова А. К., Фельдман Б. В. Изучение пролиферативной активности селезенки в условиях ожоговой травмы кожи // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 21–28. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506103>

Study of the proliferative activity of the spleen under conditions of burn injury of the skin

Alfiya K. Azhikova¹, Bronislav V. Feldman²

^{1,2}Astrakhan State Medical University, Ministry of Health of Russia, Astrakhan, Russia

Corresponding author:

Alfiya K. Azhikova, alfiya-imacheva@mail.ru

Abstract

The article describes the results of studying the proliferative activity of the spleen under conditions of burn injury. The study was carried out on non-linear male rats with an average weight of 220 grams. Age 4–6 months. Laboratory animals were divided into 7 groups of 10 individuals each. Group 1 (control) included intact animals that did not undergo burn exposure. 2–7 experimental groups were laboratory animals exposed to burns and removed from the experiment on the 2-, 4-, 7-, 10-, 14-, 21st day after the burn, respectively. In all experimental groups, contact burn injury was simulated in the depilated interscapular region of the back under ether narcotic conditions. By affecting the skin, the burn injury triggers a cascade of sequential reactions at the level of the whole organism. In conditions of endotoxemia developing during burns, the spleen is central to the restoration and preservation of homeostasis. During the study, it was found that in the dynamics of the postburn process of the skin in the spleen, there was a decrease in proliferative processes, which indicated a systemic effect of burn injury. Taking into account the results of the study, it can be concluded that in the early period (2–4 days) of burn exposure in the spleen, a noticeable decrease in the proliferative activity of spleen cells was noted, indicating inhibition of the functional activity of the immune organ. After 14 days, the proliferative potential was gradually restored.

Keywords: proliferative activity, spleens, skin, burn injury, Ki-67, immunohistochemical research

For citation: Azhikova A. K., Feldman B. V. (2025) Study of the proliferative activity of the spleen under conditions of burn injury of the skin. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 21–28. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506103>

Введение. В последние годы нарушения гомеостаза рассматриваются с позиции системной дезорганизации на уровне молекулярно-клеточных взаимодействий [10, 14]. В настоящее время в научном сообществе сформировалось представление об инициации морфофункциональных нарушений в органах иммунной системы на фоне стрессорного фактора. Как составляющая регуляторов гомеостаза, система иммунитета участвует в процессах воспаления, ангиогенеза, реэпителизации и восстановления тканей. Так, при ожоговых повреждениях кожи в условиях развивающегося эндотоксикоза централь-

ное место в нормализации кроветворения, белковом обмене и сохранении лимфатического гомеостаза отводится селезенке [1, 11]. Поскольку селезенка как орган иммуногенеза ответственна за эффективность клеточного и гуморального иммунного ответа, в ней протекают апоптотические и пролиферативные процессы. Исследования подтверждают наличие взаимосвязей между нарушениями селезенки и патогенезом нарушений кожи [4, 8]. Вместе с тем в литературе нет полного представления об особенностях пролиферативной активности селезенки крыс в условиях ожогового процесса кожи.

В настоящее время наиболее точным методом оценки пролиферативного пула клеток при патофизиологических состояниях является иммуногистохимическое исследование, которое имеет высокую прогностическую значимость [3]. Изучение таких иммуногистохимических маркеров, как маркеры пролиферации, апоптоза, регенераторного процесса и т.д., позволит точно оценить интенсивность репаративных процессов в поврежденных тканях и может быть рекомендовано в качестве модели для определения выраженности репарации [2].

Среди иммуноцитохимических маркеров наиболее высокоселективным и цитоспецифичным является маркер Ki-67 – маркер пролиферативной активности клеток [9]. Присутствие маркера клеточной пролиферации в клетках только во время процесса деления и разрушение его в течение 1,5 ч после окончания митоза определяет пролиферативный потенциал нормальной или поврежденной ткани. Поскольку Ki-67 разрушается после митоза в течение 60–90 мин, клетки в этот временной промежуток не окрашиваются им в раннем пресинтетическом периоде интерфазы клеточного цикла. При использовании моноклональных антител к белку Ki-67 ядра клеток меняют свою окраску на коричневую, отражая таким образом восстановительный, пролиферативный потенциал.

В связи с этим изучение пролиферативной активности селезенки в условиях ожоговой травмы кожи является значимым, так как позволяет оценить степень реактивности селезенки и ее функциональные возможности.

Цель исследования. Изучить пролиферативную активность селезенки в условиях ожоговой травмы кожи.

Материалы и методы. В исследовании использовали 70 белых крыс-самцов в возрасте 6–7 мес. массой тела 210–230 г. Животные были получены из экспериментально-биологической клиники (виварий) Научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава России и содержались в стандартных условиях при комнатной температуре (22 ± 2 °C). Содержание животных соответствовало требованиям

комиссии Российского национального комитета по биоэтике при Российской академии наук и рекомендациям Этического комитета ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава России (протокол от 21.11.2016 № 4), правилам лабораторной практики при проведении доклинических исследований согласно приказу Минздрава России от 23.08.2010 № 708н «Об утверждении Правил лабораторной практики» с соблюдением рекомендаций Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22.09.2010 по охране животных, используемых в научных целях, приложения А к Европейской конвенции об охране позвоночных животных, используемых для экспериментов и в других научных целях (ETS № 123), руководства по содержанию и уходу за лабораторными животными (статья № 5 Конвенции), положений Межгосударственного стандарта ГОСТ 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики».

Рандомизация животных была осуществлена следующим образом:

1-я группа – животные, не подвергшиеся ожоговому воздействию, – интактные (контрольная ($n=10$);

2-я группа – животные, подвергшиеся ожоговому воздействию и выведенные из эксперимента на 2-е сут после ожогового воздействия ($n=10$);

3-я группа – животные, подвергшиеся ожоговому воздействию и выведенные из эксперимента на 4-е сут после ожогового воздействия ($n=10$);

4-я группа – животные, подвергшиеся ожоговому воздействию и выведенные из эксперимента на 7-е сут после ожогового воздействия ($n=10$);

5-я группа – животные, подвергшиеся ожоговому воздействию и выведенные из эксперимента на 10-е сут после ожогового воздействия ($n=10$);

6-я группа – животные, подвергшиеся ожоговому воздействию и выведенные из эксперимента на 14-е сут после ожогового воздействия ($n=10$).

7-я группа – животные, подвергшиеся ожоговому воздействию и выведенные из эксперимента на 21-е сут после ожогового воздействия ($n=10$).

Выведение животных из эксперимента проводили путем декапитации с использованием паров эфира.

Для определения пролиферативной активности селезенки в условиях ожоговой травмы кожи проводили иммуногистохимическое исследование по обнаружению и определению ядерного белка Ki-67. Визуализацию Ki-67-позитивных клеток производили согласно протоколу по окрашенным в коричневый цвет ядрам. Подсчитывали Ki-67-позитивные клетки и общее количество клеток в 10 полях зрения. Препараты изучали и фотографировали с помощью микроскопа AxioScope.A1 (ZEISS, Германия), оборудованного цифровой камерой AxioCam MRc5. Полученные фотографии обрабатывали с помощью программы ZENpro 2012 (ZEISS, Германия).

Для количественной оценки пролиферативного потенциала рассчитывали индекс пролиферации Ki-67 (IKi-67) по формуле:

$$I_{Ki-67} (\%) = (n+ / N) * 100 \%, \quad (1)$$

где $n+$ – количество меченых ядер;

N – общее число ядер в поле зрения микроскопа.

Ki-67 определяли как среднее значение от числа меченых ядер на 100 учтенных, пролиферативная активность спленоцитов оценивалась как низкая (до 40 % меченых ядер на 100 учтенных), средняя (от 50 до 60 % ядер) и высокая (более 70 % ядер).

Различия между группами оценивали с помощью критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений. Достоверными считались результаты при $p < 0,05$ (нормальное распределение значений).

Результаты исследования. В условиях физиологической нормы у интактных животных контрольной группы показатели пролиферативной активности клеток селезенки находились в пределах нормальных значений, количество пролиферирующих клеток умеренно и равноценно в белой и красной пульпе.

На фоне ожоговой травмы кожи в селезенке на 2-е сут наблюдали увеличение пролиферативного потенциала клеток во всех зонах, причем больше иммунопозитивных клеток насчитывали в белой пульпе. В поле зрения визуализированы гер-

минативные центры лимфоидных узелков (в В-зоне) и периартериальное лимфоидное влагище (Т-зона). Обнаружено, что в герминативных центрах лимфоидных узелков, в мантийной зоне и в маргинальной зоне повысилось число иммунопозитивных клеток (более 70 % ядер) по сравнению с интактными животными (рис. 1, табл.).

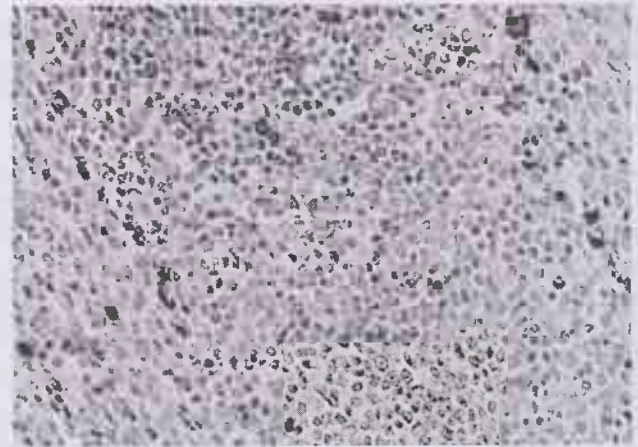


Рис. 1. Ki-67-позитивные клетки в области селезенки на 2-е сут послеожогового периода.

Окраска: моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра).
Ув. $\times 400$. Пероксидазно-антипероксидазный-метод

На 4-е и 7-е сут послеожогового процесса клетки селезенки сохраняли высокую пролиферативную активность, что подтверждалось выраженной экспрессией ядерного белка. Ожоговая травма приводила к акти-

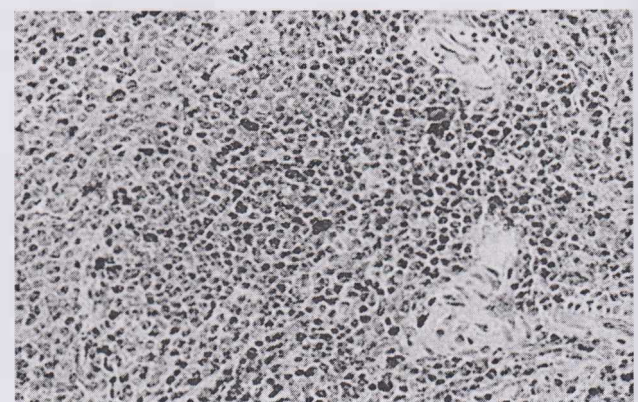


Рис. 2. Ki-67-позитивные клетки в области селезенки на 4-е сут послеожогового периода.

Окраска: моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра).
Ув. $\times 400$. Пероксидазно-антипероксидазный-метод

вации пролиферативных процессов в лимфатических узелках белой и красной пульпы (рис. 2, 3).

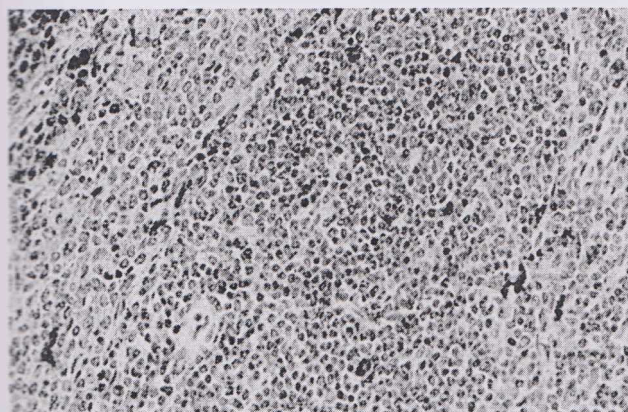


Рис. 3. Ki-67-позитивные клетки в области селезенки на 7-е сут послеожогового периода.

Окраска: моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра).
Ув. $\times 400$. Пероксидазно-антипероксидазный-метод

К 10-м сут наблюдений в селезенке среди лимфоидных узелков преобладали участки с центрами размножения, свидетельствующие о повышении лимфоцитопозитивной функции клеток органа (рис. 4).

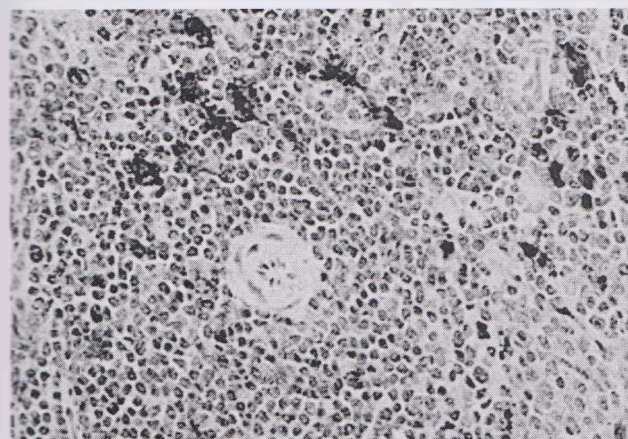


Рис. 4. Ki-67-позитивные клетки в области селезенки на 10-е сут послеожогового периода.

Окраска: моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра).
Ув. $\times 400$. Пероксидазно-антипероксидазный-метод

В течение 2-недельного срока наблюдений отмечали признаки средней экспрессии ядерного белка, что указывало на слабое

снижение процессов пролиферации в герминативных центрах и других зонах селезенки крыс (рис. 5).

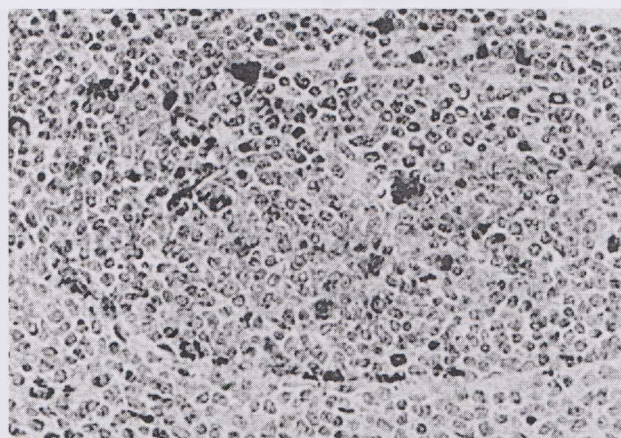


Рис. 5. Ki-67-позитивные клетки в области селезенки на 14-е сут послеожогового периода.

Окраска: моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра).
Ув. $\times 400$. Пероксидазно-антипероксидазный-метод

Через 3 нед. наблюдений отмечали признаки незначительной экспрессии ядерного белка в герминативных центрах, периартериальных влагалищах, мантийной и маргинальной зонах, что указывало на снижение пролиферации клеток селезенки и супрессии иммунного ответа (рис. 6).

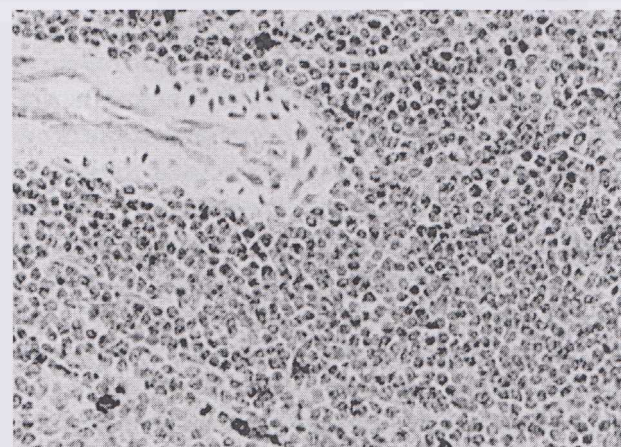


Рис. 6. Ki-67-позитивные клетки в области селезенки на 21-е сут послеожогового периода.

Окраска: моноклональные антитела к Ki-67 и гематоксилин Майера (ядра).
Ув. $\times 400$. Пероксидазно-антипероксидазный-метод

Таблица

**Пролиферативная активность кле-
ток селезенки в динамике ожогового
воздействия, %**

Группа животных	Индекс пролиферации I ₀₋₆₇
Контроль	71,3±2,4
2-е сутки	78,1±3,6***
4-е сутки	75,2 ±2,8***
7-е сутки	73,8±1,6***
10-е сутки	69,7±4,1***
14-е сутки	67,2±3,2***
21-е сутки	66,8±3,8***

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ – относительно группы «Контроль» (t-критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони).

Заключение. Таким образом, в условиях ожогового воздействия наряду с морфологическими деформациями на уровне селезенки крыс происходило увеличение пролиферативной активности лимфоцитов, вызванное включением селезенки в ответную компенсаторно-приспособительную реакцию организма, в виде активации макрофагов, иммунных процессов. Увеличенные показатели митотической активности лимфоцитов обусловлены, на наш взгляд, активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и симпатoadреналовой стресс-реализующих систем и выбросом катехоламинов, повышающих пролиферативную активность лимфоцитов в ранний период ожоговой травмы. Изменения процентного функционала клеток селезенки носили обратимый характер и имели тенденцию к постепенному восстановлению физиологических значений в поздние сроки послеожогового периода. Повышение митотической активности селезенки в ранние сроки ожогового воздействия свидетельствовало об индукционной клеточной реактивности лимфоидной ткани селезенки и активизации ее иммунофункционального гомеостаза, соответствующие иммунонапряженному состоянию.

Полученные в ходе работы данные согласуются с результатами исследований, посвященных изучению иммунного ответа со стороны селезенки при разных воздействиях [6, 7, 13]. Иммуногистохимическое исследование

селезенки мышей при пероральном введении наночастиц диоксида титана выявило увеличение интенсивности пролиферации клеток во всех компартментах селезенки и увеличение числа макрофагов в красной пульпе в ответ на антигенное воздействие [12]. Экспериментально установлено, что через 15 мин после иглоукалывания происходила структурная перестройка белой пульпы, ведущая к усилению дифференцировки и пролиферации иммунокомпетентных клеток, участвующих в гуморальном ответе. И только в поздние сроки изменения затрагивали клетки красной пульпы селезенки, что можно рассматривать как специфическое проявление компенсаторно-адаптационных механизмов [5].

Наши выводы дополняют литературные сведения об иммунофизиологических особенностях селезенки на фоне стрессорного фактора. Дезорганизация пролиферации иммуноцитов указывает на проявление противострессового механизма, иммунной активации в селезенке вследствие гиподцеллюлярности лимфоидной ткани и дисбаланса межклеточных взаимодействий в динамике воздействия. Понимание иммунных механизмов, происходящих в этом важном органе в ходе защитной реакции в условиях стресса, обеспечит детальную интерпретацию данных при анализе особенностей функциональной морфологии селезенки.

Список источников

1. Арлашкина О. М., Михайлова М. Н., Стручко Г. Ю., Драндрова Е. Г., Кострова О. Ю. Морфофункциональное состояние селезенки крыс при введении канцерогена на фоне врожденного иммунодефицита // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. 2014. Т. 16. № 3. С. 1–2.
2. Бейлин А. К., Рунна А. Л., Шаробаро В. И. и др. Реконструированный эпидермис человека *in vitro* – модель для фундаментальных и прикладных исследований кожи человека // Вестник дерматологии и венерологии. 2020. Т. 96. № 2. С. 24–34.

3. Горшунова Г. Н., Валиуллин В. В. Иммуногистохимическая характеристика кожи больных диабетом // Астраханский медицинский журнал. 2012. Т. 7. № 4. С. 87–89.
4. Гурьянова Е. А. Участие нейромедиаторсодержащих структур кожи в области точек акупунктуры и органов иммунитета в реализации механизмов иглоукалывания // Здоровоохранение Чувашии. 2011. № 1. С. 33–40.
5. Гурьянова Е. А., Кроткова О. С., Любаева Е. В. Морфологические и иммуногистохимические особенности селезенки крыс после иглоукалывания // Морфологические ведомости. 2011. № 1. С. 89–92.
6. Зайцев В. Б., Федоровская Н. С., Дьяконов Д. А. и др. Иммуноморфология селезенки человека // Морфология. 2013. Т. 143. № 3. С. 27–31.
7. Макалиш Т. П. Морфофункциональные особенности селезенки при воздействии на организм факторов различного генеза // Таврический медико-биологический вестник. 2013. Т. 16. № 1. Ч. 1 (61). С. 265–269.
8. Новикова И. А., Максимова Н. А., Позднякова В. В. и др. Некоторые иммуногистохимические особенности меланоцитарных образований кожи // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5.
9. Саламова И. В., Москалева О. Л., Флакс Г. А. и др. Роль иммуногистохимии в дифференциальной диагностике новообразований кожи меланоцитарного генеза // Иммунопатология, Аллергология, Инфектология. 2015. № 1. С. 77.
10. Belokhvostova D., Berzanskyte I., Cujba A. M. et al. Homeostasis, regeneration and tumour formation in the mammalian epidermis // Int J. Dev Biol. 2018. Vol. 62. No. 6–8. Pp. 571–582.
11. Cohen S., Gianaros P. J., Manuck S. B. A Stage Model of Stress and Disease // Perspect Psychol Sci. 2016. Vol. 11. No. 4. Pp. 456–463. DOI: 10.1177/1745691616646305
12. Li N., Duan Y. M., Hong M. M. et al. Spleen injury and apoptotic pathway in mice caused by titanium dioxide nanoparticles // Toxicol. Lett. 2010. No. 195 (2–3). Pp. 161–168.
13. Matsuno K., Ueta H., Shu Z. The microstructure of secondary lymphoid organs that support immune cell traffick-ing // Arch. Histol. Cytol. 2010. Vol. 73. No. 1. Pp. 1–21.
14. Voisin T., Bouvier A., Chiu I. M. Neuro-immune interactions in allergic diseases: novel targets for therapeutics // Int Immunol. 2017. Vol. 29. No. 6. Pp. 247–261. DOI: [https://doi: 10.1093/intimm/dxx040](https://doi.org/10.1093/intimm/dxx040).

References

1. Arlashkina O. M., Mikhailova M. N., Struchko G. Yu. et al. (2014) Morphofunctional state of the rat spleen with the introduction of carcinogen against the background of congenital immunodeficiency. *Journal of scientific articles Health and education in the XXI century*, vol. 16, no. 3, pp. 1–2 (In Russ.).
2. Beilin A. K., Rippa A. L., Sharobaro V. I. et al. (2020) Reconstructed human epidermis in vitro – a model for fundamental and applied research in human skin. *Bulletin of Dermatology and Venereology*, vol. 96, no. 2, pp. 24–34 (In Russ.).
3. Gorshunova G. N., Valiullin V. V. (2012) Immunohistochemical characteristics of the skin of patients with diabetes. *Astrakhan Medical Journal*, vol. 7, no. 4, pp. 87–89 (In Russ.).
4. Guryanova E. A. (2011) Participation of neurotransmitter-containing skin structures in the field of acupuncture points and immune organs in the implementation of acupuncture mechanisms. *Healthcare of Chuvashia*. no. 1, pp. 33–40 (In Russ.).
5. Guryanova E. A., Krotkova O. S., Lyubaeva E. V. (2011) Morphological and immunohistochemical features of the rat spleen after acupuncture. *Morphological sheets*, no. 1, pp. 89–92 (In Russ.).
6. Zaitsev V. B., Fedorovskaya N. S., Dyakonov D. A. et al. (2013) Immunomorphology of human spleen. *Morphology*, vol. 143, no. 3, pp. 27–31 (In Russ.).
7. Makalish T. P. (2013) Morphofunctional features of the spleen when exposed to factors of various origins. *Tauride Medical and Biological Bulletin*, vol. 16, no. 1, part 1 (61), pp. 265–269 (In Russ.).

8. Novikova I. A., Maksimova N. A., Pozdnyakova V. V. et al. (2016) Some immunohistochemical features of melanocytic skin formations. *Modern problems of science and education*, no. 5 (In Russ.).
9. Salamova I. V., Moskaleva O. L., Flax G. A. et al. (2015) Role of immunohistochemistry in the differential diagnosis of skin neoplasms of melanocytic genesis. *Immunopathology, Allergology, Infectology*, no. 1, p. 77 (In Russ.).
10. Belokhvostova D., Berzanskyte I., Cujba A. M. et al. (2018) Homeostasis, regeneration and tumour formation in the mammalian epidermis. *Int J. Dev Biol.*, vol. 62 (6–8), pp. 571–582.
11. Cohen S., Gianaros P. J., Manuck S. B. (2016) A Stage Model of Stress and Disease. *Perspect Psychol Sci.*, vol. 11 (4), pp. 456–463. [https://doi: 10.1177/1745691616646305](https://doi.org/10.1177/1745691616646305).
12. Li N., Duan Y. M., Hong M. M. et al. (2010) Spleen injury and apoptotic pathway in mice caused by titanium dioxide nanoparticles. *Toxicol. Lett.*, vol. 195 (2–3), pp. 161–168.
13. Matsuno K., Ueta H., Shu Z. (2010) The microstructure of secondary lymphoid organs that support immune cell trafficking. *Arch. Histol. Cytol.*, vol. 73 (1), pp. 1–21.
14. Voisin T., Bouvier A., Chiu I. M. (2017) Neuro-immune interactions in allergic diseases: novel targets for therapeutics. *Int Immunol.*, vol. 29 (6), pp. 247–261. [https://doi: 10.1093/intimm/dxx040](https://doi.org/10.1093/intimm/dxx040).

Информация об авторах:

А. К. АЖИКОВА – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и ботаники;

Б. В. ФЕЛЬДМАН – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биологии и ботаники.

Information about the author:

A. K. AZHIKOVA – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Biology and Botany;

B. V. FELDMAN – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Department of Biology and Botany.

Вклад авторов:

А. К. АЖИКОВА – обзор литературы, участие в реализации методик и экспериментальной части исследования, написание исходного текста, итоговые выводы;

Б. В. ФЕЛЬДМАН – концепция исследования, научное редактирование текста, научное руководство.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

A. K. AZHIKOVA – literature review, participation in the implementation of methods and the experimental part of the study, writing the source text, final conclusions;

B. V. FELDMAN – research concept, scientific text editing, scientific guidance.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.04.2025; одобрена после рецензирования 16.04.2025; принята к публикации 21.04.2025.

The article was submitted 11.04.2025; approved after reviewing 16.04.2025; accepted for publication 21.04.2025.

Научная статья

УДК 619: 661.155.3:615-035.4:076

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506104

Сохранение и коррекция кишечной микробиоты лошадей

Татьяна Владимировна Севастьянова

Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической
промышленности, пгт. Биокombината, Россия, tatianakenegen@gmail.com

Аннотация

В статье изложены народнохозяйственное значение коневодства, основные его направления, результаты исследования рынка пробиотических препаратов и кормовых добавок, зарегистрированных на территории Российской Федерации, используемых для сохранения и коррекции кишечной микробиоты сельскохозяйственных животных, в том числе лошадей, а также механизмы реализации норм законодательного регулирования в части сохранения кишечной микробиоты сельскохозяйственных животных с использованием пробиотических препаратов и кормовых добавок. Кроме того, в статье приведены результаты собственных исследований применения инновационной пробиотической кормовой добавки в коневодстве.

Ключевые слова: лошади, микробиота, кишечный микробиоценоз, кормовые добавки, пробиотики

Для цитирования: Севастьянова Т. В. Сохранение и коррекция кишечной микробиоты лошадей // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 29–40. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506104>

Original article

Preservation and correction of the intestinal microbiota of horses

Tatyana V. Sevastyanova

All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Biological Industry,
Bio-plant, Russia, tatianakenegen@gmail.com

Abstract

The article describes the national economic importance of horse breeding, its main directions, the results of market research on probiotic drugs and feed additives registered in the Russian Federation, used to preserve and correct the intestinal microbiota of farm animals, including horses, as well as mechanisms for implementing legislative regulations regarding the preservation of the intestinal microbiota of farm animals using probiotic drugs, and feed additives. In addition, the article presents the results of our own research on the use of innovative probiotic feed additives in horse breeding.

Keywords: horses, microbiota, intestinal microbiocenosis, feed additives, probiotics

For citation: Sevastyanova T. V. (2025) Preservation and correction of the intestinal microbiota of horses. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 29–40. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506104>

Введение. В мировом отношении на долю коневодства приходится более 300 млрд долл./год, что указывает на значимость отрасли для народного хозяйства большинства стран мира. Коневодство Российской Федерации всегда занимало особое место среди отраслей животноводства. Для многих народов лошадь была источником продуктов питания, а наряду с этим и невольной участницей многочисленных войн, вплоть до Второй мировой войны. О высоком уровне коннозаводства свидетельствуют характерные свойства и выдающиеся качества лошадей многих пород, выведенных в разное время на разных континентах и поныне сохраняющих значение для человечества. Разностороннее использование лошади человеком определило многообразие конских пород. Значение лошади в жизни человеческого общества изменялось в зависимости от развития производительных сил, общественного и политического уклада, социально-экономических условий, научно-технического прогресса.

Значение продуктивного коневодства заметно возрастает. Это обусловлено ростом населения, требующим увеличения производства продуктов животного происхождения. Расширение продуктивного коневодства отмечено во многих странах, например, в Аргентине, Бразилии, Монголии, Китае. Наша страна располагает значительными ресурсами для развития продуктивного коневодства. Резервы увеличения производства конского мяса и кумыса – использование генетического потенциала продуктивных лошадей, организация промышленного откорма конского поголовья, интенсификация производства кумыса, улучшение условий содержания и кормления.

Лошади являются также продуцентами в биологической промышленности. Из крови лошадей изготавливают различные лечебные и профилактические биопрепараты, гипериммунные сыворотки и вакцины против столбняка, гангрены, дифтерита, ботулиз-

ма и других болезней человека. В медицинских целях используют также желудочный сок лошадей. Из сыворотки крови жеребых кобыл готовят биогенный стимулятор, который можно применять для борьбы с яловостью коров, овец и стимуляции их многоплодия.

Конный спорт и туризм. В условиях индустриализации и урбанизации лошадь приобрела новое социальное значение для человека как средство физической культуры, спорта, активного отдыха, укрепления здоровья и повышения долголетия [1].

Экспорт лошадей. Расширяющиеся политические и экономические связи с зарубежными странами создают благоприятные условия для международного сотрудничества в области коневодства и ежегодного проведения в нашей стране международных аукционов по продаже племенных, спортивных и продуктивных лошадей. Хорошо организованное воспроизводство лошадей дает возможность совершенствовать поголовье, довести структуру табуна до экономически обоснованных размеров и увеличить поставки животных на племенные цели, для убоя на мясо, спорта, а также и на экспорт, что повышает эффективность отрасли в целом [10].

Перед коневодством России стоит стратегическая цель по созданию экономических, правовых и организационно-технологических условий для устойчивого развития, сохранения и совершенствования генофонда разводимых в стране пород лошадей, повышения их конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках.

Одной из основных стратегических целей является увеличение поголовья лошадей в стране до 1,6 млн к 2025 г. [7]. Для решения этой задачи проводится работа по развитию производственной инфраструктуры конных заводов и ипподромов, обеспечению финансовой самодостаточности коневодства, а также стабильного роста производства сельхозпродукции за счет по-

лучения племенных лошадей отечественной репродукции высокого качества.

Основа грамотной профилактики различных патологий – полноценное сбалансированное кормление, а также оптимальные условия содержания, правильный режим нагрузок и применение функциональных кормовых добавок, влияющих на активизацию иммунной системы и корректирующих естественные физиологические функции. Кормление лошадей должно быть обильным, полноценным и разнообразным, поскольку только при соблюдении этого условия можно вырастить хороших племенных и спортивных животных. Правильное кормление лошадей обеспечивает высокую их работоспособность и высокие показатели по воспроизводству [7].

Одной из основных проблем является коррекция метаболических процессов организма спортивной лошади, обеспечивающая эффективное потребление энергии с помощью функциональных кормовых добавок путем оптимизации основного рациона кормления.

Концепция рационального кормления животных базируется на применении пробиотических кормовых добавок. Основа концепции лежит в использовании продуктов естественного или искусственного происхождения, которые предназначены для ежедневного употребления и оказывают регулирующее действие на физиологические функции и биохимические реакции организма животного, функциональные кормовые добавки [3, 4].

Цель исследования. Прикладное применение нормативно-правовых аспектов сохранения и коррекции кишечного нормобиоза лошадей, проведение анализа информации обращения пробиотиков на отечественном рынке, разработка отечественных пробиотических добавок и изучение их влияния на состояние микробиоты кишечника лошадей на фоне активных физических нагрузок.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности», КСЦ НИУ «БелГУ» и ФГБУ «Белгородская межобластная ветеринарная

лаборатория». В процессе аналитической обработки использованы монографический и абстрактно-логический методы исследования. Исследования влияния пробиотической кормовой добавки проводились в соответствии с планом исследований стандартными общепринятыми методиками. В ходе эксперимента были сформированы по принципу аналогов 2 группы (n=10) спортивных лошадей (возраст 4–6 лет, живая масса 450–500 кг). Лошади содержались в индивидуальных стойлах на опилочной подстилке. Рацион включал в себя разнотравное сено, концентраты (овес, ячмень, отруби), овощи и фрукты (морковь, яблоки). Рацион был сбалансирован по основным питательным веществам, макро- и микроэлементам, витаминам. Тренировочные нагрузки у всех лошадей были одинаковыми, высокой степени интенсивности. Первая группа служила контрольной, животные содержались в условиях принятой технологии; вторая группа – опытная – получала ежедневно функциональный продукт в течение 60 сут. Исследования проводились в 5 этапов: до начала исследований, а затем на 10-е, 20-е, 30-е и 60-е сут опыта. Поэтапно осуществлялся забор крови для морфологических и биохимических исследований и отбор проб фекалий с целью изучения микробиологического статуса.

При анализе результатов использовали данные средних значений, установленных в лаборатории. Полученный цифровой материал подвергали статистической обработке с использованием программы STATISTICA по Стьюденту.

Результаты исследований и обсуждение. По данным Росстата, поголовье лошадей за последние несколько лет имело тенденцию к снижению и достигло показателя 208,7 тыс. гол. Максимально высокий показатель сохраняется за Сибирским федеральным округом (рис. 1).

Однако, по данным аналитических агентств, в России около 1,4 млн лошадей и их поголовье остается стабильным. Сокращение в одних субъектах компенсируется ростом в других [5].

В Государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации представлены 45 пород лошадей; 5 внутри-

породных типов лошадей. Всего в стране около 200 племенных хозяйств по разведению 32 пород лошадей. При этом в 2023 г. насчитывалось 67 конных заводов, около 130 племенных репродукторов, 6 генофондных хозяйств. Всего племенных кобыл заводских пород 32 900 гол. (без учета маток, задействованных в системе табунного мясного коневодства).

Говоря о молочном коневодстве, сегодня в Российской Федерации примерно 100 предприятий, которые производят кумыс из кобыльего молока. Производство в настоя-

щее время явно недостаточное – не более 2,5–3,0 тыс. т в год при годовой потребности не менее 18–20 тыс. т.

Общее производство конского мяса в России находится на уровне 80 тыс. т в год (в международных базах сведения о 47 тыс. т в год), что составляет около 9 % мирового производства. Себестоимость производства конины в районах традиционного табунного коневодства ниже себестоимости производства говядины и баранины в 2 раза и более, что обеспечивает хорошую рентабельность этой отрасли.

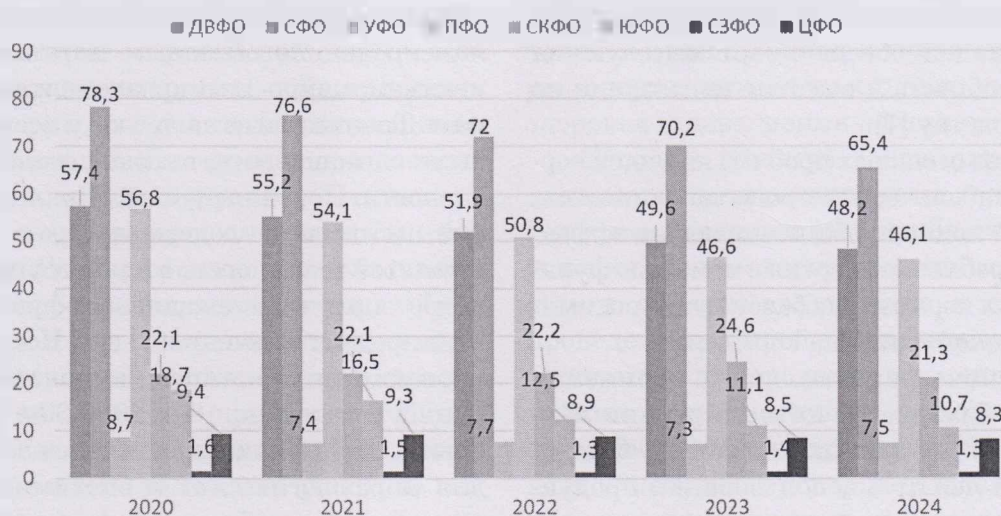


Рис. 1. Поголовье лошадей за период с 2020 по 2024 г.

В 2022 г. в реализацию норм федерального законодательства Минсельхозом России был издан приказ от 25 апреля № 242 «Об утверждении порядка осуществления диагностики состояния микробиоты, мер по сохранению или восстановлению нормальной микробиоты сельскохозяйственных животных», регламентирующий возможность проведения мероприятий, позволяющих предупредить нарушение микробиоты. В рамках этого подзаконного акта научными учреждениями страны совместно с хозяйствующими субъектами, осуществляющими содержание и разведение животных, разрабатываются и ведутся индивидуальные программы по сохранению или восстановлению нормальной микробиоты сельскохозяйственных животных с применением пробиотических лекарственных средств для ветеринарного применения и кормовых добавок для животных.

Организм животного содержит до 100 трлн микроорганизмов, что примерно в 10 раз превышает общее количество его собственных клеток.

Самый большой микробный резервуар организма животного – кишечник. Микробиота кишечника выполняет несколько важнейших функций:

- метаболическую, обеспечивая организм хозяина необходимыми питательными веществами и биоактивными метаболитами, которые могут продуцироваться непосредственно микробами или быть результатом взаимодействия с организмом хозяина или окружающей среды;

- защитную – предотвращая колонизацию патогенов, конкурируя с ними или выделяя антимикробные белки, что обеспечивает так называемую колонизационную резистентность.

Микробиота поддерживает целостность барьера слизистой оболочки и является важным компонентом в созревании и координации функционирования иммунной системы в кишечнике и выполняет эпигенетическую функцию, влияя на экспрессию генов [6, 8].

У лошадей довольно часто встречаются нарушения функций гастроинтестинального тракта. Наиболее широко распространены колики, диарея, язвы слизистой оболочки. Колики – основная причина гибели взрослых лошадей, на их долю приходится около 30 % случаев падежа.

Популяция микроорганизмов, существующая внутри животного, не стабильна. Наименьшее, что может произойти в случае нарушения баланса микрофлоры, – это ухудшение переваримости питательных веществ потребленного корма, наихудшее – это вымирание некоторых видов микроорганизмов, которые, погибая, выделяют токсины, вызывающие колики, энтериты или ламиниты.

Иммунная система и микрофлора кишечника находятся в симбиозе – они постоянно взаимодействуют, поддерживают и регулируют друг друга. Важность этого взаимодействия подчеркивается тем фактом, что 70–80 % иммунных клеток организма находится в кишечнике. Микробиота кишечника формируется при рождении и сохраняется на протяжении всей жизни животного.

Процесс микробной колонизации зависит от множества факторов организма хозяина. Разнообразие и стабильность постоянно увеличиваются на протяжении всего раннего развития, достигая определенного качественного и количественного состава к репродуктивному возрасту. Этот состав

может модулироваться различными факторами. Факторы, влияющие на кишечную микробиоту, в свою очередь, вносят свой вклад в характерную микробную экосистему кишечника, тем самым вызывая межвидовые различия [9, 11].

Немаловажное место в формировании и сохранении кишечной микробиоты отведено борьбе с антибиотикорезистентностью:

- повышение уровня подготовки ветеринарных специалистов по вопросам, связанным с антимикробной резистентностью, включая рациональное применение противомикробных препаратов животным;

- совершенствование мер по предупреждению и ограничению распространения и циркуляции возбудителей с антимикробной резистентностью;

- обеспечение системного мониторинга распространения антимикробной резистентности;

- изучение механизмов возникновения антимикробной резистентности;

- разработка альтернативных методов, технологий и средств профилактики, диагностики и лечения инфекционных заболеваний животных, в том числе и пробиотических препаратов;

- диагностики состояния микробиоты, мер по сохранению или восстановлению нормальной микробиоты сельскохозяйственных животных.

Сегодня на территории Российской Федерации зарегистрировано 213 пре- и пробиотических лекарственных препарата для ветеринарного применения и кормовых добавок. Большую часть зарегистрированных пробиотических препаратов составляют пробиотики, в состав которых входят несколько штаммов бактерий-пробионтов (табл. 1).

Таблица 1

**Примеры пробиотических препаратов
для ветеринарного применения моно- и поликомпонентного состава**

Наименование пробиотического препарата	Компонентный состав штаммов микроорганизмов
АБК	<i>L. acidophilus</i>
Активин	<i>P. shermanii</i>
Биосан	<i>L. delbrueckii</i> , <i>L. Buchneri</i>
Бифидумбактерин ветеринарный	<i>Bif. globosum</i>
Бифинорм	<i>Bif. adolescentis</i>

Наименование пробиотического препарата	Компонентный состав штаммов микроорганизмов
Биопротектин	<i>Bif. bifidum</i> , <i>L. acidophilus</i>
Бифидум СХЖ	<i>Bif. bifidum</i>
Бифитрилак	<i>Bif. bifidum</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. acidophilus</i> .
Препараты группы «Ветом» (Ветом 1, 2, 3, 4, 5)	<i>Bac. subtilis</i>
Ветосубалин	<i>Bac. subtilis</i>
Галлиферм	<i>L. acidophilus</i>
Закваска Леснова	Целлюлозолитические микроорганизмы рубца лоша
Зоонорм	<i>Bif. bifidum</i>
Интестевит	<i>Bac. ssp.</i> , <i>Bif. globosum</i> , <i>Str. faecium</i>
Лаксом	<i>L. acidophilus</i> , <i>P. shermanii</i> , <i>Str. faecium</i>
Лактоамиловарин	<i>L. amilovorans</i>
Лактобактерин	<i>L. plantarum</i> , <i>L. fermentum</i>
Лактоферон	<i>L. acidophilus</i> , <i>Str. faecium</i>
Лактобифадол	<i>Bif. bifidum</i> , <i>L. acidophilus</i>
ПАБК	<i>L. acidophilus</i> , <i>P. shermanii</i>
Ромакол	<i>E. coli</i> M-17
Саратовская - 3	<i>Saccaromyces cerevisiae</i> , <i>L. buchneri</i>
Споровит	<i>Bac. subtilis</i>
Стрептобифид	<i>Bif. globosum</i> , <i>Str. faecium</i>
Споробактерин	<i>Bac. subtilis</i> , <i>Bac. licheniformis</i>
Стрептоэколакт	<i>Str. lactis</i>
СТФ-1/56	<i>Str. faecium</i> 1/56
Субтилис Ж	<i>Bac. subtilis</i> , <i>Bac. licheniformis</i>
Субтилис С	<i>Bac. subtilis</i> , <i>Bac. licheniformis</i>
Фагосан	<i>L. acidophilus</i> , <i>Str. faecium</i>
Фитобактерин	<i>Ruminococcus albus</i>
Целлобактерин	<i>Ruminococcus albus</i>

Исходя из данных системы ФГИС «Ветис», следует, что 20 единиц составляют пробиотические лекарственные средства отечественного производства и всего лишь 2 пробиотических препарата для ветеринарного применения зарубежного производства. При этом 12 отечественных пробиотиков являются монокомпонентными и 8 поликомпонентными, т.е. в их состав входят несколько штаммов бактерий пробионтов.

Если разделять их по видам целевых животных, то можно сделать вывод, что большую часть отечественных пробиотических препаратов используют для всех видов животных, в том числе и для лошадей.

В качестве кормовых добавок для животных 164 продукта, из них 37 % отечественно-

го производства, 63 % – пробиотические кормовые добавки зарубежного производства. Большую часть зарегистрированных пробиотических кормовых добавок составляют кормовые добавки, в состав которых входят несколько штаммов бактерий-пробионтов.

Пробиотические кормовые добавки для животных представлены значительно в большем ассортименте на российском рынке, нежели пробиотические препараты для ветеринарного применения. При этом среди отечественных преобладают поликомпонентные, а среди зарубежных соотношение между моно- и поликомпонентными держится 50:50 (табл. 2).

Разделяя кормовые добавки по видам целевых животных, следует отметить, что

104 единицы используются для сельскохозяйственных животных, при этом 31 – кормовые добавки отечественного происхождения. В сегменте мелких домашних животных также преобладают кормовые добавки зарубежного производства, однако

кормовые добавки для пчел и рыб представлены только российскими производителями. Хотелось бы отметить, что за последние три года зарегистрировано 28 пробиотических кормовых добавок – 13 отечественных продуктов и 15 зарубежных.

Таблица 2

Примеры пробиотических кормовых добавок моно- и поликомпонентного состава

Наименование пробиотической кормовой добавки	Компонентный состав штаммов микроорганизмов
Актив три	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Clostridium butyricum</i>
Альтерион® NE	<i>Bacillus subtilis</i>
Бактосель	<i>Pediococcus acidilactici</i>
Бенефито	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Bacillus subtilis</i>
Б.И.О.Золь	<i>Enterococcus faecium</i>
Бимулак Пре	<i>Bacillus subtilis</i> и <i>Bacillus licheniformis</i>
Бимулак Экстра	<i>Bacillus subtilis</i> и <i>Bacillus licheniformis</i>
Биотал Аксфаст	<i>Pediococcus</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus buchneri</i> , <i>Propionibacterium acidipropionici</i>
Биотал Био Кримп	<i>Lactobacillus buchneri</i>
Бонсилаж Fit M	<i>Lactobacillus buchneri</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus rhamnosus</i>
Бонсилаж Speed M	<i>Lactobacillus diolivorans</i> , <i>Lactobacillus buchneri</i> и <i>Lactobacillus rhamnosus</i>
Бонсилаж Альфа	<i>Lactobacillus buchneri</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus paracasei</i> <i>Lactococcus lactis</i>
Биоспринт G	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
ВиаКуль	<i>Lactobacillus buchneri</i>
Иммунофлор	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Bifidobacterium globosum</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
И-САК	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Лактобифид	<i>Bifidobacterium globosum</i> <i>Streptococcus faecium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
Оптисил НС	<i>Pediococcus pentosaceus</i> и <i>Lactobacillus plantarum</i>
Пигстарт Плюс	<i>Pediococcus acidilactici</i>
Пионер бренд 11 АФТ	<i>Lactobacillus buchneri</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>
Пионер бренд 11GFT	<i>Lactobacillus buchneri</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>
ПК Пробиолакт	<i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bifidobacterium globosum</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
Пробиотик лакто-вет	<i>Lactobacillus plantarum</i>
Профорт	<i>Bacillus megaterium</i> <i>Enterococcus faecium</i> .
СилоСола	<i>Lactococcus lactis</i> <i>Lactobacillus buchneri</i>
УСЗ-БИОАГРО-1	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus paracasei</i>
Актив Ист П	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Актив Ист Р+	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Альтерион® NE20	<i>Bacillus subtilis</i>
АлиВрач	<i>Bacillus subtilis</i>
Биоконсервант «Биоксимин Силос»	<i>Bifidobacterium animals</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Wiesella thailandensis</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Лактобифадол форте	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , бифидобактерий <i>Bifidobacterium adolescentis</i>
Биоконт М	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus buchneri</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i> ; <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> ; <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>
Биотал Майзкул НС Голд	<i>Pediococcus pentosaceus</i> и <i>Lactobacillus buchneri</i>

Наименование пробиотической кормовой добавки	Компонентный состав штаммов микроорганизмов
Биотал Холкроп НС Голд	<i>Pediococcus pentosaceus</i> и <i>Lactobacillus buchneri</i>
Битацел	<i>Lactobacillus plantarum</i> – <i>Bacillus subtilis</i>
Бифидонол	<i>Bifidobacterium animalis</i> , <i>Enterococcus faecium</i> ,
Ветоспорин-актив АС	<i>Bacillus subtilis</i>
BioPlus® YC	<i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus subtilis</i> .
GalliPro®	<i>Bacillus subtilis</i>
GalliPro® Fit	<i>B. subtilis</i> , <i>B. subtilis</i> <i>B. amyloliquefaciens</i>
Калф Протектор	<i>Enterococcus faecium</i> и <i>Lactobacillus rhamnosus</i>
КауСелл	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
КЛОСТАТ сухой	<i>Bacillus subtilis</i>
Кофасил FQM	<i>Lactobacillus plantarum</i>
Лактис 300	<i>L. curvatus</i> <i>L. curvatus</i> <i>L. casei</i> <i>L. casei</i> <i>L. acidophilus</i> <i>L. acidophilus</i> <i>L. plantarum</i> <i>L. plantarum</i> <i>L. plantarum</i> <i>L. fermentum</i> <i>L. salivarius</i> <i>L. salivarius</i> <i>L. brevis</i> <i>L. brevis</i> <i>L. rhamnosus</i> ; <i>L. rhamnosus</i>
Левисел SB Плюс	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> тип <i>boulardii</i>
МЕГАБУСТ РУМЕН®	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Бонака-АПК	<i>Lactococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> , <i>Propionibacterium</i>
Муцинол	<i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus subtilis</i>
Либровит	<i>Bacillus coagulans</i>
ИммуГард	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Ликвипро®	<i>Bacillus subtilis</i>
РуминПро TMP	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
СмартСел	<i>Lactobacillus parabuchneri</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>BKM</i> <i>Brettanomyces bruxellensis</i>
КАРБОМИЛК ДРАЙ ПЛЮС	<i>Bacillus subtilis</i>
РационБаланс®	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Сил-Олл 4х4	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>Propionibacterium acidipropionici</i>
Суб-Про Форте	<i>Bacillus subtilis</i>
Фермасил	<i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> <i>Propionibacterium</i>
Эмпробио	<i>Lactobacillus parabuchneri</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Enterococcus faecium</i> <i>Brettanomyces bruxellensis</i>
Энвива™ EO 101 G	<i>B. amyloliquefaciens</i>
ЭСИД-ПАК 4-УЭЙ 2X WS	<i>Lactobacillus</i>

Так, мы видим, что для сельскохозяйственных животных (в том числе лошадей) применяются пробиотические кормовые добавки – 53 % отечественных и 47 % зарубежных производителей (рис. 2).

Несмотря на многообразие лекарственных форм пробиотиков (капсула, капсула в капсуле, таблетки, саше, гранулы и т.д.), преимущественной формой доставки пробиотических штаммов в толстую кишку служат капсулы, гранулы, изготовленные из полимеров различной природы, обеспечивающие сохранность и прохождение штаммов про-

бионтов в условиях кислой среды верхних отделов желудочно-кишечного тракта и последовательное их высвобождение и колонизацию в толстом отделе кишечника.

Рекомендуемая минимальная эффективная суточная доза пробиотиков должна составлять 10^8 – 10^9 колониеобразующих единиц (КОЕ), но при этом эффективная суточная доза может варьироваться в зависимости от вида штамма продуцента и его иммобилизации, вспомогательных веществ, а также лекарственной формы препарата. Определение дозировки должно быть научно обос-

нованно и базироваться на результатах до-клинических и клинических исследований. Фактическое количество жизнеспособных штаммов должно сохраняться до конца срока годности пробиотика, что определяет его

эффективность. Скрининговые исследования определения выживаемости штаммов пробионтов в агрессивной кислой среде верхних отделов желудочно-кишечного тракта большинства животных – тесты *in vitro*.

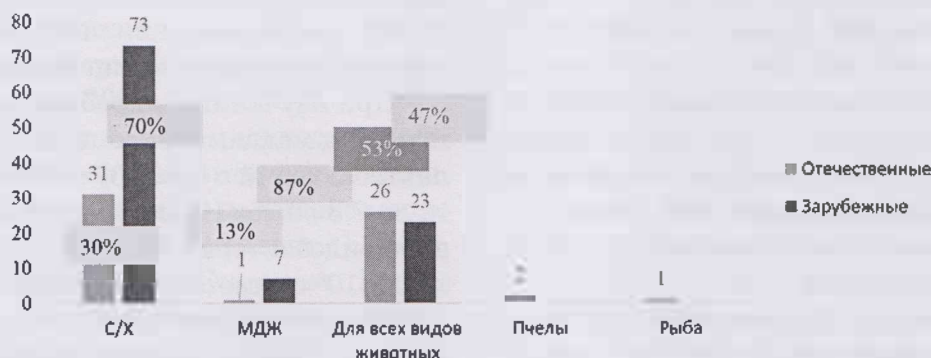


Рис. 2. Пробиотические кормовые добавки для животных, зарегистрированные в Российской Федерации

В этих исследованиях воспроизводятся условия, приближенные к среде проксимальных отделов желудочно-кишечного тракта. Помимо исследований *in vitro*, обязательное подтверждение эффективности и правильности выбранной дозы пробиотического препарата или кормовой добавки проводят на лабораторных и целевых животных, изучая все параметры действия пробиотика на организм животных (токсичность, эффективность, переносимость и т.д.).

Коллективом авторов была разработана рецептура и успешно прошла исследования кормовая добавка «Биопротектин КД» на основе сорбированных штаммов пробиотических микроорганизмов и гепатопротективного компонента растительного происхождения, позволяющая не только обеспечивать полноценную конверсию

кормов, поддержание нормобиоза пищеварительной системы, но и улучшать клинические показатели состояния лошадей, а также нормализовать гематологические и биохимические показатели крови при условиях интенсивной тренировочной нагрузки.

Гематологические исследования свидетельствовали о статистически значимом ($p < 0,01$) повышении количества эритроцитов в крови лошадей в опытной группе на 13 % ($p < 0,001$) и уровня гемоглобина на 18 %, что свидетельствует о благоприятном действии кормовой добавки; повышение количества лимфоцитов в опытной группе на 18 % на фоне снижения числа лейкоцитов на 24 %, что может свидетельствовать об улучшении иммунного статуса животных и снижении патологических процессов (рис. 3).



Рис. 3. Изменение гематологических показателей крови лошадей до начала опыта и на 60-е сутки опыта, %

Также отмечен рост уровня белка в крови опытной группы на 8 % ($p < 0,01$) по сравнению с первоначальным уровнем и альбумина на 37 % ($p < 0,01$, снижение концентрации общего билирубина на 58 % и прямого билирубина на 76 %. Показатели индикаторных ферментов АЛТ, АСТ, ЩФ тоже были значительно снижены по сравнению с первоначальными показателями и показателями контрольной группы в сыворотке крови лошадей, получавших функциональный продукт, что свидетельствует о гепатопротективном действии функционального продукта.

В контрольной группе лошадей динамика исследуемых показателей была незначительная по сравнению с началом опыта.

Установлено, что в течение всего срока исследований динамика уровня мочевины достигла 9 % ($p < 0,01$) к концу исследований, а концентрация холестерина изменялась незначительно (рис. 4). Полученные данные коррелируются с данными Б. А. Шендера (1998) об использовании лакто- и бифидобактериями азота в своем метаболизме.

При изучении микробиоты лошадей отмечается максимальное повышение уровня лактобактерий с $6,5 \pm 0,07 \times 10^7$ в начале опыта до $7,8 \pm 0,25 \times 10^8$ на 60-е сут применения, а бифидобактерий с $1,56 \pm 0,05 \times 10^6$ до $3,0 \pm 0,01 \times 10^8$ соответственно в опытной группе с применением кормовой добавки. В контрольной группе уровень нормофлоры был изменен незначительно.

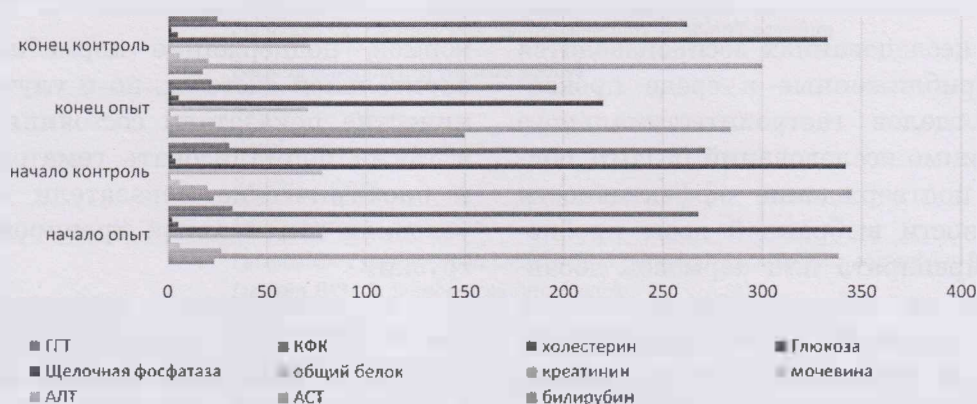


Рис. 4. Изменение биохимических показателей крови лошадей до начала опыта и на 30-е сут опыта, %

Показатель резвостного потенциала возрос в опытной группе на 5 % по сравнению с начальными показателями и составил 145,62 с при фоновом показателе 138,09 с, тогда как в контрольной группе всего на 1 % при фоновом показателе 134,02 с.

Закключение. В современных условиях пробиотические продукты для животных, в том числе лошадей, служат важным и необходимым инструментом защиты организма животного, в первую очередь от дисбактериозов, возникающих как следствие нерациональной антибиотикотерапии, перенесенных кишечных заболеваний, длительного применения противовоспалительных препаратов, цитотоксической терапии, неправильного кормления и транспортных стрессов, а также реальным функциональным продуктом,

повышающим резистентность организма животного к инфекционным болезням, что коррелирует с основными задачами стратегии антибиотикорезистентности страны.

Предпочтительным критерием использования пробиотических продуктов является его использование в ситуации, где их эффект очевиден, особенно при неоптимальных условиях содержания животных. Наиболее привлекательно то, что пробиотические кормовые добавки зачастую имеют более удобную форму и упаковку, что является немаловажным аспектом.

Роль пробиотических кормовых добавок научно доказана. Остается нерешенным вопрос о создании инновационных рецептур для увеличения биодоступности бактерий-пробионтов.

Список источников

1. Баранцини С. Учимся прислушиваться к своему внутреннему голосу // Европейская биотехнология. 2017. Т. 16. С. 15–16.
2. Каширская Н. Ю. Значение пробиотиков и пребиотиков в регуляции кишечной микрофлоры // Русский медицинский журнал. 2000. № 3. С. 6–9.
3. Коневодство: учебно-методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 36.03.02 Зоотехния / сост. В. Ц. Нимаева, Е. А. Смирнова. Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2019. С. 59–70.
4. Мидтведт Т. Характеристики, связанные с микрофлорой, и характеристики, несвязанные с бактериями, у человека и животных // Микроэкология. Терапия. 2015. Т. 15. С. 16–22.
5. Портал Росстата BI Portal. URL: gks.ru.
6. Пэрн Э. М., Рябова Т. Н. Коррелятивные зависимости основных признаков, обуславливающих высокую работоспособность лошадей чистокровной верховой породы // Новое в селекции пород лошадей: сборник научных трудов. М., 1974. Т. 27. С. 108–117.
7. Свечин К. Б., Бобылев И. Ф., Гопка Б. М. Коневодство. 2 -е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1992. С. 100–119.
8. Соколенко Г. Г., Лазарев Б. П., Миньченко С. В. Пробиотики в рациональном кормлении животных // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2015. № 1. С. 72–77.
9. Хорошевский М. А., Афанасьева А. И. Пробиотики в животноводстве // Вестник государственного аграрного университета. 2003. № 2. С. 290–292.
10. Швецов Н. Н., Наумов М. М., Швецова М. Р. и др. Коневодство с основами верховой езды: монография. Белгород: Тип-я ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2020. С. 199.
11. Шендеров Б. А. и др. Пробиотики и функциональное питание. Микроэкологические аспекты // Пробиотики и пробиотические продукты в профилактике

и лечения наиболее распространенных болезней. Материалы конференции. 1995. С. 23–24.

References

1. Baranzini S. (2017) We learn to listen to our inner voice// European Biotechnology. Written Edition. V. 16.. Pp. 15–16 (In Russ.).
2. Kashirskaya N. Y. (2000) The importance of probiotics and prebiotics in the regulation of intestinal microflora. *Russian Medical Journal*, no. 3, pp. 6–9 (In Russ.).
3. (2019) Horse breeding: an educational and methodological guide to laboratory and practical classes for students in the field of training 03/36/02 Zootechny / comp.: V. Ts. Nimaeva, E. A. Smirnova. Blagoveshchensk: Publishing House of the Far Eastern State Agrarian University. University. 153. Pp. 59–70 (In Russ.).
4. Midtvedt T. (2015) Microflora-associated characteristics and germfree animals characteristics in man and animal. *Microecol. Therapy*, vol. 15, pp. 16–22 (In Russ.).
5. Rosstat BI Portal. URL: gks.
6. Parn E. M., Ryabova T. N. (1974) Correlative dependencies of the main characteristics that determine the high performance of thoroughbred horses. *New in breeding horse breeds: collection of scientific works*, vol. 27, pp. 108–117 (In Russ.).
7. Svechin K. B., Bobylev I. F., Gopka B. M. (1992) Horse breeding. 2nd ed., revised and an additional one. Kolos. 271 p. Pp. 100–119 (In Russ.).
8. Sokolenko G. G., Lazarev B. P., Minchenko S. V. (2015) Probiotics in rational animal feeding. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*, no. 1, pp. 72–77 (In Russ.).
9. Khoroshevsky M. A., Afanasyeva A. I. (2003) Probiotics in animal husbandry. *Bulletin of the State Agrarian University*, no. 2, pp. 290–292 (In Russ.).
10. Shvetsov N. N., Naumov M. M., Shvetsova M. R. et al. Horse breeding with the basics of riding: monograph. Belgorod: Print-

ing House of the Belgorod State Agrarian University. 2020. 199 p. (In Russ.).

11. Shenderov B. A. et al. (1995) Probiotics and functional nutrition. Microecological

aspects // Probiotics and probiotic products in the prevention and treatment of the most common diseases. Mat. Conference. Pp. 23–24 (In Russ.).

Информация об авторе:

Т. В. СЕВАСТЬЯНОВА – кандидат ветеринарных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории противобактерийных препаратов.

Information about the author

T. V. SEVASTYANOVA – Candidate of Veterinary Sciences (PhD), associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Antibacterial Drugs.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.04.2025; одобрена после рецензирования 17.04.2025; принята к публикации 22.04.2025.

The article was submitted 12.04.2025; approved after reviewing 17.04.2025; accepted for publication 22.04.2025.

Возможности модернизированной методики детектирования содержания дибутилфталата в упаковках ПВХ для полуфабрикатов из мяса птицы механической обвалки

**Валерий Васильевич Кудрявцев¹, Марина Михайловна Горячева²,
Анна Денисовна Полякова³, Сергей Николаевич Дьяков⁴**

^{1, 2, 3, 4} Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

¹ v.kudryavcev@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3404-9139;

² goryachevamm@mgupp.ru;

³ patvombat@yandex.ru

Аннотация

Для сохранения свежести, качества продукции, а также увеличения сроков годности применяются различные средства и новые технологии как в самом производстве продукции, так и в совершенствовании упаковки для ее хранения. Однако в составе некоторых упаковок могут содержаться вещества, способные проникать в пищевую продукцию. Одним из таких распространенных веществ является дибутилфталат – популярный пластификатор. В данной работе описана модернизированная методика обнаружения содержания дибутилфталата в полуфабрикатах из мяса птицы механической обвалки.

Ключевые слова: мясо птицы, мясо механической обвалки, мясная промышленность, полуфабрикаты, иммуноферментный анализ, упаковка

Для цитирования: Кудрявцев В. В., Горячева М. М., Полякова А. Д., Дьяков С. Н. Возможности модернизированной методики детектирования содержания дибутилфталата в упаковках ПВХ для полуфабрикатов из мяса птицы механической обвалки // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 41–55. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506105>

Original article

The possibilities of an upgraded method for detecting the content of dibutyl phthalate in PVC packages for semi-finished poultry meat by mechanical deboning

© Кудрявцев В. В., Горячева М. М., Полякова А. Д., Дьяков С. Н., 2025

Valeriy V. Kudryavtsev¹, Marina M. Goryacheva²,
Anna D. Polyakova³, Sergey N. Dyakov⁴

^{1, 2, 3, 4} Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

¹ v.kudryavcev@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3404-9139;

² goryachevamm@mgupp.ru;

³ patvombat@yandex.ru

Abstract

To preserve the freshness, quality of products, as well as increase shelf life, various tools and new technologies are used both in the production of products and in improving packaging for their storage. However, some packages may contain substances that can enter food products. One of these common substances is dibutyl phthalate, a popular plasticizer. This paper describes an upgraded method for detecting the content of dibutyl phthalate in semi-finished poultry meat by mechanical deboning.

Keywords: poultry meat, mechanically deboned meat, meat industry, semi-finished products, enzyme immunoassay, packaging

For citation: Kudryavtsev V. V., Goryacheva M. M., Polyakova A. D., Dyakov S. N. (2025) The possibilities of an upgraded method for detecting the content of dibutyl phthalate in PVC packages for semi-finished poultry meat by mechanical deboning. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 41–55. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506105>

Введение. Пластификатор дибутилфталат (ДФБ) – сложный эфир нормально-го бутилового спирта и ортофталевой кислоты. Вместе с другими высококипящими эфирами ортофталевой кислоты используется в качестве пластификатора многих пластмасс и особенно поливинилхлоридных полимеров (ПВХ). На основе пластифицированных ПВХ (пластиков) изготавливают покрывающие материалы и упаковки для пищевой промышленности [9].

При длительном хранении, а также при нагревании упаковок с содержанием ДФБ вещество переходит в газообразное состояние и способно проникать в пищевую продукцию. Регулярное употребление полуфабрикатов с содержанием ДФБ способно причинить серьезный вред здоровью человека: зафиксированы признаки аллергической реакции, тератогенные и канцерогенные свойства в результате аккумуляции в организме; при неправильной утилизации ДФБ также способен нанести экологический ущерб [9, 10, 12].

Основная часть. Проблематика в контексте полуфабрикатов из мяса птицы наиболее актуальна в виду распространенности и популярности данной продукции среди населения как в России, так и за ее пределами [13].

Россия является одним из крупнейших потребителей мяса птицы в мире. Если рассмотреть, к примеру, 2023 г., то потребление мяса бройлеров на душу населения превысило 30 кг в год. Значительная часть этого потребления (более 70 %) приходится на продукты из мяса птицы механической обвалки (МПО). Среднегодовые темпы роста рынка мясных полуфабрикатов в России составляют примерно 3–5 % [13].

На мясо бройлеров в структуре отечественного производства мяса птицы приходится около 92 %. По объемам производства мяса бройлеров Россия входит в число стран-лидеров (табл. 1).

Продукты из мяса механической обвалки приобрели значительную популярность среди населения благодаря своей низкой цене, широкому ассортименту, а также экономии времени при готовке [14, 27].

Увеличению спроса на мясо птицы населением способствует промышленное разделение тушек на отдельные части для торговых сетей. В последние десятилетия важным маркетинговым приемом в увеличении реализации мяса птицы является производство различных птичьих полуфабрикатов и кулинарных изделий, которые

в большинстве случаев соответствуют требованиям потребителей разных социальных групп, прежде всего малообеспеченных жителей [36, 38, 41].

Таблица 1

Мировое производство мяса бройлеров

Страна	Год, тыс. т						Доля в общемировом производстве в 2024 г., %
	2020	2021	2022	2023	2024	2025 (прогноз)	
США	20 255	20 391	20 993	21 082	21 384	21 726	20,8
Китай	14 600	14 700	14 300	14 800	15 000	15 300	14,6
Бразилия	13 880	14 500	14 465	14 900	15 000	15 100	14,6
Страны ЕС	11 030	10 840	10 880	11 084	11 385	11 530	11
Россия	4680	4600	4800	4800	4800	4850	4,7
Мексика	3596	3665	3763	3888	3985	4085	3,9
Тайланд	3250	3220	3300	3450	3490	3580	3,4
Аргентина	2215	2290	2319	2436	2485	2600	2,4
Турция	2136	2246	2418	2330	2400	2545	2,3
Колумбия	1685	1773	1893	1890	1920	1950	1,9
Великобритания	1679	1841	1847	1858	1900	1920	1,8

Источник: USDA (United States Department of Agriculture – Министерство сельского хозяйства США).

Для производителя важными факторами при производстве МПМО являются качество, товарный вид и сроки годности: чем выше эти показатели, тем лучше [34, 35].

Очень многие факторы при процессе производства отслеживаются именно для предотвращения развития микроорганизмов. При этом снижается окислительная устойчивость жира – их постепенное прогоркание, что приводит к значительному снижению срока годности [31]. Ускоренное окисление птичьего жира в полуфабрикатах обусловлено наличием в его составе костного мозга, который, как известно, содержит в высоких концентрациях элементы, такие как железо, магний и медь, являющиеся в биологической среде прооксидантами [25, 26, 29]. Кроме того, увеличение поверхности соприкосновения структурных частиц фарша и МПМО с воздухом и поверхностью оборудования, а также высокая степень измельчения различных тканей и костного мозга, наличие избыточного мясного сока и высокое значение pH делают это сырье хорошей питательной средой для микроорганизмов [22]. В связи с этим фарш и мясо механической обвалки относят к категории скоропортящегося сырья высокого риска.

В настоящий момент продукция из мяса птицы механической обвалки регламентируется следующими документами:

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/ 2013) [5], в котором дается точное определение термина «мясо механической обвалки»: бескостное мясо в виде пастообразной массы с массовой долей костных включений не более 0,8 %, получаемое путем отделения мышечной, соединительной и (или) жировой ткани (остатка мышечной, соединительной и (или) жировой ткани) от кости механическим способом, без добавления не мясных ингредиентов. Также согласно данному регламенту производитель обязан указывать при изготовлении мясной продукции о добавлении ММО в ее составе [5];
2. ГОСТ 31490-2012 «Мясо птицы механической обвалки. Технические условия». В данном документе конкретизировано, какое сырье допускается до механической обвалки; ограничивается использование ММО при изготовлении пищевой продукции для детского питания для детей раннего дошкольного и школьного возраста [3];

3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса птицы продукции и его переработки» (ТР ТС 051/2021) [6].

Поскольку задачу быстрой порчи не представляется возможным решить одним способом, производители прибегают к комплексному решению: строгий контроль качества поступающего сырья в производственный цех, применение антиоксидантов на различных этапах производства продуктов из МПМО, своевременное охлаждение (или заморозка) сырья и продукции для предотвращения/замедления развития микробиоты на поверхности мяса или фарша. Также немаловажны различные технологии упаковки готовой продукции [7, 16, 30]. Рассмотрим их.

Упаковка для мясных охлажденных полуфабрикатов. Натуральные мясные полуфабрикаты, к которым относятся котлеты, бифштексы, шницели, лангеты, эскалопы и другие куски зачищенного нежного мяса, а также мясо в панировке, имеют небольшой срок годности [40]. Именно поэтому необходимо использовать упаковку, которая позволит как можно дольше сохранить качество и все свойства нежного мяса, а также увеличить срок его реализации.



Рис. 1. Упаковка фарша в модифицированной атмосфере

Наиболее часто используемым решением является упаковка полуфабрикатов в модифицированной атмосфере – газовой среде (рис. 1). При фасовке мясной продукции необходимо использовать газовую среду

с повышенным содержанием кислорода, за счет чего продукт приобретет ярко-красный цвет, который будет ассоциироваться у покупателей с высоким качеством мяса и его свежестью [44, 50].

Модифицированная газовая среда предотвращает образование и развитие вредных бактерий, благодаря чему мясные полуфабрикаты дольше остаются свежими и качественными. Продукцию укладывают в пластиковый лоток и запаивают полимерной пленкой, создавая внутри упаковки необходимую атмосферу при помощи специализированного оборудования [49].

Упаковка для мясных полуфабрикатов, состоящая из вакуума или модифицированной газовой среды, позволяет увеличить срок реализации товара минимум в 2 раза, а в некоторых случаях в 10 раз. Для создания вакуумной упаковки используют высокобарьерные пленки с газонепроницаемым слоем EVON (сополимер этилвинилового спирта). Стоит отметить, что для упаковки в вакуум нельзя использовать пластиковые лотки, так как они сожмутся, а товар потеряет презентабельный внешний вид [33, 37].

Стоит отметить, что такая упаковка полностью герметична и не пропускает посторонние запахи, сохраняя все натуральные свойства мясной продукции [32].

Упаковка для замороженных полуфабрикатов. Для фасовки замороженных мелкоштучных изделий, таких как рыбные палочки, пельмени, вареники, рекомендуется использовать разные виды пакетов из полимерных пленок. Полипропиленовые и полиэтиленовые пакеты, ламинированные лавсаном (ПЭТ), обладают устойчивостью к низким температурам, благодаря чему продукцию можно хранить и перевозить в морозильных камерах [28].

Кроме того, такие пакеты отличаются высокой прочностью и устойчивостью к разрыву и проколу. За счет этого замороженная продукция будет надежно защищена от любых внешних воздействий [15, 24].

При продаже замороженных полуфабрикатов на развес можно использовать лотки из полистирола или вспененного полистирола вместе со стрейч-пленкой (рис. 2).



Рис. 2. Лоток из полистирола

Развитие пищевой промышленности стимулирует рост и других синергирующих отраслей. Как следствие, мы наблюдаем постоянное улучшение качества и расширение ассортимента упаковочных материалов для продуктов питания.

Основные решающие показатели для выбора упаковки производителем [20]:

- герметичность. Продукция внутри должна быть в достаточной степени ограждена от постороннего вмешательства и обсеменения внешней микробиотой для сохранения свежести и срока годности;

- технологичность – это свойство, характеризующее способность изделия к технологическим процессам на производстве. Важно, чтобы тара была удобной для расфасовки, складирования, перевозки;

- прочность. Упаковка должна быть достаточно прочной, чтобы сохранить целостность продукта при транспортировке и хранении;

- термостойкость. Упаковка не должна деформироваться или повреждаться при охлаждении или заморозке;

- совместимость – хороший упаковочный материал не изменяет параметры продовольственного товара. Он не впитывает запахи, не размягчает продукт и не вызывает его очерствение;

- экономичность. Этот параметр важен как для производителя, так и для потребителя, поскольку стоимость упаковки напрямую влияет на общую стоимость продукта, что может снизить его конкурентоспособность по цене;

- нетоксичность. Полимерное сырье и изготовленная из него упаковка при ком-

натной температуре не должны выделять в окружающую среду токсичные вещества и оказывать вредное воздействие на организм человека;

- безопасность окружающей среды. В процессе изготовления упаковки и при ее утилизации выбросы вредных веществ в атмосферу не должны превышать предельно допустимых концентраций, установленных гигиеническими нормативами.

Показатели упаковочного материала и произведенной упаковки регламентируются ГОСТ 33837-2022 «Упаковка полимерная для пищевой продукции [4]. Общие технические условия». Данный стандарт не позволяет использовать в производстве упаковки вещества, негативно влияющие на здоровье человека, в том числе ДБФ, однако при регулярной лабораторной проверке выявляется наличие подобных веществ либо превышения содержания их допустимых норм. Например, сложные эфиры фталата широко используются в качестве пластификаторов при производстве различных расходных материалов и товаров домашнего обихода [11]. Дибутилфталат (ДБФ) – основной эфир фталата – один из наиболее распространенных и широко используемых пластификаторов в промышленных и потребительских товарах, используется для производства эпоксидных смол, сложных эфиров целлюлозы и специальных адгезивных составов [2, 8]. Мировое производство сложных эфиров фталата и их частое применение в широком ассортименте продуктов повседневного использования привели к тому, что они присутствуют во всех частях окружающей среды и, следовательно, в продуктах питания [39, 45].

ДБФ по степени вредного воздействия на организм человека отнесен к классу высокоопасных веществ, о чем свидетельствует его предельно допустимая концентрация, равная 0,5 мг/м³.

Согласно санитарно-токсикологическим экспериментам в острых, подострых и хронических опытах А. А. Масленко на базе Киевского научно-исследовательского института общей гигиены было установлено, что ДБФ обладает общетоксическим действием, проявляющимся в поражении парен-

химатозных органов и изменении функционального состояния центральной нервной системы [51].

Предварительно были поставлены острые и подострые опыты. Результаты острого опыта с пероральным введением показали: LD_{50} для мышей – $21,5 \pm 2,37$ г/кг; LD_{50} для белых крыс – 17,9 г/кг. Морские свинки и кролики проявили нечувствительность к ДБФ.

В подостром опыте было также выявлено повышение активности холинэстеразы в крови и печени у подопытных животных, снижение уровня витамина С в надпочечниках.

В хроническом эксперименте установили, что ДБФ несет санитарно-токсикологический показатель вредности. Недействующая концентрация ДБФ в результате экспериментов составила 2 мг/л [51].

Также многие правительственные учреждения по всему миру, включая Европейское агентство по охране окружающей среды, Агентство по охране окружающей среды США и Министерство здравоохранения Китая, установили максимальный предел остаточного содержания (MRL) для остатков ДБФ – 300 нг/мл [21, 23].

Однако значительные превышения этих уровней часто обнаруживаются в продуктах питания и воде. К тому же разнообразие фталатов и их встречаемость в разных сочетаниях требует в каких-то случаях группового, в каких-то – селективного выявления. В данном случае выбор проводимого анализа зависит от концентрации вещества в объекте. Высокое содержание ДБФ легче детектировать, поэтому возможно использовать одну из предложенных методик. При следовых количествах часто используют подтверждающую высокоточную методику, например, высокоэффективную жидкостную хроматографию с масс-спектрометрическим детектированием. Несмотря на высокую чувствительность и селективность, реализация этих методов сопряжена с долгой пробоподготовкой и трудозатратами, а также необходимостью дорогостоящего оборудования и специально обученного персонала. В связи с этим востребованы быстрые аналитические методы, сочетающие высокую специфичность, чувствительность и надежность [18].

К таким методам можно отнести иммунохимические (в частности, иммуноферментный анализ (ИФА)), в основе которых лежит реакция антиген-антитело. ИФА широко используется для обнаружения различных органических загрязнителей в экологическом мониторинге, что подтверждает преимущества метода, связанные со скоростью и производительностью. Как правило, для определения низкомолекулярных органических загрязнителей реализуется конкурентная схема ИФА с мечением ферментом антигена или антител против анализируемого соединения [1, 18, 48]. Так, для определения ДБФ в водных средах разработан ряд систем ИФА с различными модификациями, направленными на повышение аналитических характеристик. Однако, помимо предварительной иммобилизации антигена, ИФА занимает, как правило, не менее 3 ч с двумя продолжительными стадиями инкубации. Для ряда аналитов описан и успешно применен кинетический формат ИФА с сокращением продолжительности стадий [6, 20]. Отмечены также возможности кинетических иммуноаналитических систем в управлении селективностью определения. Тем не менее традиционно используются иммуноферментные системы с продолжительностью взаимодействия антиген-антитело не менее 1 ч на каждой стадии, что обеспечивает достижение химического равновесия [26, 31, 34, 43].

Первый иммуноанализ на сложный эфир фталата был проведен в результате исследований ученого Иуса в 1993 г. Он разработал иммунофлуоресцентный анализ с временным разрешением для обнаружения диметилфталата в воде, а также внедрил тип пробоподготовки, где из твердых типов пищевых продуктов создается жидкостная выжимка для увеличения эффективности эксперимента. В последние годы другой исследователь в данной области – М. С. Чжан – опубликовал результаты иммунологических анализов на различные фталаты, включая диэтилфталат (DEP), диметилфталат (DMP), дипропилфталат (DPP), дибутилфталат (DBP) и дициклогексилфталат (DCHP) [13, 17, 19].

В приведенном далее исследовании было получено специфическое моноклональное антитело против ДБФ и проведен иммуноферментный анализ (ELISA) для выявления присутствия ДБФ в выжимке из продукта. Образцы были проанализированы с помощью предложенного метода иммуноферментного анализа, который был впоследствии подтвержден результатами ВЭЖХ/МС [16, 22, 42].

Учитывая значительное присутствие сложных эфиров фталата, для испытаний исследователями на извлечение был приготовлен спиртовой имитатор. Имитатор был приготовлен с использованием воды и этилового спирта в объемном соотношении 1:1 (по объему). Для оценки этой системы ИФА были использованы обогащенные образцы имитатора в двух концентрациях (100 и 300 нг/мл). 4-нитрофталевую кислоту (4-NPA) использовали для синтеза ди-н-бутил-4-аминофталата (DBaP). Были получены полные антигены BSA-DBaP и OVA-DBaP соответственно. Конъюгаты BSA использовали для иммунизации мышей, а конъюгаты OVA использовали в качестве покрывающего антигена. После 5 иммунизаций положительную мышь умерщвляли для слияния клеток. После трех циклов гибридомной селекции была выбрана и размножена клеточная линия для получения моноклонального антитела [3, 9, 46].

В оптимизированных условиях была проанализирована серия образцов ДБФ. На

основе значений оптической плотности (ОП) и концентраций ДБФ была построена кривая ингибирования. Концентрация ДБФ, приводящая к 50%-му ингибированию максимального значения ОП, была установлена как значение IC_{50} , которое было получено на основе кривой ингибирования. Аналогичным образом были определены значения IC_{50} для аналогов ДБФ [39, 46].

Перекрестная реактивность (ПР) для каждого аналога ДБФ была рассчитана с помощью уравнения:

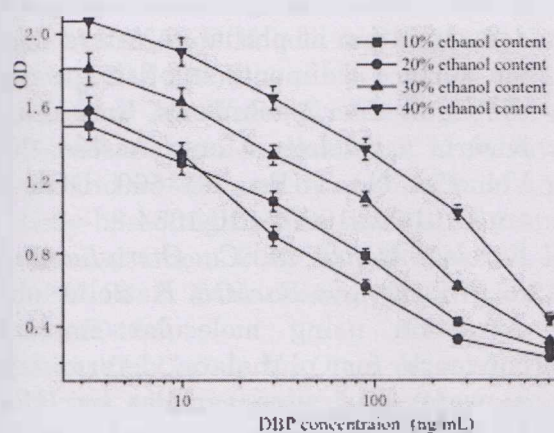
$$PR\% = \frac{IC_{50} \text{ value of ДБФ}}{IC_{50} \text{ value of related compound}} \quad (1)$$

Несколько образцов были исследованы с помощью разработанного метода ИФА. Кроме того, образцы были также проанализированы с помощью гибридного масс-спектрометра.

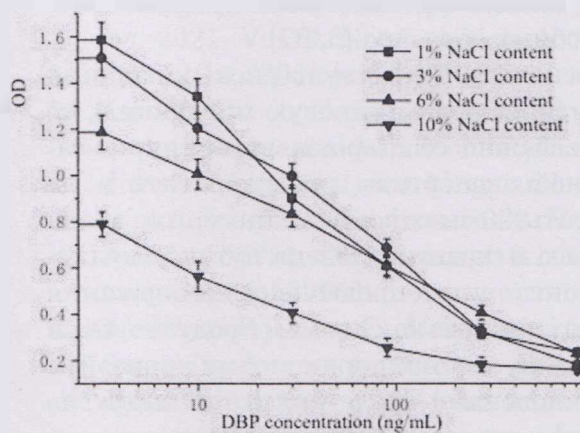
Исходя из результатов определения методом шахматной доски, концентрация антигена OVA-DBaP, использованного для нанесения покрытия, составила 0,1 мкг/мл, в то время как оптимальная концентрация антитела составила 0,03 мкг/мл.

Этанол использовали в качестве соразворителя в буфере для анализа для повышения растворимости ДБФ (рис. 3).

На рис. 3 А показано, что содержание этанола оказывало большое влияние на максимальный ОП (значение для контрольных скважин).



(A)



(B)

Рис. 3. Оптимизация буфера для анализа для системы ELISA. Каждая точка кривой ингибирования представляет 5 повторов в анализе: А – влияние содержания этанола на эффективность ELISA; Б – влияние содержания NaCl на эффективность ELISA

Увеличение доли этанола привело к очевидному увеличению максимального ОП. Самое низкое значение IC_{50} было получено, когда содержание этанола в буфере для анализа составляло 20 % (по объему).

Вывод. Применяемый модифицированный иммуноферментный анализ успешно выявил наличие ДБФ в образцах с остаточным содержанием более 21,5 нг/мл. Учитывая требования к содержанию ДБФ в пищевых продуктах (300 нг/мл), предлагаемый ИФА может быть использован, по мнению исследователей, для выявления остатков ДБФ в пищевых продуктах.

Было получено специфическое моноклональное антитело против ДБФ, которое использовалось для проведения иммуноферментного анализа. При простом разведении образцы успешно проанализированы с помощью предложенного метода иммуноферментного анализа. Результаты обнаружения показали хорошую корреляцию с результатами ВЭЖХ/МС. Предложенный метод ИФА продемонстрировал удовлетворительные результаты в анализе и большой потенциал для скрининга жидких сред в дальнейших исследованиях в данной области.

Учитывая тот факт, что изначально обший акцент всей тематики был составлен вокруг непосредственно полуфабрикатов из мяса птицы механической обвалки, то стоит добавить, что приведенная работа позволяет отслеживать остаточное содержание ДБФ в выжимках и эмульсиях, полученных от подобных образцов [3, 37].

Поскольку существует риск попадания пластификатора в пищевую продукцию, то крайне важно со стороны ветеринарно-санитарной экспертизы предотвратить и не допустить возможности нанесения вреда здоровью и жизни человека путем регулярного мониторинга превышения содержания вредных веществ как в самом продукте, так и в упаковке, через которую может произойти проникновение. Представленное и другие подобные исследования создают надежную базу для отслеживания качества и безопасности упаковок для хранения и транспортировки пищевой продукции, а также предоставляют возможности для дальнейших

исследований в виде модернизации и совершенствований уже существующих методик.

Список источников

1. Барановская В. С., Берлина А. Н., Ерёмин С. А. Процедура иммуноферментного анализа с поляризацией флуоресценции для определения дибутилфталата в воде // В.С. Барановская, А.Н. Берлина, С.А. Ерёмин // Журнал аналитической химии. 2022. Вып. 77. С. 466–472. DOI: doi.org/10.1134/S1061934822040037.
2. Берлина А. Н., Рагозина М. Я., Комова Н. С и др. Биосенсоры. Разработка системы латерального потока для иммуноанализа дибутилфталата в природных водах // Биосенсоры. 2022. Вып. 12. С. 13–25. DOI: doi.org/10.3390/bios12111002.
3. ГОСТ 31490-2012 «Мясо птицы механической обвалки. Технические условия». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095720>.
4. ГОСТ 33837-2012 «Упаковка полимерная для пищевой продукции. Общие технические условия». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193341>.
5. ТР ТС 34-2013 «О безопасности мяса и мясной продукции». URL: <https://docs.cntd.ru/document/499050564>.
6. ТР ТС 51-2021 «О безопасности мяса птицы и продукции его переработки». URL: <https://docs.cntd.ru/document/726913772>.
7. Adeniyi A. A., Okedeyi O. O., Yusuf K. A. Flame ionization gas chromatographic determination of phthalate esters in water, surface sediments and fish species in the Ogun river catchments, Ketu, Lagos, Nigeria // Environ. Monit. Assess. 2011. Vol. 172. No. 1. Pp. 561–569. DOI: doi.org/10.1007/s10661-010-1354-2.
8. Barciela-Alonso M. C., Otero-Lavandera N., Bermejo-Barrera P. Solid phase extraction using molecular imprinted polymers for phthalate determination in water and wine samples by HPLC-ESI-MS // Microchem. J. 2017. Vol. 132. Pp. 233–237. DOI: doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.007.
9. Campanella B., Palleschi V., Legnaioli S. Introduction to vibrational spectroscopy.

- copies // ChemTexts. 2021. Vol. 7. No. 1. Pp. 1–21. DOI: 10.1007/s40828-020-00129-4.
10. *Chen Y., He Q., Shen D. et al.* Determination of Amitriptyline by Fluorescence Polarization Immunoassay // Food Control. 2019. Vol. 105. Pp. 38–44. DOI: 10.1134/s1061934822070085.
11. *Chen Y., Li J., Lu P. et al.* // Food Agric. Immunol. 2017. Vol. 28. No. 5. Pp. 904–915. DOI: doi.org/10.1080/09540105.2017.1320352.
12. *Dou L., Zhang Y., Bai Y. et al.* Advances in phage display based nano immunosensors for cholera toxin // J. Agric. Food Chem. 2022. Vol. 70. No. 4. Pp. 976–991. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c06750.
13. *Giuliani A., Zuccarini M., Cichelli A. et al.* Critical Review on the Presence of Phthalates in Food and Evidence of Their Biological Impact // Int. J. Environ. Health Res. 2020. Vol. 17. No. 16. Article 5655. DOI: 10.3390/ijerph17165655.
14. *Guo W., Li J., Luo M. et al.* Estrogenic activity and ecological risk of steroids, bisphenol A and phthalates after secondary and tertiary sewage treatment processes // Water Res. 2022. Vol. 214. Article 118189. DOI: 10.1016/j.watres.2022.118189.
15. *Huang Zh., Tu Ch., Liu H. et al.* Hollow fiber-solid phase microextraction of phthalate esters from bottled water followed by flash evaporation gas chromatography-flame ionization detection // J. Chromatogr. A. 2020. Vol. 1619. Article 460953. DOI: doi.org/10.1016/j.chroma.2020.460953.
16. *Huebner M., Weber E., Niessner R. et al.* Rapid analysis of diclofenac in freshwater and wastewater by a monoclonal antibody-based highly sensitive ELISA // Anal. Bioanal. Chem. 2015. Vol. 407. No. 29. Pp. 8873–8882. DOI: doi.org/10.1007/s00216-015-9048-9.
17. *Jaria G., Calisto V., Otero M. et al.* Monitoring pharmaceuticals in the aquatic environment using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) – a practical overview // Anal. Bioanal. Chem. 2020. Vol. 412. No. 17. Pp. 3983–4008. DOI: doi.org/10.1007/s00216-020-02509-8.
18. *Kong J., Yu S.* // Acta Biochim. Biophys. Sin. 2007. Vol. 39. No. 8. Pp. 549–559. DOI: doi.org/10.1111/j.1745-7270.2007.00320.
19. *Kuang H., Liu L., Xu L. et al.* Development of an Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for Dibutyl Phthalate in Liquor // Sensors. 2013. Vol. 13. No. 7. Pp. 8331–8339. DOI: doi.org/10.3390/s130708331.
20. *Li J., Jin H., Wei M. et al.* Dual mode competitive electrochemical immunoassay for dibutyl phthalate detection based on PEI functionalized nitrogen doped graphene-CoSe₂/gold nanowires and thionine-Au@Pt core-shell // Sens. Actuators B Chem. 2021. Vol. 331. Article 129401. DOI: doi.org/10.1016/j.snb.2020.129401.
21. *Liu S., Cheng R., Chen Y. et al.* A simple one-step pretreatment, highly sensitive and selective sensing of 17 β -estradiol in environmental water samples using surface-enhanced Raman spectroscopy // Sens. Actuators B Chem. 2018. Vol. 254. Pp. 1157–1164. DOI: doi.org/10.1016/j.snb.2017.08.003.
22. *Liu Z., Zhang Z., Zhu G. et al.* Rapid screening of flonicamid residues in environmental and agricultural samples by a sensitive enzyme immunoassay // Sci. Total Environ. 2016. Vol. 551–552. Pp. 484–488. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.017.
23. *Luis C., Algarra M., Cámara J. S. et al.* Comprehensive Insight from Phthalates Occurrence: From Health Outcomes to Emerging Analytical Approaches // Toxics. 2021. Vol. 9. No. 7. Article 157. DOI: doi.org/10.3390/toxics9070157.
24. *Luo H., Liu C., He D. et al.* Effects of aging on environmental behavior of plastic additives: Migration, leaching, and ecotoxicity // Sci. Total Environ. 2022. Vol. 849. Article 157951. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157951.
25. *Montuori P., Jover E., Morgantini M. et al.* Assessing human exposure to phthalic acid and phthalate esters from mineral water stored in polyethylene terephthalate and glass bottles // Food Addit. Contam. Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess. 2008. Vol. 25. No. 4. Pp. 511–518. DOI: doi.org/10.1080/02652030701551800.

26. Otero P., Saha S. K., Moane S. et al. Improved method for rapid detection of phthalates in bottled water by gas chromatography–mass spectrometry // *J. Chromatogr. B: Anal. Technol. Biomed. Life Sci.* 2015. Vol. 997. Pp. 229–235. DOI: doi.org/10.1016/j.jchromb.2015.05.036.
27. Rajamanikyam M., Vadlapudi V., Parvathaneni S. P. et al. Isolation and characterization of phthalates from *Brevibacterium mcbrellneri* that cause cytotoxicity and cell cycle arrest // *EXCLI J.* 2017. Vol. 16. Pp. 375–387. DOI: 10.17179/excli2017-145.
28. Ramesh S., Yin T. S., Liew C.-W. Effect of dibutyl phthalate as plasticizer on high-molecular weight poly(vinyl chloride) – lithium tetraborate-based solid polymer electrolytes // *Ionics*. 2011. Vol. 17. No. 8. Pp. 705–713. DOI: doi.org/10.1007/s11581-011-0568-9.
29. Rastkari N., Jeddi M. Z., Yunesian M. et al. Effect of sunlight exposure on phthalates migration from plastic containers to packaged juices // *J. Environ. Health Sci. Eng.* 2018. Vol. 16. No. 1. Pp. 27–33. DOI: doi.org/10.1007/s40201-018-0292-8.
30. Sakaki J. R., Melough M. M., Provatas A. A. et al. Evaluation of estrogenic chemicals in capsule and French press coffee using ultra-performance liquid chromatography with tandem mass spectrometry // *Toxicol. Rep.* 2020. Vol. 7. Pp. 1020–1024. DOI: doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.015.
31. Sanchis A., Salvador J. P., Marco M. P. Multiplexed immunochemical techniques for the detection of pollutants in aquatic environments // *Trends Anal. Chem.* 2018. Vol. 106. Pp. 1–10. DOI: doi.org/10.1016/j.trac.2018.06.015.
32. Sotnikov D. V., Zherdev A. V., Zvereva E. A. et al. Changing Cross-Reactivity for Different Immunoassays Using the Same Antibodies: Theoretical Description and Experimental Confirmation // *Appl. Sci.* 2021. Vol. 11. No. 14. Article 6581. DOI: doi.org/10.3390/app11146581.
33. Sun R., Zhuang H. Biotin-Streptavidin Enzyme-linked Immunosorbent Assay for the Determination of Dibutyl Phthalate in Beverages and Drinking Water Using a Specific Polyclonal Antibody // *Food Anal. Methods*. 2015. Vol. 8. No. 8. Pp. 1990–1999. DOI: doi.org/10.1007/s12161-014-0085-3.
34. Tang M., Wu Y., Deng D. et al. Development of an optical fiber immunosensor for the rapid and sensitive detection of phthalate esters // *Sens. Actuators B Chem.* 2018. Vol. 258. Pp. 304–312. DOI: doi.org/10.1016/j.snb.2017.11.120.
35. Urusov A. E., Zherdev A. V., Petrakova A. V. et al. Rapid multiple immunoenzyme assay of mycotoxins // *Toxins*. 2015. Vol. 7. No. 2. Pp. 238–254 DOI: 10.3390/toxins7020238.
36. Wang X., Chen Ch., Chen Y. et al. Detection of dibutyl phthalate in food samples by fluorescence ratio immunosensor based on dual emission carbon quantum dot labelled aptamers // *Food Agric. Immunol.* 2020. Vol. 31. No. 1. Pp. 811–836. https://doi.org/10.1080/09540105.2020.1774746.
37. Wang Y., He C. H., Zheng H. et al. Zhang H. B. Characterization and Comparison of Fumonisin B1-Protein Conjugates by Six Methods // *Int/ J. Mol. Sci.* 2012. Vol. 13. No. 1. Pp. 84–96. DOI: doi.org/10.3390/ijms13010084.
38. Wei C., Ding S., You H. et al. An Immunoassay for Dibutyl Phthalate Based on Direct Hapten Linkage to the Polystyrene Surface of Microtiter Plates // *PLoS One*. 2011. Vol. 6. No. 12. Article e29196. DOI: 10.1371/journal.pone.0029196.
39. Xiong D., Zhu N., Zhu F. et al. Investigation and risk assessment of dibutyl phthalate in a typical region by a high-throughput dual-signal immunoassay // *J. Hazard. Mater.* 2022. Vol. 425. Article 127991. DOI: doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127991.
40. Xiong Y., Leng Y., Li X. et al. Emerging strategies to enhance the sensitivity of competitive ELISA for detection of chemical contaminants in food samples // *TrAC Trends Analyt. Chem.* 2020. Vol. 126. Article 115861. DOI: doi.org/10.1016/j.trac.2020.115861.
41. Xu F., Ren K., Yang Y.-Z. et al. Immunoassay of chemical contaminants in milk: A review // *J. Integr. Agric.* 2015. Vol. 14.

- No. 11. Pp. 2282–2295. DOI: 10.1016/S2095-3119(15)61121-2.
42. Xu Zh., Xiong X., Zhao Y. et al. Pollutants delivered every day: Phthalates in plastic express packaging bags and their leaching potential // *J. Hazard. Mater.* 2020. Vol. 384. Article 121282. DOI: doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121282.
43. Yan Y., Lu Y., Wang B. et al. Self-Assembling Hydrophilic Magnetic Covalent Organic Framework Nanospheres as a Novel Matrix for Phthalate Ester Recognition // *ACS Appl. Mater. Interfaces.* 2018. Vol. 10. No. 31. Pp. 26539–26545. DOI: doi.org/10.1021/acsami.8b08934.
44. Yanagisawa N., Dutta D. Kinetic ELISA in Microfluidic Channels // *Biosensors.* 2011. Vol. 1. No. 2. Pp. 58–69. DOI: doi.org/10.3390/bios1020058.
45. Ye X., Wang P., Wu Y. et al. Microplastic acts as a vector for contaminants: the release behavior of dibutyl phthalate from polyvinyl chloride pipe fragments in water phase // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2020. Vol. 27. No. 33. Pp. 42082–42091 DOI: doi.org/10.1007/s11356-020-10136-0.
46. Zhang Z., Zeng K., Liu J. Immunochemical detection of emerging organic contaminants in environmental waters // *Trends Anal. Chem.* 2017. Vol. 87. Pp. 49–57. DOI: doi.org/10.1016/j.trac.2016.12.002.
47. Zhang Zh., Zhu N., Zou Y. et al. A novel, enzyme-linked immunosorbent assay based on the catalysis of AuNCs@BSA-induced signal amplification for the detection of dibutyl phthalate // *Talanta.* 2018. Vol. 179. Pp. 64–69. DOI: doi.org/10.1016/j.talanta.2017.10.051.
48. Zhou L., Lei Y., Zhang D. et al. An ultra-sensitive monoclonal antibody-based enzyme-linked immunosorbent assay for dibutyl phthalate in human urinary // *Sci. Total Environ.* 2016. Vol. 541. Pp. 570–578. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.110.
49. Zhou Y., Li J., Zhang L. et al. HS-B-cyclodextrin-functionalized Ag@Fe₃O₄@Ag nanoparticles as a surface-enhanced Raman spectroscopy substrate for the sensitive detection of butyl benzyl phthalate // *Anal. Bioanal. Chem.* 2019. Vol. 411. No. 22. Pp. 5691–5701. DOI: doi.org/10.1007/s00216-019-01947-3.
50. Zhu F., Zhang H., Qiu M. et al. Dual-label time-resolved fluoroimmunoassay as an advantageous approach for investigation of diethyl phthalate & dibutyl phthalate in surface water // *Sci. Total Environ.* 2019. Vol. 695. Article 133793. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133793.
51. Zhu N., Zou Y., Huang M. et al. // *Talanta.* 2018. Vol. 186. Pp. 104–109. DOI: doi.org/10.1016/j.talanta.

References

1. Baranovskaya V. S., Berlina A. N., Eremin S. A. The procedure of enzyme immunoassay with fluorescence polarization for the determination of dibutyl phthalate in water // V.S. Baranovskaya, A.N. Berlina, S.A. Eremin // *Journal of Analytical Chemistry.* 2022. Issue 77. pp. 466-472. DOI: doi.org/10.1134/S1061934822040037 (In Russ.).
2. Berlina A. N., Ragozina M. Ya., Komova N. S. and others. Biosensors. Development of a lateralflow system for immunoassay of dibutyl phthalate in natural waters // *Biosensors.* 2022 Issue. 12. Pp. 13-25. DOI: doi.org/10.3390/bios12111002 (In Russ.).
3. GOST 31490-2012 "Poultry meat of mechanical deboning. Technical specifications". URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095720>
4. GOST 33837-2012 "Polymer packaging for food products. General technical conditions". URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193341>
5. TR CU 34-2013 "On the safety of meat and meat products". URL: <https://docs.cntd.ru/document/499050564>
6. TR CU 51-2021 "On the safety of poultry meat and its processed products". URL: <https://docs.cntd.ru/document/726913772>.
7. Adeniyi A. A., Okedeyi O. O., Yusuf K. A. (2011) Flame ionization gas chromatographic determination of phthalate esters in water, surface sediments and fish species in the Ogun river catchments, Ketu, Lagos, Nigeria. *Environ. Monit. Assess.*, vol. 172, no. 1, pp. 561–569. DOI: doi.org/10.1007/s10661-010-1354-2.

8. Barciela-Alonso M. C., Otero-Lavandeira N., Bermejo-Barrera P. (2017) Solid phase extraction using molecular imprinted polymers for phthalate determination in water and wine samples by HPLC-ESI-MS. *Microchem. J.*, vol. 132, pp. 233–237. DOI: doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.007.
9. Campanella B., Palleschi V., Legnaioli S. (2021) Introduction to vibrational spectroscopies. *ChemTexts*, vol. 7, no. 1, pp. 1–21. DOI: 10.1007/s40828-020-00129-4.
10. Chen Y., He Q., Shen D. et al. (2019) Determination of Amitriptyline by Fluorescence Polarization Immunoassay. *Food Control*, vol. 105, pp. 38–44. DOI: 10.1134/s1061934822070085.
11. Chen Y., Li J., Lu P. et al. (2017) *Food Agric. Immunol.*, vol. 28, no. 5, pp. 904–915. DOI: doi.org/10.1080/09540105.2017.1320352.
12. Dou L., Zhang Y., Bai Y. et al. (2022) Advances in phage display based nano immunosensors for cholera toxin. *J. Agric. Food Chem.*, vol. 70, no. 4, pp. 976–991. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c06750.
13. Giuliani A., Zuccarini M., Cichelli A. et al. (2020) Critical Review on the Presence of Phthalates in Food and Evidence of Their Biological Impact. *Int. J. Environ. Health Res.*, vol. 17, no. 16, article 5655. DOI: 10.3390/ijerph17165655.
14. Guo W., Li J., Luo M. et al. (2022) Estrogenic activity and ecological risk of steroids, bisphenol A and phthalates after secondary and tertiary sewage treatment processes. *Water Res.*, vol. 214, article 118189. DOI: 10.1016/j.watres.2022.118189.
15. Huang Zh., Tu Ch., Liu H. et al. (2020) Hollow fiber-solid phase microextraction of phthalate esters from bottled water followed by flash evaporation gas chromatography-flame ionization detection. *J. Chromatogr. A.*, vol. 1619, article 460953. DOI: doi.org/10.1016/j.chroma.2020.460953.
16. Huebner M., Weber E., Niessner R. et al. (2015) Rapid analysis of diclofenac in freshwater and wastewater by a monoclonal antibody-based highly sensitive ELISA. *Anal. Bioanal. Chem.*, vol. 407, no. 29, pp. 8873–8882. DOI: doi.org/10.1007/s00216-015-9048-9.
17. Jaria G., Calisto V., Otero M. et al. (2020) Monitoring pharmaceuticals in the aquatic environment using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) – a practical overview. *Anal. Bioanal. Chem.*, vol. 412, no. 17, pp. 3983–4008. DOI: doi.org/10.1007/s00216-020-02509-8.
18. Kong J., Yu S. (2007) *Acta Biochim. Biophys. Sin.*, vol. 39, no. 8, pp. 549–559. DOI: doi.org/10.1111/j.1745-7270.2007.00320.
19. Kuang H., Liu L., Xu L. et al. (2013) Development of an Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for Dibutyl Phthalate in Liquor. *Sensors*, vol. 13, no. 7, pp. 8331–8339. DOI: doi.org/10.3390/s130708331.
20. Li J., Jin H., Wei M. et al. (2021) Dual mode competitive electrochemical immunoassay for dibutyl phthalate detection based on PEI functionalized nitrogen doped graphene-CoSe₂/gold nanowires and thionine-Au@Pt core-shell. *Sens. Actuators B Chem.*, vol. 331, article 129401. DOI: doi.org/10.1016/j.snb.2020.129401.
21. Liu S., Cheng R., Chen Y. et al. (2018) A simple one-step pretreatment, highly sensitive and selective sensing of 17 β -estradiol in environmental water samples using surface-enhanced Raman spectroscopy. *Sens. Actuators B Chem.*, vol. 254, pp. 1157–1164. DOI: doi.org/10.1016/j.snb.2017.08.003.
22. Liu Z., Zhang Z., Zhu G. et al. (2016) Rapid screening of flonicamid residues in environmental and agricultural samples by a sensitive enzyme immunoassay. *Sci. Total Environ.*, vol. 551–552, pp. 484–488. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.017.
23. Luís C., Algarra M., Cámara J. S. et al. (2021) Comprehensive Insight from Phthalates Occurrence: From Health Outcomes to Emerging Analytical Approaches. *Toxics*, vol. 9, no. 7, article 157. DOI: doi.org/10.3390/toxics9070157.
24. Luo H., Liu C., He D. et al. (2022) Effects of aging on environmental behavior of plastic additives: Migration, leaching, and ecotoxicity. *Sci. Total Environ.*, vol. 849, article 157951. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157951.
25. Montuori P., Jover E., Morgantini M. et al. (2008) Assessing human exposure to

- phthalic acid and phthalate esters from mineral water stored in polyethylene terephthalate and glass bottles. *Food Addit. Contam. Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.*, vol. 25, no. 4, pp. 511–518. DOI: doi.org/10.1080/02652030701551800.
35. Otero P., Saha S. K., Moane S. et al. (2015) Improved method for rapid detection of phthalates in bottled water by gas chromatography – mass spectrometry. *J. Chromatogr. B: Anal. Technol. Biomed. Life Sci.*, vol. 997, pp. 229–235. DOI: doi.org/10.1016/j.jchromb.2015.05.036.
37. Rajamanikyam M., Vadlapudi V., Parvathaneni S. P. et al. (2017) Isolation and characterization of phthalates from *Brevibacterium mcbrellneri* that cause cytotoxicity and cell cycle arrest. *EXCLI J.*, vol. 16, pp. 375–387. DOI: 10.17179/excli2017-145.
38. Ramesh S., Yin T. S., Liew C.-W. (2011) Effect of dibutyl phthalate as plasticizer on high-molecular weight poly(vinyl chloride)–lithium tetraborate-based solid polymer electrolytes. *Ionics*, vol. 17, no. 8, pp. 705–713. DOI: doi.org/10.1007/s11581-011-0568-9.
39. Rastkari N., Jeddi M. Z., Yunesian M. et al. (2018) Effect of sunlight exposure on phthalates migration from plastic containers to packaged juices. *J. Environ. Health Sci. Eng.*, vol. 16, no. 1, pp. 27–33. DOI: doi.org/10.1007/s40201-018-0292-8.
40. Sakaki J. R., Melough M. M., Provas A. A. et al. (2020) Evaluation of estrogenic chemicals in capsule and French press coffee using ultra-performance liquid chromatography with tandem mass spectrometry. *Toxicol. Rep.*, vol. 7, pp. 1020–1024. DOI: doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.015.
41. Sanchis A., Salvador J. P., Marco M. P. (2018) Multiplexed immunochemical techniques for the detection of pollutants in aquatic environments. *Trends Anal. Chem.*, vol. 106, pp. 1–10. DOI: doi.org/10.1016/j.trac.2018.06.015.
42. Sotnikov D. V., Zherdev A. V., Zvereva E. A. et al. (2021) Changing Cross-Reactivity for Different Immunoassays Using the Same Antibodies: Theoretical Description and Experimental Confirmation. *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 14, article 6581. DOI: doi.org/10.3390/app11146581.
43. Sun R., Zhuang H. (2015) Biotin-Streptavidin Enzyme-linked Immunosorbent Assay for the De-termination of Dibutyl Phthalate in Beverages and Drinking Water Using a Specific Polyclonal Antibody. *Food Anal. Methods*, vol. 8, no. 8, pp. 1990–1999. DOI: doi.org/10.1007/s12161-014-0085-3.
44. Tang M., Wu Y., Deng D. et al. (2018) Development of an optical fiber immunosensor for the rapid and sensitive detection of phthalate esters. *Sens. Actuators B Chem.*, vol. 258, pp. 304–312. DOI: doi.org/10.1016/j.snb.2017.11.120.
45. Urusov A. E., Zherdev A. V., Petrakova A. V. et al. (2015) Rapid multiple immunoassay of mycotoxins. *Toxins*, vol. 7, no. 2, pp. 238–254. DOI: 10.3390/toxins7020238.
46. Wang X., Chen Ch., Chen Y. et al. (2020) Detection of dibutyl phthalate in food samples by fluorescence ratio immunosensor based on dual emission carbon quantum dot labelled aptamers. *Food Agric. Immunol.*, vol. 31, no. 1, pp. 811–836. https://doi.org/10.1080/09540105.2020.1774746.
47. Wang Y., He C. H., Zheng H. et al. (2012) Characterization and Comparison of Fumonisin B1-Protein Conjugates by Six Methods. *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 13, no. 1, pp. 84–96. DOI: doi.org/10.3390/ijms13010084.
48. Wei C., Ding S., You H. et al. (2011) An Immunoassay for Dibutyl Phthalate Based on Direct Hapten Linkage to the Polystyrene Surface of Microtiter Plates. *PLoS One*, vol. 6, no. 12, article e29196. DOI: 10.1371/journal.pone.0029196.
49. Xiong D., Zhu N., Zhu F. et al. (2022) Investigation and risk assessment of dibutyl phthalate in a typical region by a high-throughput dual-signal immunoassay. *J. Hazard. Mater.*, vol. 425, article 127991. DOI: doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127991.
50. Xiong Y., Leng Y., Li X. et al. (2020) Emerging strategies to enhance the sensitivity of competitive ELISA for detection

- of chemical contaminants in food samples. *TrAC Trends Analyt. Chem.*, vol. 126, article 115861. DOI: doi.org/10.1016/j.trac.2020.115861.
41. Xu F., Ren K., Yang Y.-Z. et al. (2015) Immunoassay of chemical contaminants in milk: A review. *J. Integr. Agric.*, vol. 14, no. 11, pp. 2282–2295. DOI: 10.1016/S2095-3119(15)61121-2.
 42. Xu Zh., Xiong X., Zhao Y. et al. (2020) Pollutants delivered every day: Phthalates in plastic ex-press packaging bags and their leaching potential. *J. Hazard. Mater.*, vol. 384, article 121282. DOI: doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121282.
 43. Yan Y., Lu Y., Wang B. et al. (2018) Self-Assembling Hydrophilic Magnetic Covalent Organic Framework Nanospheres as a Novel Matrix for Phthalate Ester Recognition. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 10, no. 31, pp. 26539–26545. DOI: doi.org/10.1021/acsami.8b08934.
 44. Yanagisawa N., Dutta D. (2011) Kinetic ELISA in Microfluidic Channels. *Biosensors*, vol. 1, no. 2, pp. 58–69. DOI: doi.org/10.3390/bios1020058.
 45. Ye X., Wang P., Wu Y. et al. (2020) Microplastic acts as a vector for contaminants: the release behavior of dibutyl phthalate from polyvinyl chloride pipe fragments in water phase. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 27, no. 33, pp. 42082–42091 DOI: doi.org/10.1007/s11356-020-10136-0.
 46. Zhang Z., Zeng K., Liu J. (2017) Immunochemical detection of emerging organic contaminants in environmental waters. *Trends Anal. Chem.*, vol. 87, pp. 49–57. DOI: doi.org/10.1016/j.trac.2016.12.002.
 47. Zhang Zh., Zhu N., Zou Y. et al. (2018) A novel, enzyme-linked immunosorbent assay based on the catalysis of AuNCs@BSA-induced signal amplification for the detection of dibutyl phthalate. *Talanta*, vol. 179, pp. 64–69. DOI: doi.org/10.1016/j.talanta.2017.10.051.
 48. Zhou L., Lei Y., Zhang D. et al. (2016) An ultra-sensitive monoclonal antibody-based enzyme-linked immunosorbent assay for dibutyl phthalate in human urinary. *Sci. Total Environ.*, vol. 541, pp. 570–578. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.110.
 49. Zhou Y., Li J., Zhang L. et al. (2019) HS-8-cyclodextrin-functionalized Ag@Fe₃O₄@Ag nano-particles as a surface-enhanced Raman spectroscopy substrate for the sensitive detection of butyl benzyl phthalate. *Anal. Bioanal. Chem.*, vol. 411, no. 22, pp. 5691–5701. DOI: doi.org/10.1007/s00216-019-01947-3.
 50. Zhu F., Zhang H., Qiu M. et al. (2019) Dual-label time-resolved fluoroimmunoassay as an advantageous approach for investigation of diethyl phthalate & dibutyl phthalate in surface water. *Sci. Total Environ.*, vol. 695, article 133793. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133793.
 51. Zhu N., Zou Y., Huang M. et al. (2018) *Talanta*, vol. 186, pp. 104–109. DOI: doi.org/10.1016/j.talanta.

Информация об авторах:

В. В. КУДРЯВЦЕВ – доктор экономических наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности;
М. М. ГОРЯЧЕВА – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной медицины;
А. Д. ПОЛЯКОВА – магистр;
С. Н. ДЬЯКОВ – аспирант кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности.

Information about the authors:

V. V. KUDRYAVTSEV – Doctor of Economics, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Biological Safety;
M. M. GORYACHEVA – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine;
A. D. POLYAKOVA – Master's degree;

S. N. DYAKOV – postgraduate student of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Biological Safety.

Вклад авторов:

КУДРЯВЦЕВ В. В. – постановка цели работы, определение задач исследований, написание выводов;

ГОРЯЧЕВА М. М. – научное методологическое обоснование, заключение, написание статьи;

ПОЛЯКОВА А. Д. – поиск и анализ информации, материалы и методы, написание статьи;

ДЬЯКОВ С. Н. – обобщение полученных данных, заключение.

Contribution of the authors:

KUDRYAVTSEV V. V. – summarizing the data obtained, scientific methodological justification, conclusion, writing an article;

GORIYCHEVA M. M. – defining research objectives, writing conclusions;

POLYAKOVA A. D. – information search and analysis, materials and methods, writing an article;

DYAKOV S. N. – generalization of the data obtained, conclusion.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.04.2025; одобрена после рецензирования 18.04.2025; принята к публикации 23.04.2025.

The article was submitted 13.04.2025; approved after reviewing 18.04.2025; accepted for publication 23.04.2025.

Научная статья

УДК 619:616.155.394:576.535

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506106

Получение высококонцентрированного препарата вируса панлейкопении кошек

Алексей Максимович Киселев¹, Татьяна Сергеевна Галкина²,
Роман Сергеевич Чернышев³, Андрей Романович Шотин⁴,
Елена Геннадьевна Кузнецова⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральный центр охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»),
г. Владимир, Россия

¹ kiselev_am@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3921-8050>;

² galkina_ts@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9494-8537>;

³ chernishev_rs@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3604-7161>;

⁴ shotin@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9884-1841>;

⁵ kuznetsova_eg@arriah.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6851-9323>

Автор, ответственный за переписку:

Алексей Максимович Киселев, kiselev_am@arriah.ru

Аннотация

Для усовершенствования мер борьбы с панлейкопенией кошек важными условиями являются получение актуальных производственных и контрольных штаммов и оптимизация условий накопления вирусного сырья, характеризующегося высоким титром и подходящим для создания новых вакцин и диагностических тест-систем. В данной статье рассматривается оптимизация получения высококонцентрированного препарата вируса панлейкопении кошек. В ходе исследования были определены множественность заражения, время и условия культивирования вируса в перевиваемой культуре клеток CRFK, а также влияние степени конfluэнтности клеток и способа заражения на динамику репродукции изолята, выделенного в 2021 г. Кроме того, оптимизированы способы очистки и режимы концентрирования вирусосодержащей суспензии. В результате получен очищенный препарат вируса панлейкопении кошек с высокой гемагглютинирующей активностью (с $9,00 \pm 0,00$ до $16,66 \pm 0,58 \log_2$ ГАЕ/0,1 см³). Представленные в статье данные могут быть использованы при производстве вакцин и разработке схем по гипериммунизации лабораторных животных для диагностических целей.

Ключевые слова: панлейкопения кошек, FCoV, реакция гемагглютинации, культуральные свойства, очистка и концентрирование вирусов

Благодарности: авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам сектора культуры клеток и лаборатории профилактики болезней мелких домашних животных ФГБУ «ВНИИЗЖ».

Финансирование: исследования выполнены за счет средств ФГБУ «ВНИИЗЖ» в рамках тематики научно-исследовательских работ «Ветеринарное благополучие».

Для цитирования: Киселев А. М., Галкина Т. С., Чернышев Р. С. и др. Получение высококонцентрированного препарата вируса панлейкопении кошек // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 56–65. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506106>

Preparation of highly concentrated feline panleukopenia virus suspension

Alexey M. Kiselev¹, Tatyana S. Galkina², Roman S. Chernishev³,
Andrey R. Shotin⁴, Elena G. Kuznetsova⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Federal Centre for Animal Health (FGBI "ARRIAH"), Vladimir, Russia

¹kiselev_am@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3921-8050>;

²galkina_ts@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9494-8537>;

³chernishev_rs@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3604-7161>;

⁴shotin@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9884-1841>;

⁵kuznetsova_eg@arriah.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6851-9323>

Corresponding author:

Alexey M. Kiselev, kiselev_am@arriah.ru

Abstract

Feline panleukopenia control improvement requires preparation of relevant production and control virus strains and optimization of conditions for preparation of high-titre virus seed suitable for development of new vaccines and diagnostic test-systems. Optimized procedure for highly concentrated feline panleukopenia virus-containing suspension preparation is described in the paper. The following parameters were determined during the study: multiplicity of infection, time and conditions of the virus cultivation in continuous CRFK cell culture as well as the effect of cell confluency level and infection route on dynamics of reproduction of the virus isolate recovered in 2021. Besides, the virus-containing suspension purification and concentration procedures were optimized. As a result, purified feline panleukopenia virus suspension with high hemagglutinating activity (from 9.00 ± 0.00 to $16.66 \pm 0.58 \log_2$ HAU/0.1 cm³) was prepared. Data presented in the paper can be used for vaccine production and for development of schedules for laboratory animal hyperimmunization for diagnostic purposes.

Keywords: feline panleukopenia, FPV, hemagglutination test, culture properties, virus purification and concentration

Acknowledgements: The authors express their deep gratitude to the staff-members of the Cell Cultivation Unit and Laboratory for Pet Disease Prevention of the FGBI "ARRIAH".

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

For citation: Kiselev A. M., Galkina T. S., Chernishev R. S. et al. (2025) Preparation of highly concentrated feline panleukopenia virus suspension. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 56–65. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506106>

Введение. На сегодняшний день домашние кошки составляют самую многочисленную группу животных-компаньонов. По итогам Всероссийской переписи домашних животных, в Российской Федерации по состоянию на 2020 г. зарегистрировано 43,7 млн кошек, а в 2023 г. их количество

достигло 49,2 млн [7]. Кроме того, отмечен рост доли заводчиков, занимающихся племенным разведением [3].

Результаты эпизоотологических исследований в отдельных городах Российской Федерации демонстрируют увеличение случаев заражения кошек инфекционными

болезнями, среди которых панлейкопения занимает одно из лидирующих мест по распространенности среди представителей семейства кошачьих (сем. *Felidae*) [1].

Панлейкопения кошек характеризуется дегидратацией организма, рвотой и диареей, существенным снижением общего количества лейкоцитов в крови (лейкопенией), острым геморрагическим энтеритом и высокой летальностью у новорожденных котят (до 90 %). Международная ветеринарная ассоциация мелких домашних животных (the World Small Animal Veterinary Association, WSAVA) включает панлейкопению совместно с калицивирозом и инфекционным ринотрахеитом в число болезней кошек, против которых необходимо применять соответствующие меры профилактики вне зависимости от эпизоотической ситуации [13].

Возбудителем болезни является безоболочечный вирус панлейкопении кошек (*Feline panleukopenia virus* – FPV) из семейства *Parvoviridae*, рода *Protoparvovirus*, вида *Protoparvovirus carnivoran 1*. Геном FPV представлен одноцепочечной ДНК (ssDNA) с двумя открытыми рамками считывания, кодирующими неструктурные (NS1 и NS2) и структурные (VP1 и VP2) белки [12]. Репликация генома осуществляется в ядре клетки-мишени и ограничена S-фазой митоза вследствие продукции ДНК-полимераз, необходимых для синтеза интермедиатной двухцепочечной ДНК и дальнейшей репродукции вируса [11]. Поэтому тропизм FPV выражен к активно делящимся клеткам (энтероцитам, клеткам костного мозга и лимфоидной ткани).

В настоящее время эффективной мерой профилактики панлейкопении кошек является иммунизация животных вакцинами, создание которых основывается на получении сырья путем культивирования вируса в культуре клеток [9]. Поскольку репродукционный цикл FPV ограничен S-фазой митоза, перед разработчиками таких вакцин ставится задача по оптимизации условий культивирования производственного штамма вируса в перmissive клеточных линиях с целью его накопления в максимальных титрах.

Важно отметить, что при разработке вакцин против панлейкопении кошек или

для проведения гипериммунизации лабораторных животных ключевым значением обладает структурный антиген VP2 FPV, индуцирующий выработку вируснейтрализующих антител и ответственный за способность вируса к гемагглютинации [12]. Титр специфических антител к белку VP2 FPV у кошек определяет степень защиты от панлейкопении, так как снижение протективного уровня, составляющего $5,32 \log_2$, создает угрозу для заражения возбудителем болезни [14]. Поэтому одним из основных этапов при создании инактивированных вакцин и получении гипериммунных сывороток является определение оптимальной иммунизирующей дозы (с использованием адъюванта или без), способной индуцировать наибольший синтез вируснейтрализующих антител у животных.

Цель исследования. Получить очищенный препарат FPV с высокой гемагглютинирующей активностью путем оптимизации культивирования в чувствительной клеточной линии, эффективных способов очистки и режимов концентрирования вируса.

Материалы и методы. Вирусы. Изолят FPV выделен в перевиваемой культуре клеток почки кошки (CRFK) в 2021 г. из патологического материала (тонкая и толстая кишка), полученного от павшего беспородного котенка трехмесячного возраста и поступившего на исследования в лабораторию профилактики болезней мелких домашних животных ФГБУ «ВНИИЗЖ» из ветеринарной клиники (г. Владимир). Изоляту присвоено название «Шеба».

Для определения гемагглютинирующей активности вируса применяли реакцию гемагглютинации (РГА) в соответствии с методическими рекомендациями [4].

Для культивирования вируса применяли перевиваемую линию CRFK с посевной концентрацией $3 \div 5 \times 10^5$ клеток/см³ в виде суспензии, конфлюэнтного и субконфлюэнтного монослоя. Использовали ростовую (с добавлением 10 % фетальной сыворотки крови КРС) и поддерживающую (с добавлением 2 % фетальной сыворотки крови КРС) полусинтетическую питательную среду ПСС (по прописи ФГБУ «ВНИИЗЖ»).

Перед заражением проводили микроскопию клеточного монослоя с целью выявления признаков дегенерации. Инфицирование культуры клеток CRFK осуществляли различными способами: с предварительной адсорбцией вируса на поверхности клеточного монослоя или без нее. Перед адсорбцией предварительно удаляли ростовую среду, затем на монослой клеток инокулировали 1 см³ вирусосодержащего материала (ВСМ), выдерживали 1 ч при температуре 37 °С, после чего добавляли 9 см³ поддерживающей среды и инкубировали при 37 °С до 120 ч. В качестве отрицательного контроля культуры клеток использовали неинфицированную FPV CRFK. По окончании культивирования инфицированную культуру клеток подвергали двукратной процедуре «замораживания-оттаивания» (заморозка при температуре –50 °С, оттаивание – при +4 °С) с последующим определением гематтлутинирующей активности в РГА.

Очистка и концентрирование FPV. Для очистки ВСМ применяли фреон-113 и трихлорметан (хлороформ) по методу Ильенко [2]. Для концентрирования FPV использовали два метода:

1) осаждение 50%-м раствором полиэтиленгликоля-6000 (ПЭГ-6000);

2) ультрацентрифугирование (с поддерживаемой температурой 4 °С при 70 000 g в течение 3 ч).

Оценка степени очистки FPV. Для разделения белковых фракций использовали электрофорез инаktivированного вирусосодержащего препаративного материала в полиакриламидном геле согласно руководству BIO RAD «A Guide to Polyacrylamide Gel Electrophoresis and Detection» [10].

Результаты исследований и обсуждение. В 2021 г. из патологического материала (тонкой и толстой кишки) выделен изолят «Шеба» FPV в культуре клеток CRFK. Титр вируса достигал 10,33 log₂ ГАЕ/0,1 см³, демонстрируя «эффект плато» с третьего по пятый пассаж при репродукции в клеточной линии (рис. 1). Вследствие стабильной динамики накопления вируса в перевиваемой культуре клеток CRFK было принято решение использовать данную биологическую модель для дальнейших исследований культуральных свойств изолята «Шеба» FPV.

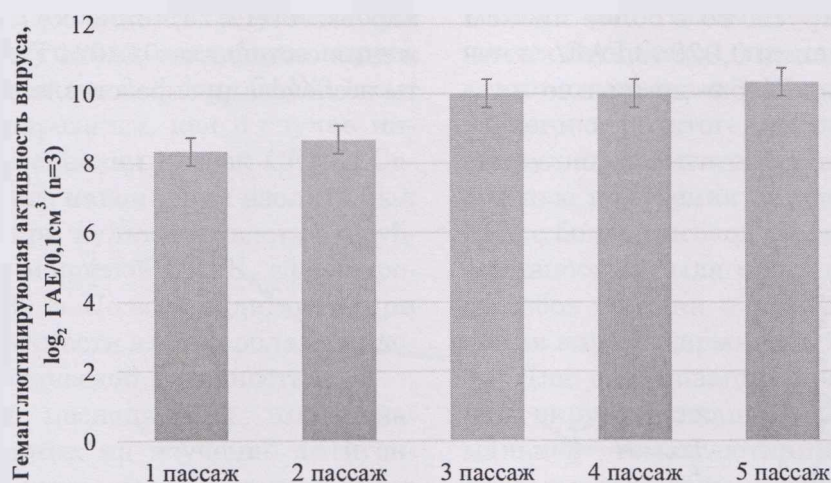


Рис. 1. Динамика накопления FPV в культуре клеток CRFK

Основной целью изучения культуральных свойств была оптимизация условий культивирования, направленная на получение подходящего для производства вакцин и гипериммунизации лабораторных животных материала с высоким титром FPV. Для этого определяли множественность заражения, время и условия культивирования FPV

в культуре клеток CRFK, влияние степени конfluэнтности клеток и способа заражения на динамику репродукции.

Для увеличения титра накопления изолята «Шеба» FPV важной стадией являлось определение множественности заражения (МОИ). С этой целью применяли различные заражающие дозы вируса на клетку (МОИ:

0,00064; 0,00128; 0,00256; 0,00512; 0,01024; 0,02048 ГАЕ/кл). Так как изолят «Шеба» не демонстрировал видимых цитопатических изменений в культуре клеток, определяли

гемагглютинирующую активность вируса в РГА каждые 24 ч после заражения до достижения «эффекта плато». Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние множественности заражения культуры клеток CRFK на накопление изолята «Шеба» вируса панлейкопении кошек (n=3)

MOI, ГАЕ/кл	Количество клеток, $\times 10^6$	Время культивирования, ч	Гемагглютинирующая активность вируса, \log_2 ГАЕ/0,1 см ³ (mean \pm SD)
0,00064	1,0 \pm 0,3	144	6,67 \pm 0,58
0,00128		144	8,33 \pm 0,58
0,00256		120	9,67 \pm 0,58
0,00512		120	11,33 \pm 0,58
0,01024		96	11,67 \pm 0,58
0,02048		96	10,67 \pm 0,58

Примечание: mean – среднее значение; SD – стандартное отклонение.

По результатам полученных данных, представленных в табл. 1, оптимальной дозой заражения для получения наиболее высокого титра изолята «Шеба» FPV в культуральном материале является MOI=0,01024 ГАЕ/кл. Важно отметить, что при заражении дозами 0,000640; 0,001280; 0,00256; 0,00512 ГАЕ/кл также происходило накопление вируса, но в более низком титре. При заражении 0,02048 ГАЕ/кл накопление изолята «Шеба» достигало мак-

симального значения на 96 ч культивирования с титром 10,67 \pm 0,58 ГАЕ/0,1 см³, что, по-видимому, связано с ускоренным «эффектом подавления хозяина» (истощением ресурсов клеток-мишеней и замедлением репродукционного цикла вируса).

Также оценивали динамику накопления изолята «Шеба» при разном времени культивирования (12; 24; 48; 72; 96; 120 ч). Доза заражения составляла 0,01024 ГАЕ/кл. Результаты исследования представлены на рис. 2.

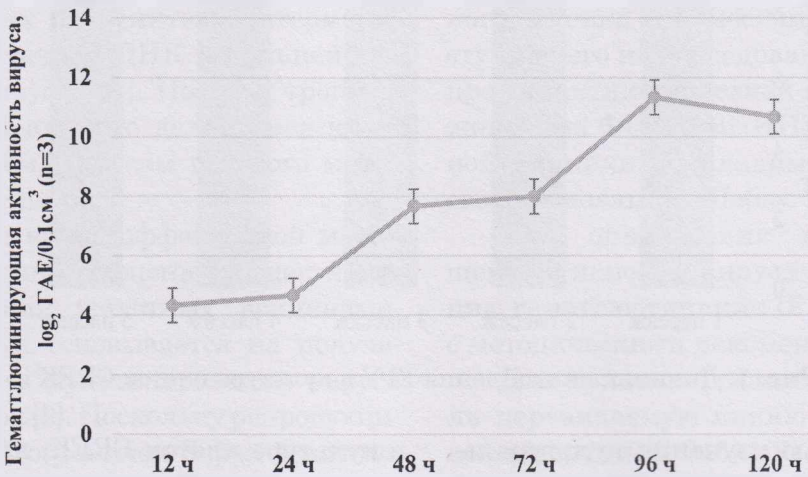


Рис. 2. Динамика накопления изолята «Шеба» вируса панлейкопении кошек при разных сроках культивирования в культуре клеток CRFK

Данные, отраженные на рис. 2, демонстрируют, что оптимальное время культивирования изолята, при котором вирус

достигал наибольшего титра, составляет 96 ч. Активная динамика накопления FPV в культуре клеток CRFK наблюдалась на

протяжении 4 сут. Увеличение времени культивирования свыше 96 ч приводило к уменьшению титра вируса в культуральном материале.

Последним этапом изучения культуральных свойств изолята «Шеба» FPV стала оценка влияния различных способов заражения и разной степени конфлюэнтности клеток на накопление вируса. Для

этого проводили инфицирование культуры клеток CRFK в виде суспензии, монослоя, сформированного на 50–80 %, и полностью конфлюэнтного монослоя вирусом с дозой заражения 0,01024 ГАЕ/кл. Время культивирования составляло 96 ч. Заражение клеточной линии CRFK осуществляли различными способами. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние способа заражения и степени конфлюэнтности клеток на накопление изолята «Шеба» вируса панлейкопении кошек (n=3)

Культура клеток	Способ заражения	Конфлюэнтность клеток	Гемагглютинирующая активность вируса, log ₂ ГАЕ/0,1 см ³ (mean ± SD)
CRFK	Без адсорбции	Суспензия	–
	С адсорбцией	Монослой (сформированный на 50–80 %)	12,33±0,58
	Без адсорбции	Монослой (сформированный на 50–80 %)	10,33±0,58
	С адсорбцией	Полностью сформированный монослой	10,33±0,58
	Без адсорбции	Полностью сформированный монослой	7,67±0,58

Примечание: mean – среднее значение; SD – стандартное отклонение.

Как показано в табл. 2, наличие предварительной адсорбции при заражении изолятом «Шеба» FPV линии CRFK позволило получить более высокий титр накопления вируса. При отсутствии адсорбции вируса титр уменьшался на 2–3 log₂ ГАЕ/0,1 см³ или не регистрировался, как в случае инфицирования суспензии клеток CRFK. Самый высокий титр накопления изолята был зафиксирован при культивировании в субконфлюэнтном монослое CRFK, сформированном на 50–80 %. По всей видимости, при такой конфлюэнтности клетки обладали достаточной митотической активностью.

Результаты последующих исследований, направленных на изучение антигенных и молекулярно-генетических свойств изолята FPV, стали основанием для депонирования вируса в качестве производственно-контрольного штамма «Шеба» во Всероссийскую государственную коллекцию экзотических типов вируса ящура и других патогенов животных ФГБУ «ВНИИЗЖ» под регистрационным номером № 455-деп/23-5 – ГКШМ ФГБУ «ВНИИЗЖ» [6].

Процесс культивирования штамма в культуре клеток CRFK отличался длительным

периодом накопления вируса в культуральной суспензии (4–5 сут) и максимальным титром, составляющим 12,33±0,58 log₂ ГАЕ/0,1 см³. Наличие клеточного детрита после двукратной процедуры «замораживания-оттаивания» может привести к повышению реактогенности препарата при инокуляции антигена животным. Поэтому с целью получения очищенного препарата FPV с более высокой гемагглютинирующей активностью была проведена оптимизация способов очистки и режимов концентрирования вирусосодержащей суспензии.

Для оптимизации применялась исходная вирусосодержащая суспензия с минимальной гемагглютинирующей активностью вируса, составляющей 9,00±0,00 log₂ ГАЕ/0,1 см³. Этап очистки ВСМ от балластных липидов основывался на использовании фреона-113 или хлороформа по методу Ильенко (FPV не имеет суперкапсида и поэтому устойчив к ряду органических растворителей, способных разрушать липопротеиды) [2]. ВСМ штамма «Шеба» объединяли с фреоном-113 или хлороформом в соотношении 1:1 и инкубировали 15 мин при температуре 4 °С. Для очистки ВСМ от клеточного

дебриса смесь центрифугировали в течение 30 мин при 3000 g, затем отбирали очищенный супернатант и использовали для дальнейших исследований. Экспозиция BSM в соотношении 1:1 с фреоном-113 или хлороформом при температуре 4 °C в течение 15 мин способствовала увеличению титра FPV в культуральной суспензии. Гемагглютинирующая активность вируса с $9,00 \pm 0,00 \log_2 \text{ ГАЕ}/0,1 \text{ см}^3$ увеличилась после очистки до $10,00 \pm 0,00 \log_2 \text{ ГАЕ}/0,1 \text{ см}^3$ (табл. 3). Сравнительное использование фреона-113 и хлороформа показало идентичные результаты для очистки BSM.

После очистки вирус концентрировали двумя способами:

1) методом осаждения 50%-м ПЭГ-6000. Для этого к очищенному супернатанту объемом 50 см³ штамма «Шеба» с титром $10,00 \pm 0,00 \log_2 \text{ ГАЕ}/0,1 \text{ см}^3$ добавляли хлорид натрия до 0,5 М раствора и 50%-й ПЭГ-6000 до конечной концентрации 12 %;

2) методом ультрацентрифугирования. С этой целью очищенный супернатант объемом 50 см³ штамма «Шеба» с титром $10,00 \pm 0,00 \log_2 \text{ ГАЕ}/0,1 \text{ см}^3$ центрифугировали при 70 000 g с поддерживаемой температурой 4 °C в течение 3 ч.

После проведения концентрирования вируса супернатант удаляли, а осадок ресуспендировали в 1 см³ стерильного забуференного физиологического раствора с pH 6,8.

Таблица 3

Гемагглютинирующая активность штамма «Шеба» вируса панлейкопении кошек при различных методах концентрирования (n=3)

№ п/п	Исследуемый материал	Гемагглютинирующая активность, $\log_2 \text{ ГАЕ}/0,1 \text{ см}^3$ (mean \pm SD)
1	Исходный BSM	$9,00 \pm 0,00$
2	BSM после очистки	$10,00 \pm 0,00$
3	BSM после очистки и концентрирования методом осаждения в 50 % ПЭГ-6000	$15,66 \pm 0,58$
4	BSM после очистки и концентрирования методом ультрацентрифугирования	$16,66 \pm 0,58$

Примечание: mean – среднее значение; SD – стандартное отклонение.

В соответствии с результатами, представленными в табл. 3, метод ультрацентрифугирования позволил получить препарат FPV с титром $16,66 \pm 0,58 \log_2 \text{ ГАЕ}/0,1 \text{ см}^3$. При концентрировании методом осаждения в 50%-м растворе ПЭГ-6000 с экспозицией 20 ч титр штамма «Шеба» был на $1,00 \log_2$ ниже и составлял $15,66 \pm 0,58 \log_2 \text{ ГАЕ}/0,1 \text{ см}^3$. Таким образом, метод ультрацентрифугирования показал себя как более эффективный способ концентрирования FPV.

После концентрирования вируса оценивали степень очистки. Для этого использовали электрофорез в полиакриламидном геле. На рис. 3 представлена электрофореграмма фракций белков FPV: VP1 (82 кДа) и VP2 (65 кДа).

Заключение. Установлено, что оптимальной дозой заражения штамма «Шеба» FPV клеточной линии CRFK для получения наиболее высокого титра вируса в культуральном материале является

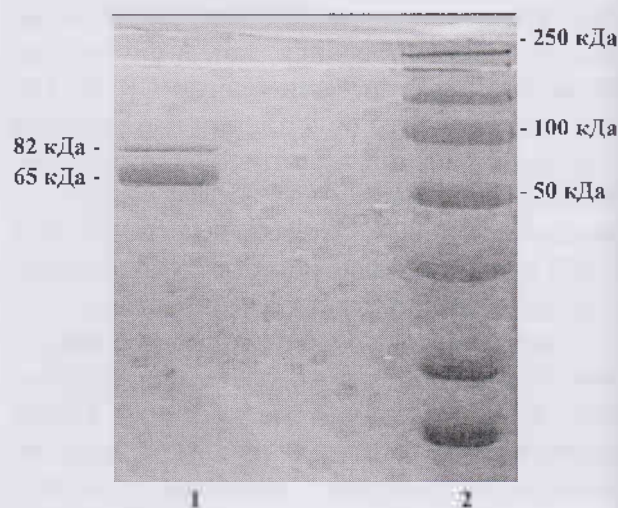


Рис. 3. Электрофореграмма белков вируса панлейкопении кошек: 1 – очищенный концентрированный препарат вируса; 2 – маркер молекулярного веса белков

$0,01024 \text{ ГАЕ}/\text{кл}$. Предварительная адсорбция вирусосодержащей суспензии на монослое клеток способствует увеличению титра

накопления на $2-3 \log_2$ ГАЕ/0,1 см³. Культивирование штамма в субконфлюэнтном монослое CRFK, сформировавшемся на 50–80 %, в течение 96 ч позволяет увеличить титр FPV до $12,33 \pm 0,58 \log_2$ ГАЕ/0,1 см³. Метод химической очистки культуральной суспензии штамма «Шеба» FPV хлороформом или фреоном-113 с последующим этапом ультрацентрифугированием при 70 000 g с поддерживаемой температурой 4 °C в течение 3 ч позволяет получить концентрированный препарат вируса (с $9,00 \pm 0,00$ до $16,66 \pm 0,58 \log_2$ ГАЕ/0,1 см³) с высокой степенью очистки, подтвержденной электрофоретическим разделением белков VP1 и VP2 в полиакриламидном геле.

Результаты проведенных экспериментов могут лечь в основу дальнейшего исследования по определению оптимальной иммунизирующей дозы FPV, что является важным научно-производственным этапом при создании вакцин и для получения гипериммунных сывороток лабораторных животных в диагностических целях.

Список источников

1. Бычкова К. В., Курочкина Н. Г. Анализ структуры вирусных заболеваний кошек в условиях ветеринарной клиник и особенности их диагностики // Молодежь и наука. 2022. № 3. С. 5.
2. Ильенко В. И., Жилова Г. П. Методика приготовления убитой вакцины против клещевого энцефалита и ее иммуногенные свойства // Acta Virologica. 1963. № 7 (2). С. 54–60.
3. Какая самая популярная порода кошек в России в 2023 году? // Аргументы и факты. URL: https://aif.ru/society/nature/kakaya_samaya_populyarnaya_poroda_koshek_v_rossii_v_2023_godu.
4. Комарова А. А., Галкина Т. С., Климова А. А. и др. Методические рекомендации по определению гемагглютинирующей активности вируса панлейкопении кошек микрометодом в РГА. Владимир, 2023. 20 с.
5. Патент № 2806604 С1 Российская Федерация, МПК C12N 7/00, A61K 39/135. Штамм «Шеба» вируса Carnivore

protoparvovirus 1 панлейкопении кошек для изготовления биопрепаратов для диагностики и специфической профилактики панлейкопении кошек: заявл. 15.06.2023; опубл. 01.11.2023 / Т. С. Галкина, А. А. Комарова, М. И. Доронин, А. М. Киселев; заявитель ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных».

6. Рожина О. И., Горчакова Н. Г., Фадеева А. Н. Особенности эпизоотического проявления инфекционной патологии плотоядных на территории г. Нижнего Новгорода // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (5). С. 18–21.
7. Численность кошек в России за 7 лет выросла в 1,5 раза // Ветеринария и жизнь. URL: <https://vetandlife.ru/sobytiya/chislennost-koshek-v-rossii-za-7-let-vyroslo-v-1-5-raza>.
8. Щербак Я. И. Распространение вирусных инфекций среди кошек города Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2021. № 1 (166). С. 169–173.
9. Barrs V. R. Feline Panleukopenia: A Re-emergent Disease. Veterinary Clinics: Small Animal Practice. 2019. Vol. 49. No. 4. Pp. 651–670.
10. Bio-Rad L. A guide to polyacrylamide gel electrophoresis and detection // Laboratories Bio-Rad. 2012.
11. Garigliany M., Gilliaux G., Jolly S. et al. Feline panleukopenia virus in cerebral neurons of young and adult cats. BMC veterinary research. 2016. T. 12. Pp. 1–9.
12. Li J., Zeng Y., Li L. et al. Development of a recombinant Lactobacillus plantarum oral vaccine expressing VP2 protein for preventing feline panleukopenia virus. Veterinary Microbiology. 2024. T. 298. P. 110257.
13. Ryan S., Bacon H., Endenburg N. et al. WSAVA Animal Welfare Guidelines // Journal of Small Animal Practice. 2019. Vol. 60. No. 5. Pp. E1–E46.
14. Truyen U., Addie D., Belák S. et al. Feline panleukopenia. ABCD guidelines on prevention and management. Journal of Feline Medicine & Surgery. 2009. Vol. 11. No. 7. Pp. 538–546.

References

1. Bychkova K. V., Kurochkina N. G. (2022) Analysis of the structure of viral diseases of cats in veterinary clinics and features of their diagnosis. *Youth and science*, no. 3, p. 5.
2. Ilyenko V. I., Zhilova G. P. (1963) Method of preparation of a killed vaccine against tick-borne encephalitis and its immunogenic properties. *Acta Virologica*, no. 7 (2), pp. 54–60.
3. What is the most popular cat breed in Russia in 2023? // Arguments and facts. URL: https://aif.ru/society/nature/kakaya_samaya_populyarnaya_poroda_koshek_v_rossii_v_2023_godu.
4. Komarova A. A., Galkina T. S., Klimova A. A. et al. (2023) Methodological recommendations for determining the hemagglutinating activity of feline panleukopenia virus using a micromethod in the Russian State Laboratory. Vladimir. 20 p.
5. Patent No. 2806604 C1 Russian Federation, IPC C12N 7/00, A61K 39/135. Strain «Sheba» of the Carnivore protoparvovirus 1 virus of feline panleukopenia for the manufacture of biopreparations for the diagnosis and specific prevention of feline panleukopenia: application. 15.06.2023: publ. 01.11.2023 / T. S. Galkina, A. A. Komarova, M. I. Doronin, A. M. Kiselev; applicant FGBI «Federal Center for Animal Health».
6. Rozhina O. I., Gorchakova N. G., Fadeeva A. N. (2015) Features of epizootic manifestations of infectious pathology of carnivores in the territory of Nizhny Novgorod. *Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*, no. 1 (5), pp. 18–21.
7. The number of cats in Russia has increased 1.5 times in 7 years // Veterinary medicine and life. URL: <https://vetandlife.ru/sobytiya/chislennost-koshek-v-rossii-za-7-let-vyrosla-v-1-5-raza>.
8. Shcherbak Ya. I. (2021) The spread of viral infections among cats of the city of Krasnoyarsk. *Bulletin of KrasGAU*, no. 1 (166), pp. 169–173.
9. Barrs V. R. (2019) Feline Panleukopenia: A Re-emergent Disease. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, vol. 49, no. 4, pp. 651–670.
10. (2012) Bio-Rad L. A guide to polyacrylamide gel electrophoresis and detection // Laboratories Bio-Rad..
11. Garigliany M., Gilliaux G., Jolly S. et al. (2016) Feline panleukopenia virus in cerebral neurons of young and adult cats. *BMC veterinary research*, vol. 12, pp. 1–9.
12. Li J., Zeng Y., Li L. et al. (2024) Development of a recombinant Lactobacillus plantarum oral vaccine expressing VP2 protein for preventing feline panleukopenia virus. *Veterinary Microbiology*, vol. 298, p. 110-257.
13. Ryan S., Bacon H., Endenburg N. et al. (2019) WSAVA Animal Welfare Guidelines. *Journal of Small Animal Practice*, vol. 60, no. 5, pp. E1–E46.
14. Truyen U., Addie D., Belak S. et al. (2009) Feline panleukopenia. ABCD guidelines on prevention and management. *Journal of Feline Medicine & Surgery*, vol. 11, no. 7, pp. 538–546.

Информация об авторах:

А. М. КИСЕЛЕВ – ветеринарный врач лаборатории профилактики болезней мелких домашних животных;
Т. С. ГАЛКИНА – кандидат ветеринарных наук, заведующий лабораторией профилактики болезней мелких домашних животных;
Р. С. ЧЕРНЫШЕВ – ветеринарный врач референтной лаборатории по африканской чуме свиней;
А. Р. ШОТИН – кандидат ветеринарных наук, научный сотрудник референтной лаборатории по африканской чуме свиней;
Е. Г. КУЗНЕЦОВА – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник сектора культуры клеток.

Information about the authors:

A. M. KISELEV – Veterinarian, Laboratory for Pet Disease Prevention;

T. S. GALKINA – Candidate of Science (Veterinary Medicine), Head of the Laboratory for Pet Disease Prevention;

R. S. CHERNISHEV – Veterinarian, Reference Laboratory for African swine fever;

A. R. SHOTIN – Candidate of Science (Veterinary Medicine), Research Officer, Reference Laboratory for African swine fever;

E. G. KUZNETSOVA – Candidate of Science (Biology), Leading Research Officer, Cell Cultivation Unit.

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 14.04.2025; одобрена после рецензирования 19.04.2025; принята к публикации 24.04.2025.

The article was submitted 14.04.2025; approved after reviewing 19.04.2025; accepted for publication 24.04.2025.

Научная статья

УДК 619:577.18.05:57.063.8:579.253.2:575.21:579.253.4:575.22

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506107

Определение генетических детерминант био пленкообразования у изолятов, выделенных от животных в Омском Прииртышье

Игорь Викторович Антонеvский¹, Надежда Алексеевна Лещёва²,
Елена Николаевна Ручко³, Валентина Ивановна Плешакова⁴

^{1, 2, 3, 4} Омский государственный аграрный университет
имени П. А. Столыпина, Омск, Россия

¹ iv.antonevskiy1721@omgau.org;

² na.lescheva@omgau.org;

³ en.ruchko@omgau.org;

⁴ vi.pleshakova@omgau.org

Автор, ответственный за переписку:

Игорь Викторович Антонеvский, iv.antonevskiy1721@omgau.org

Аннотация

Staphylococcus aureus является основным возбудителем заболеваний у животных. Около 60 % инфекций вызваны био пленками – организованными бактериальными популяциями, состоящими из внеклеточного матрикса (ВКМ) и внеклеточных полимерных веществ (ВПС). Формирование био пленок играет ключевую роль в развитии хронических инфекций в животноводческих комплексах. Более 80 % персистирующих инфекций вызваны био пленками, что затрудняет их лечение. Био пленки защищают бактерии от неблагоприятных условий окружающей среды и реакции иммунной системы. Процесс формирования био пленок включает четыре стадии: адгезию, агрегацию, созревание и дисперсию. Цель работы – разработать тест-систему для детекции генетических детерминант вирулентности *Staphylococcus aureus* – *fnbB*, *icaD* и *clfB*, провести скрининг распространения данных генов среди изолятов *S. aureus* и *Staphylococcus spp.*, выделенных от сельскохозяйственных и домашних животных, а также с объектов животноводческой инфраструктуры предприятий Омской области. Новизна работы заключается в создании новой тест-системы на основе ПЦР в реальном времени для скрининга и выявления генетических детерминант, опосредующих био пленкообразование. В исследовании проанализировано 11 изолятов *S. aureus* и 70 изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *fnbB* выявлен у 18,2 % изолятов *S. aureus* и у 18,6 % изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *icaD* обнаружен у 36,4 % изолятов *S. aureus* и 44,3 % изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *clfB* выявлен у 27,3 % изолятов *S. aureus* и 45,7 % изолятов *Staphylococcus spp.* Комбинация генов *fnbB/icaD* встречалась у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 17,1 % изолятов *Staphylococcus spp.*; *fnbB/clfB* – у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 18,6 % изолятов *Staphylococcus spp.*; *icaD/clfB* – у 27,3 % изолятов *S. aureus* и 35,7 % изолятов *Staphylococcus spp.* Комбинация генов *fnbB/icaD/clfB* обнаружена у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 17,1 % изолятов *Staphylococcus spp.*

Ключевые слова: животные, микроорганизмы, стафилококк, био пленки, антибиотикорезистентность, молекулярно-генетические методы

Финансирование: исследования выполнены в рамках гранта РФ «Антибиотикорезистентные штаммы этиологически значимых патогенных и условно-патогенных микроорганизмов: фенотипические и генетические маркеры, мониторинг распространения» (23-26-00118).

Благодарности: авторы выражают благодарность за поддержку в исследовании коллективам БУ «Омская областная ветеринарная лаборатория» и Уральского НИВИ – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНЦ УрО РАН.

Для цитирования: Антонецкий И. В., Лещёва Н. А., Ручко Е. Н., Плешакова В. И. Определение генетических детерминант биопленкообразования у изолятов, выделенных от животных в Омском Прииртышье // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 66–78. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506107>

Original article

Determination of genetic determinants of biofilm formation in isolates obtained from animals in the Omsk Irtysh region

Igor V. Antonevskiy¹, Nadezhda A. Lescheva²,
Elena N. Ruchko³, Valentina I. Pleshakova⁴

^{1, 2, 3, 4} Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia

¹ iv.antonevskiy1721@omgau.org;

² na.lescheva@omgau.org;

³ en.ruchko@omgau.org;

⁴ vi.pleshakova@omgau.org

Corresponding author:

Igor V. Antonevskiy, iv.antonevskiy1721@omgau.org

Abstract

Staphylococcus aureus is a major pathogen causing diseases in animals. About 60% of infections are caused by biofilms – organized bacterial populations consisting of extracellular matrix (ECM) and extracellular polymeric substances (EPS). Biofilm formation plays a key role in the development of chronic infections in livestock complexes. More than 80% of persistent infections are caused by biofilms, making treatment difficult. Biofilms protect bacteria from unfavorable environmental conditions and immune system responses. The biofilm formation process includes four stages: adhesion, aggregation, maturation, and dispersion. The aim of this work is to develop a test system for detecting virulence genetic determinants of Staphylococcus aureus – *fnbB*, *icaD*, and *clfB*, and to screen the distribution of these genes among isolates of *S. aureus* and Staphylococcus spp. isolated from agricultural and domestic animals, as well as from livestock infrastructure objects of enterprises in the Omsk region. The novelty of the work lies in the creation of a new real-time PCR-based test system for screening and detecting genetic determinants mediating biofilm formation. The study analyzed 11 isolates of *S. aureus* and 70 isolates of Staphylococcus spp. The *fnbB* gene was found in 18.2 % of *S. aureus* isolates and in 18.6 % of Staphylococcus spp. isolates. The *icaD* gene was found in 36.4 % of *S. aureus* isolates and 44.3 % of Staphylococcus spp. isolates. The *clfB* gene was found in 27.3 % of *S. aureus* isolates and 45.7 % of Staphylococcus spp. isolates. The combination of *fnbB/icaD* genes was found in 18.2 % of *S. aureus* isolates and 17.1 % of Staphylococcus spp. isolates; the *fnbB/clfB* combination — in 18.2 % of *S. aureus* isolates and 18.6 % of Staphylococcus spp. isolates; the *icaD/clfB* combination — in 27.3 % of *S. aureus* isolates and 35.7 % of Staphylococcus spp. iso-

lates. The combination of *fnbB*/*icaD*/*clfB* genes was found in 18.2 % of *S. aureus* isolates and 17.1 % of *Staphylococcus* spp. isolates.

Keywords: animals, microorganisms, staphylococcus, biofilms, antibiotic resistance, molecular genetic methods

Financial Support: The research was carried out under the grant of the Russian Science Foundation "Antibiotic-resistant strains of etiologically significant pathogenic and opportunistic microorganisms: phenotypic and genetic markers, monitoring of distribution" (23-26-00118).

Acknowledgements: The authors would like to thank the collections of the Omsk Regional Veterinary Laboratory and the Ural Research Institute, a structural unit of the Federal State Budgetary Institution URFANITS Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, for their support in the study.

For citation: Antonovskiy I. V., Leshcheva N. A., Ruchko E. N., Pleshakova V. I. (2025) Determination of genetic determinants of biofilm formation in isolates isolated from animals in the Omsk Irtysh region. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 66–78. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506107>

Введение. *Staphylococcus aureus* – основной возбудитель ряда заболеваний у разных видов животных. Около 60 % инфекций, вызванных *S. aureus*, возникают из-за образования биопленок. Биопленка представляет собой организованную бактериальную популяцию, образованную за счет внеклеточного матрикса (ВКМ, extracellular matrix, ECM) и внеклеточных полимерных веществ (extracellular polymeric substance, EPS) – полисахаридов, нуклеиновых кислот и белков, секретируемых бактериями. Взаимодействие между ВПС и бактериальными агрегатами придает биопленке когезивность и вязкоупругость, что позволяет бактериям прикрепляться к различным биотическим и абиотическим поверхностям. Формирование биопленок имеет решающее значение в развитии хронических инфекций в условиях животноводческого комплекса. Исследования показывают, что более 80 % хронических инфекций вызваны бактериальными биопленками. Такие инфекции трудно поддаются лечению из-за повышенной устойчивости бактерий к антибиотикам. Помимо устойчивости к антибиотикам, биопленка защищает бактерии от неблагоприятных условий окружающей среды – экстремальной температуры, нехватки питательных веществ и реакции иммунной системы.

В процессе формирования биопленки выделяют четыре стадии: адгезию, агрега-

цию, созревание и дисперсию. На стадии адгезии планктонные клетки *S. aureus* используют микробные поверхностные компоненты, распознающие адгезивные матриксные молекулы (MSCRAMMs, microbial surface component recognizing adhesive matrix molecules), такие как фибронектин-связывающие белки (FnBP, в том числе FnбA и FnбB), белковые клампинг-факторы (ClfA, ClfB), экстрацеллюлярный фибриноген-связывающий протеин (Efb) и белки серин-аспартат мультигенного семейства Sdr (SdrC, SdrD и SdrE). Эти компоненты обеспечивают адгезию бактерий к тканям и биоматериалам. Дополнительно бактериальные структуры – жгутики, реснички и пили – обеспечивают более выраженное и постоянное прикрепление к поверхностям.

После присоединения к поверхности клетки начинают делиться и образовывать агрегаты, что способствует устойчивости биопленок к иммунной системе и антибиотикам. Созревшая биопленка имеет сложную трехмерную структуру, устойчивую к внешним факторам. Стадия созревания биопленки – это период, когда биопленка приобретает сложную трехмерную структуру. В этот момент бактериальные клетки образуют плотно упакованные микроколонии, защищенные внеклеточным матриксом, выполняющим барьерную функцию. Эти структуры позволяют биопленке увеличивать

площадь поверхности, контактирующую с питательными веществами и кислородом, что способствует росту и метаболической активности бактерий. Внутри зрелой биопленки клетки дифференцируются на различные функциональные группы, что позволяет биопленке адаптироваться к разным условиям окружающей среды. Зрелая биопленка содержит сложную систему каналов и пор, обеспечивающих транспорт питательных веществ и удаление продуктов жизнедеятельности, что способствует выживанию биопленки в неблагоприятных условиях.

В заключительной стадии дисперсии ферменты протеаза и нуклеаза нарушают целостность поверхности биопленки, высвобождая бактерии для колонизации новых биологических ниш. Клетки внутри биопленки могут использовать сложные сигнальные пути для координации процесса дисперсии. Химические сигналы-аутоиндукторы и регуляторные белки играют ключевую роль в активации генов, ответственных за синтез ферментов, необходимых для разрушения биопленки. Эти сигналы могут быть триггерами для включения процессов дисперсии в ответ на изменения окружающей среды или другие стрессовые факторы. Ассоциированные в биопленке бактерии, готовые к дисперсии, могут изменять свой фенотип посредством изменения в экспрессии генов, связанных с подвижностью, устойчивостью к стрессу и адаптацией к новым условиям. Клетки могут вырабатывать дополнительные жгутики или пили, которые помогают им двигаться и колонизировать новые поверхности.

В связи с высокой этиологической значимостью микроорганизмов рода *Staphylococcus* в индуцировании различных воспалительных заболеваний у животных представляется важным изучить распространение факторов вирулентности, связанных с биопленкообразованием, для разработки наиболее рациональной антибиотикотерапии и профилактики дальнейшего распространения патогенных микроорганизмов.

Цель исследования. Разработать тест-систему для детекции генетических детерминант вирулентности *Staphylococcus aureus* – *fnbB*, *icaD* и *clfB*, провести скри-

нинг распространения данных генов среди изолятов *S. aureus* и *Staphylococcus spp.*, выделенных от сельскохозяйственных и домашних животных, а также с объектов животноводческой инфраструктуры предприятий Омской области.

Материалы и методы. Исследование проведено на базах кафедры ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней ИВМиБ Омского ГАУ, БУ «Омская областная ветеринарная лаборатория», Уральского НИВИ – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Изоляцию и идентификацию культур микроорганизмов проводили общепринятыми методами классической микробиологии. Выделение ДНК микроорганизмов проводили из 81 чистых культур *S. aureus* (11 культур) и *Staphylococcus spp.* (70 культур) при помощи набора «ДНК-сорбент ВЕТ» (ООО НПФ «Литех», Россия). Концентрацию выделенной ДНК определяли с помощью набора QuDye HS (Lumiprobe, Россия) на флуориметре Qubit 4 (ThermoFisher Scientific, США) согласно инструкции производителя. Исследования осуществляли методом ПЦР с флуоресцентной детекцией в режиме реального времени с применением анализатора CFX Opus 96 (Bio-Rad, США).

Для определения генов вирулентности *S. aureus* (*fnbB*, *icaD*, *clfB*) использовали специфические олигонуклеотидные праймеры, синтезированные компанией «ДНК-Синтез» (Россия) (табл. 1). Тест-системы для генов *icaD* и *clfB* разработаны в двух вариантах. Для гена *clfB* в 1-м варианте выполнен дизайн обратного праймера, помимо предложенного в публикации F. A. Alfaiz et al. [2]. Дизайн олигонуклеотидных зондов для разработанных нами тест-систем выполнен с помощью FastPCR 6.8 [9, 10]. При дизайне учитывали: 100 % комплементарность зоне отжига, GC состав: 20–80 %, длина зонда 25–30 п.н., температура плавления 60–70 °C, отсутствие как минимум 5 одинаковых нуклеотидов подряд, отсутствие гуанина на 5'-конце зонда. Определение температур плавления и отжига, а также специфичности праймеров проведено с использованием Primer BLAST [16] и IDT-DNA OligoAnalyser [13], а проверка на на-

личие димеров – с помощью ThermoFisher Multiple Primer Analyzer [3]. Детекцию про-

дуктов амплификации проводили в анализаторе CFX Opus 96 (Bio-Rad, США).

Таблица 1

Последовательности праймеров, использованных в исследовании

Ген	Последовательность 5'-3', п.н.	Размер ампликона, п.н.	Кодируемый белок
<i>fnbB</i>	F: GTAACAGCTAATGGTCGAATTGATACT R: CAAGTTCGATAGGAGTACTATGTTTC Pr: [HEX]CCGTCGCCTTGAGCGTTATTAGAGTAA[BHQ2]	524	Фибронектин-связывающий белок В
<i>icaD1</i>	F: ACCCAACGCTAAAATCATCG R: GCGAAAATGCCCATAGTTTC Pr: [ROX]TCCAAAAGACACGATATAGCGATAAG[BHQ2]	211	Полисахаридный межклеточный адгезин (PIA – polysaccharide intercellular adhesin)
<i>icaD2</i>	F: CCAGACAGAGGGAATACC R: AAGACACAAGATATAGCGATAAG Pr: [ROX]TGCTGTTTCTCTTACAATATTTAGCGATG[BHQ2]	82	
<i>clfB1</i>	F: ACATCAGTAATAGTAGGGGCAAC R: TTCGCACTGTTTGTGTTTGCAC R2: TAATTGCCGTCGGTTGAGGT Pr: [ROX]TTGTTCTGAAGCTTGTGCTTGATGATT[BHQ2]	203/301	Белковый клампинг-фактор В
<i>clfB2</i>	F: GTGTAGATACAGCTTCAGGTCA R: CACTTACTTTACCGCTACTTTC Pr: [FAM]CCCACGTATTACCTAAACTCGTTGC[BHQ1]	138	

ПЦР в реальном времени проводили с использованием реакционной смеси «Биомастер HS-qPCR» (Biolabmix, Россия), в состав которой входит фермент HS-Taq ДНК-полимераза, 10 mM MgCl₂, 0,4 mM каждого из дезоксинуклеозидтрифосфатов (табл. 2).

Таблица 2

Компоненты реакционной смеси для проведения ПЦР

Компонент	Объем на 1 реакцию, мкл
ПЦР-буфер	4,15
Прямой праймер (F)	0,375
Обратный праймер (R)	0,375
Флуоресцентный зонд (PR)	0,5
Деионизированная вода	4,25

Приготовленную реакционную смесь разносили по 8 мкл в 0,2 мл пробирки для ПЦР и добавляли 2 мкл ДНК-матрицы. В соответствующие пробы вносили отрицательный контроль (разбавитель) и положительный контроль (выделенные образцы ДНК, положительные на наличие генов вирулентности). Общий объем реакционной смеси составлял 10 мкл.

Подбор оптимальной программы амплификации проводили путем определения наиболее эффективной температуры отжига праймеров в градиенте температур (65–55 °C). Программы амплификации для разработанных тест-систем с оптимальными для протекания реакций температурными режимами представлены в табл. 3.

Таблица 3

Режимы амплификации, используемые в исследовании

Ген	Режим амплификации		
	Начальная денатурация	Денатурация, отжиг праймеров, элонгация	Окончательная элонгация
<i>fnbB, icaD, clfB</i>	1 цикл	35 циклов	1 цикл
	95 °C – 5 мин	95 °C – 15 с; 63 °C – 30 с; 72 °C – 30 с (считывание сигнала флуоресценции)	72 °C – 10 мин

Оценку отжига всех ранее разработанных праймеров проводили с использованием гель-электрофореза (рис. 1). Визуализацию продуктов амплификации в электрофорезном варианте проводили с использованием 2 % агарозного геля, окрашенного бромистым эти-

дием, при напряжении 110 В. Размер ампликонов определяли с использованием размерного стандарта с шагом 50 п.н. (SibEnzyme, Россия). На рис. 1 представлены результаты электрофореза после амплификации участков генов *icaD*, *clfB* и *fnbB* у изолятов *S. aureus*.

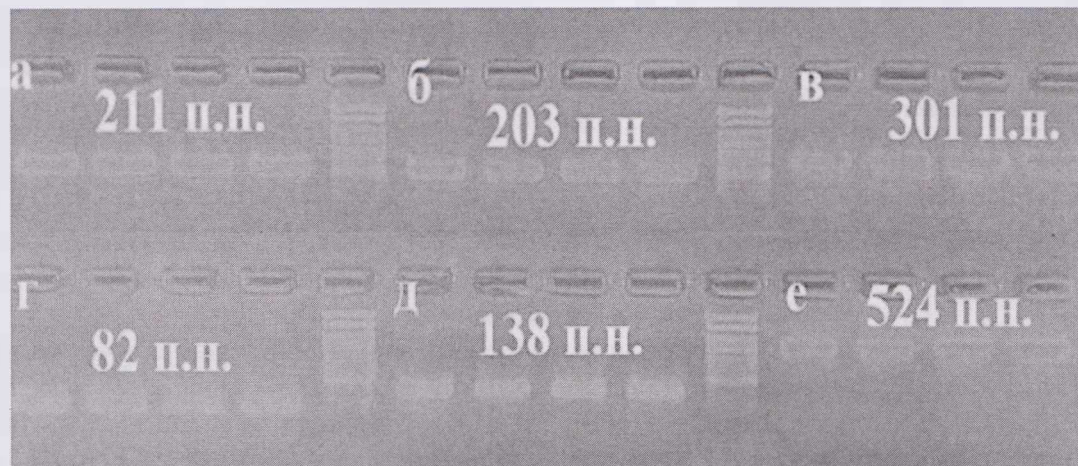


Рис. 1. Результаты электрофореза после амплификации участков генов *S. aureus*: а – *icaD* (1-й вариант); б – *clfB* (1-й вариант); в – *clfB* (1-й вариант, разработанный обратный праймер); г – *icaD* (2-й вариант); д – *clfB* (2-й вариант); е – *fnbB*

Проведенная апробация разработанных тест-систем показала их высокую специфичность и эффективность. Для дальнейшего скрининга были использованы следующие тест-системы: *fnbB*, *icaD* (1-й вариант) и *clfB* (2-й вариант) в связи с тем, что *icaD* (2-й вариант) строго специфичен с *S. aureus* и не может быть использован для детекции данного гена у других микроорганизмов рода *Staphylococcus spp.* В свою очередь, тест-система для детекции гена *clfB* (2-й вариант) была выбрана для проведения дальнейшего скрининга изолятов микроорганизмов, поскольку показала более высокий уровень флуоресценции.

Специфичность отжига праймеров, использованных для дальнейшего скрининга бактериальных изолятов, оценивалась при помощи системы капиллярного электрофореза Qsep100 (BiOptic, Тайвань) (рис. 2). Для капиллярного электрофореза использованы картридж S2 (BiOptic, Тайвань), выравнивающий маркер 20 п.н. – 1 Кб и маркер длин ДНК от 15 до 622 п.н. С помощью специализированного ПО Q-Analyzer выбраны условия с наибольшей разрешающей способностью электрофореза и проведена

интерпретация результатов. Наблюдается соответствие длины ампликонов результатам анализа по базе данных Primer BLAST.

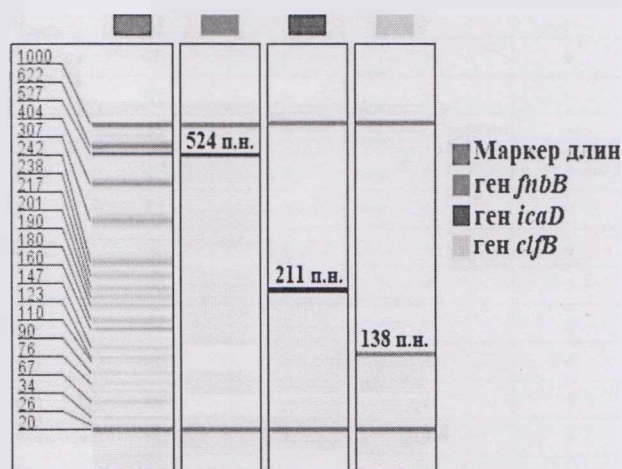


Рис. 2. Результаты капиллярного электрофореза продуктов амплификации генов вирулентности (*fnbB*, *icaD*, *clfB*) с интерпретацией длины ампликонов

Результаты исследования. Результатом анализа является определение наличия генов вирулентности *fnbB*, *icaD*, *clfB* у изолятов стафилококков. Интерпретация результатов ПЦР-исследования проводится

в соответствии с табл. 4. Если регистрируемое значение порогового цикла $Ct \leq 38$, то результат обнаружения генов вирулентности *S. aureus* и *Staphylococcus spp.* считается по-

ложительным. Если регистрируемое значение $Ct > 38$, то результат на наличие указанных генов вирулентности у стафилококков считается отрицательным.

Таблица 4

Интерпретация результатов исследуемых образцов

Детектируемая мишень	Канал флуоресценции		
	HEX	ROX	FAM
<i>fnbB</i> , <i>icaD</i> , <i>clfB</i> не обнаружены	–	–	–
<i>fnbB</i> обнаружен	+	–	–
<i>icaD</i> обнаружен	–	+	–
<i>clfB</i> обнаружен	–	–	+
<i>fnbB</i> , <i>icaD</i> , <i>clfB</i> обнаружены	+	+	+

Результат реакции для положительного по гену *fnbB* контрольного образца должен быть положительным по каналу HEX, для положительного по гену *icaD* контрольного

образца должен быть положительным по каналу ROX, для положительного по гену *clfB* контрольного образца должен быть положительным по каналу FAM (рис. 3).

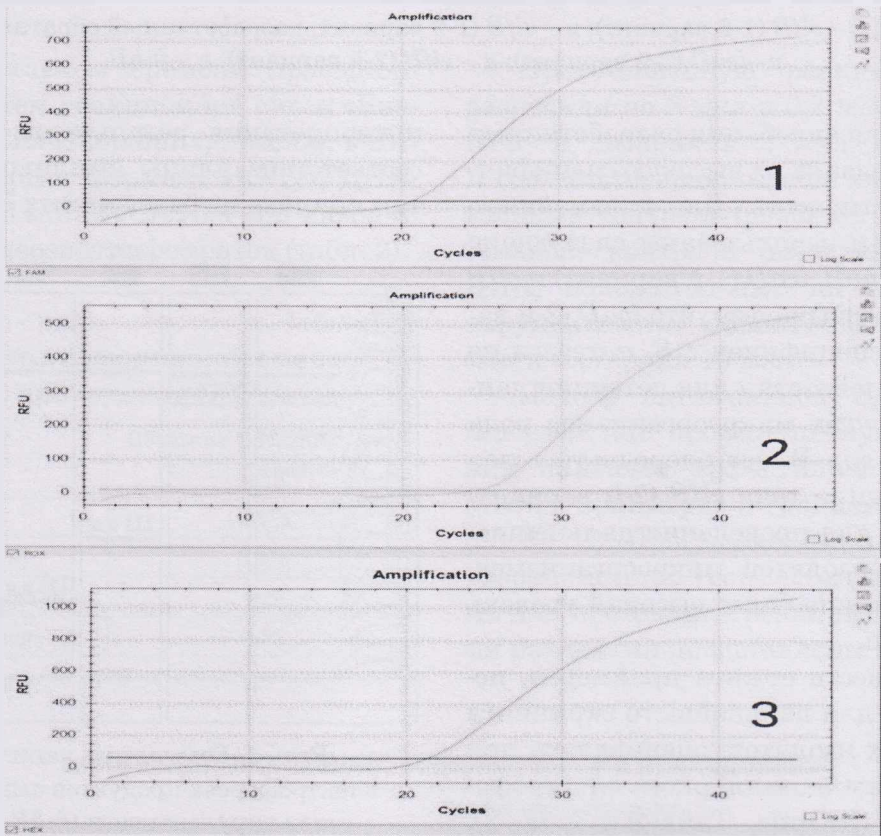


Рис. 3. Результат ПЦР в реальном времени, подъем кинетической кривой флуоресценции с пересечением пороговой линии: 1 – обнаружен ген *clfB* по каналу FAM; 2 – обнаружен ген *icaD* по каналу ROX; 3 – обнаружен ген *fnbB* по каналу HEX

Результат реакции для отрицательного контрольного образца должен быть отрицательным по всем каналам. Получение по-

ложительных результатов для отрицательного контрольного образца по любому из каналов свидетельствует о специфической

контаминации при постановке реакции, результаты исследования считаются недействительными.

Обсуждение. Всего исследовано 11 изолятов *Staphylococcus aureus* и 70 изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *fnbB* выявлен у 18,2 % изолятов *S. aureus* и у 18,6 % изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *icaD* обнаружен у 36,4 % изолятов *S. aureus* и 44,3 % изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *clfB* выявлен у 27,3 % изолятов *S. aureus* и 45,7 % изолятов *Staphylococcus spp.*

Комбинация генов вирулентности *fnbB/icaD* встречалась у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 17,1 % изолятов *Staphylococcus spp.*; комбинация генов *fnbB/clfB* – у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 18,6 % изолятов *Staphylococcus spp.*; комбинация генов *icaD/clfB* – у 27,3 % изолятов *S. aureus* и 35,7 % изолятов *Staphylococcus spp.*

При этом комбинация из 3 генов – *fnbB/icaD/clfB* – встречалась у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 17,1 % изолятов *Staphylococcus spp.* (табл. 5).

Таблица 5

Результаты скрининга генов биопленкообразования *fnbB, icaD, clfB*
у изолятов *S. aureus* и *Staphylococcus spp.*

п/п	№ пробы	<i>fnbB</i>	<i>icaD</i>	<i>clfB</i>	п/п	№ пробы	<i>fnbB</i>	<i>icaD</i>	<i>clfB</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>					<i>Staphylococcus spp.</i>				
1	I	–	–	–	41	30	–	–	–
2	II	+	+	+	42	31	–	+	–
3	III	–	–	–	43	32	–	–	–
4	IV	–	+	–	44	33	–	+	–
5	V	–	+	+	45	34	–	–	–
6	VI	–	–	–	46	35	–	–	–
7	VII	–	–	–	47	36	+	+	+
8	VIII	–	–	–	48	37	–	–	+
9	IX	–	–	–	49	38	–	+	–
10	X	–	–	–	50	39	–	+	–
11	XI	+	–	+	51	40	–	+	+
<i>Staphylococcus spp.</i>					52	41	–	+	–
12	1	–	–	–	53	42	+	–	+
13	2	–	–	–	54	43	+	+	+
14	3	–	–	–	55	44	–	+	–
15	4	–	–	–	56	45	+	+	+
16	5	–	–	–	57	46	–	+	+
17	6	–	–	–	58	47	–	+	+
18	7	–	–	–	59	48	–	+	+
19	8	–	–	–	60	49	–	+	+
20	9	–	–	–	61	50	+	+	+
21	10	–	–	–	62	51	–	+	+
22	11	–	–	–	63	52	–	+	+
23	12	–	–	–	64	53	–	+	+
24	13	–	–	–	65	54	–	–	+
25	14	–	–	–	66	55	–	+	+
26	15	–	–	–	67	56	–	–	+
27	16	+	+	+	68	57	–	+	+
28	17	–	–	–	69	58	+	+	+
29	18	–	–	–	70	59	+	+	+
30	19	–	–	–	71	60	+	+	+

п/п	№ пробы	<i>fnbB</i>	<i>icaD</i>	<i>clfB</i>	п/п	№ пробы	<i>fnbB</i>	<i>icaD</i>	<i>clfB</i>
31	20	-	-	-	72	61	+	+	+
32	21	+	+	+	73	62	+	+	+
33	22	-	-	-	74	63	-	+	+
34	23	+	+	+	75	64	-	-	+
35	24	-	-	-	76	2	-	-	-
36	25	-	+	+	77	6	-	-	-
37	26	-	-	-	78	7	-	-	-
38	27	-	+	+	79	11	-	-	-
39	28	-	-	+	80	14	-	-	-
40	29	-	-	+	81	17	-	-	-

Адгезия является важным этапом колонизации *S. aureus* к эпителиальным клеткам [7]. Формирование биопленок повышает устойчивость стафилококков к действию антибиотиков и способствует обмену генетическим материалом. В нашем исследовании ген *fnbB*, кодирующий фибронектин-связывающий белок, обнаружен у 18,6 % изолятов *Staphylococcus spp.*, 18,2 % изолятов *S. aureus*. Ген *fnbB* является одним из основных маркеров формирования биопленок у *S. aureus* [8].

Полисахаридный межклеточный адгезин (PIA), также известный как поли-N-ацетилглюкозамин (PNAG), является еще одним важным фактором формирования биопленки у *S. aureus* [15]. PIA обладает катионными свойствами и играет важную роль на стадии адгезии и агрегации. У *S. aureus* механизм формирования биопленок контролируется продукцией PIA посредством белков, кодируемых опероном *icaADBC* в локусе *ica* (intercellular adhesion, внутреклеточная адгезия). В этом механизме гены *icaA* и *icaD* играют важную роль в регуляции образования биопленок. Продуктом гена *icaA* является N-ацетиламиноглюкозаминтрансфераза, которая представляет собой трансмембранный белок. Продуктом гена *icaD* является белок-шаперон *icaA*. Он обеспечивает правильное сворачивание *icaA* и повышает специфичность *icaA* к полимерам. Продукт гена *icaC* представляет собой трансмембранный белок, который опосредует перенос вновь синтезированного PIA на поверхность клетки [14]. Продуктом гена *icaB* является деацетилаза, ответственная за деацетилирование зрелой PIA.

Это деацетилирование придает полимеру суммарный положительный заряд, который необходим для адгезии к поверхности клетки и межклеточной адгезии. Максимальная длина олигомера поли-N-ацетилглюкозамина, полученного с помощью *icaAD*, составляет 20 остатков. Более длинные цепи олигомеров синтезируются только тогда, когда *icaAD* совместно экспрессируется с *icaC*. PIA также увеличивает устойчивость биопленки к антимикробным пептидам за счет деацетилирования [1]. Производство полисахаридов, опосредованное *icaADBC*, является важным механизмом образования биопленок и способствует раннему росту бактерий [4]. В исследовании L. Zhang et al. ген *icaD* выявлен у 25 % изолятов *S. aureus*, выделенных из проб молока от коров с клиническим маститом. В наших исследованиях частота встречаемости гена *icaD* составила 36,4 % для изолятов *S. aureus* и 44,3 % для изолятов *Staphylococcus spp.*

Фактор слипания В (*ClfB*) – поверхностный белок, экспрессируемый *S. aureus* [5]. Наличие факторов слипания способствует колонизации *S. aureus* в организме, образованию биопленок и увеличению вирулентности за счет связывания растворимого фибриногена и уклонения от иммунного ответа [6]. Однако даже в отсутствие фибриногена формирование биопленки у некоторых штаммов зависит от повышенной активности *ClfB*, в особенности при недостатке кальция. *ClfB* способствует образованию кожных абсцессов путем связывания с белком лорикрином в организме [11]. Частота встречаемости гена *clfB* варьируется. В публикации L. Zhang et

al. данный ген встречался у 100 % изолятов *S. aureus*, выделенных из проб секрета молочной железы от коров с клиническим маститом. В публикации I. G. Castilho et al. частота встречаемости гена *clfB* составляет 50 % среди изолятов *S. aureus*, выделенных из проб молока от коров с субклиническим маститом [12]. В нашем исследовании частота встречаемости данного гена составляет 27,3 % у изолятов *S. aureus* и 45,7 % у изолятов *Staphylococcus spp.*

Таким образом, полученные результаты могут свидетельствовать о циркуляции генов вирулентности в животноводческих предприятиях Омской области. Наличие опосредующих биопленкообразование детерминант вирулентности у клинически значимых изолятов затрудняет проведение антибиотикотерапии, однако данные гены могут послужить мишенью для таргетной терапии. Исследование генов вирулентности, механизмов их действия, частоты встречаемости имеет потенциал для разработки рациональных мер антибиотикотерапии, а также позволит снизить выбраковку животных в связи с трудноизлечимыми инфекциями. Создание расширенной панели для скрининга факторов вирулентности клинически значимых заболеваний у животных позволит предупредить появление и распространение мультирезистентных и высокопатогенных штаммов микроорганизмов.

Заключение. В ходе исследования было проанализировано 11 изолятов *S. aureus* и 70 изолятов *Staphylococcus spp.*, выделенных от животных Омской области. Ген *fnbB* был обнаружен у 18,2 % изолятов *S. aureus* и у 18,6 % изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *icaD* выявлен у 36,4 % изолятов *S. aureus* и 44,3 % изолятов *Staphylococcus spp.* Ген *clfB* был найден у 27,3 % изолятов *S. aureus* и 45,7 % изолятов *Staphylococcus spp.* Комбинация генов *fnbB* и *icaD* встречалась у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 17,1 % изолятов *Staphylococcus spp.*; комбинация генов *fnbB* и *clfB* – у 18,2% изолятов *S. aureus* и 18,6 % изолятов *Staphylococcus spp.*; комбинация генов *icaD* и *clfB* – у 27,3 % изолятов *S. aureus* и 35,7 % изолятов *Staphylococcus spp.* Комбинация всех трех генов – *fnbB*, *icaD* и *clfB* – была выявлена

у 18,2 % изолятов *S. aureus* и 17,1 % изолятов *Staphylococcus spp.*

Список источников

1. Abraham N. M., Jefferson K. K. *Staphylococcus aureus* clumping factor B mediates biofilm formation in the absence of calcium // Microbiology (Reading, England). 2012. Vol. 158 (Pt 6). Pp. 1504–1512. DOI: 10.1099/mic.0.057018-0.
2. Alfaiz F. A. Molecular studies of immunological enzyme clumping factor B for the inhibition of *Staphylococcus aureus* with essential oils of *Nigella sativa* // Journal of molecular recognition. 2021. Vol. 34. No. 12. P. e2941. DOI: 10.1002/jmr.2941.
3. Breslauer K. J., Frank R., Blocker H. et al. Predicting DNA duplex stability from the base sequence // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1986. Vol. 83. No. 11. Pp. 3746–3750. – DOI: 10.1073/pnas.83.11.3746.
4. Guillhen C., Forestier C., Balestrino D. Biofilm dispersal: multiple elaborate strategies for dissemination of bacteria with unique properties // Molecular Microbiology. 2017. Vol. 105. No. 2. Pp. 188–210. DOI: 10.1111/mmi.13698.
5. Guo H., Tong Y., Cheng J. et al. Biofilm and small colony variants-an update on *Staphylococcus aureus* strategies toward drug resistance // International journal of molecular sciences. 2022. Vol. 23. No. 3. P. 1241. DOI: 10.3390/ijms23031241.
6. Herman-Bausier P., Labate C., Towell A. M. et al. *Staphylococcus aureus* clumping factor A is a force-sensitive molecular switch that activates bacterial adhesion. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2018. Vol. 115. No. 21. Pp. 5564–5569. DOI: 10.1073/pnas.1718104115.
7. Josse J., Laurent F., Diot A. Staphylococcal adhesion and host cell invasion: fibronectin-binding and other mechanisms // Frontiers in microbiology. 2017. Vol. 8. P. 2433. DOI: 10.3389/fmicb.2017.02433.
8. Kadkhoda H., Ghalavand Z., Nikmanesh B. et al. Characterization of bio-

film formation and virulence factors of *Staphylococcus aureus* isolates from paediatric patients in Tehran, Iran // Iranian journal of basic medical sciences. 2020. Vol. 23. No. 5. Pp. 691–698. DOI: 10.22038/ijbms.2020.36299.8644.

9. Kalendar R., Khassenov B., Ramankulov Y. et al. FastPCR: An *in silico* tool for fast primer and probe design and advanced sequence analysis // Genomics. 2017. Vol. 109. No. 3–4. Pp. 312–319. DOI: 10.1016/j.ygeno.2017.05.005
10. Kalendar R., Lee D., Schulman A. H. Java web tools for PCR, *in silico* PCR, and oligonucleotide assembly and analysis // Genomics. 2011. Vol. 98. No. 2. Pp. 137–144. DOI: 10.1016/j.ygeno.2011.04.009.
11. Kang X., Ma Q., Wang G. et al. Potential mechanisms of quercetin influence the *ClfB* protein during biofilm formation of *Staphylococcus aureus* // Frontiers in pharmacology. 2022. Vol. 13. P. 825489. DOI: 10.3389/fphar.2022.825489.
12. Karygianni L., Ren Z., Koo H. et al. Biofilm matrixome: extracellular components in structured microbial communities // Trends in microbiology. 2020. Vol. 28. No. 8. Pp. 668–681. DOI: 10.1016/j.tim.2020.03.016.
13. Owczarzy R., Tataurov A. V., Wu Y. et al. IDT SciTools: a suite for analysis and design of nucleic acid oligomers // Nucleic acids research. 2008. Vol. 36 (Web Server issue). Pp. W163–W169. DOI: 10.1093/nar/gkn198.
14. Peng Q., Tang X., Dong W. et al. A Review of biofilm formation of *Staphylococcus aureus* and its regulation mechanism // Antibiotics (Basel, Switzerland). 2022. Vol. 12. No. 1. P. 12. DOI: 10.3390/antibiotics12010012.
15. Sedarat Z., Taylor-Robinson A. W. Biofilm formation by pathogenic bacteria: applying a *Staphylococcus aureus* model to appraise potential targets for therapeutic intervention // Pathogens (Basel, Switzerland). 2022. Vol. 11. No. 4. P. 388. DOI: 10.3390/pathogens11040388.
16. Ye J., Coulouris G., Zaretskaya I. et al. Primer-BLAST: a tool to design target-specific primers for polymerase chain reac-

tion // BMC bioinformatics. 2012. Vol. 13. P. 134. DOI: 10.1186/1471-2105-13-134.

References

1. Abraham N. M., Jefferson K. K. (2012) *Staphylococcus aureus* clumping factor B mediates biofilm formation in the absence of calcium. *Microbiology (Reading, England)*, vol. 158 (pt 6), pp. 1504–1512. DOI: 10.1099/mic.0.057018-0.
2. Alfaiz F. A. (2021) Molecular studies of immunological enzyme clumping factor B for the inhibition of *Staphylococcus aureus* with essential oils of *Nigella sativa*. *Journal of molecular recognition*, vol. 34, no. 12, p. e2941. DOI: 10.1002/jmr.2941.
3. Breslauer K. J., Frank R., Blocker H. et al. (1986) Predicting DNA duplex stability from the base sequence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 83, no. 11, pp. 3746–3750. – DOI: 10.1073/pnas.83.11.3746.
4. Guilhen C., Forestier C., Balestrino D. (2017) Biofilm dispersal: multiple elaborate strategies for dissemination of bacteria with unique properties. *Molecular Microbiology*, vol. 105, no. 2, pp. 188–210. DOI: 10.1111/mmi.13698.
5. Guo H., Tong Y., Cheng J. et al. (2022) Biofilm and small colony variants-an update on *Staphylococcus aureus* strategies toward drug resistance. *International journal of molecular sciences*, vol. 23, no. 3, p. 1241. DOI: 10.3390/ijms23031241.
6. Herman-Bausier P., Labate C., Towell A. M. et al. (2018) *Staphylococcus aureus* clumping factor A is a force-sensitive molecular switch that activates bacterial adhesion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 115, no. 21, pp. 5564–5569. DOI: 10.1073/pnas.1718104115.
7. Josse J., Laurent F., Diot A. (2017) Staphylococcal adhesion and host cell invasion: fibronectin-binding and other mechanisms. *Frontiers in microbiology*, vol. 8, p. 2433. DOI: 10.3389/fmicb.2017.02433.
8. Kadkhoda H., Ghalavand Z., Nikmanesh B. et al. (2020) Characterization

- of biofilm formation and virulence factors of *Staphylococcus aureus* isolates from paediatric patients in Tehran, Iran. *Iranian journal of basic medical sciences*, vol. 23, no. 5, pp. 691–698. DOI: 10.22038/ijbms.2020.36299.8644.
9. Kalendar R., Khassenov B., Ramankulov Y. et al. (2017) FastPCR: An in silico tool for fast primer and probe design and advanced sequence analysis. *Genomics*, vol. 109, no. 3–4, pp. 312–319. DOI: 10.1016/j.ygeno.2017.05.005
10. Kalendar R., Lee D., Schulman A. H. (2011) Java web tools for PCR, in silico PCR, and oligonucleotide assembly and analysis. *Genomics*, vol. 98, no. 2, pp. 137–144. DOI: 10.1016/j.ygeno.2011.04.009.
11. Kang X., Ma Q., Wang G. et al. (2022) Potential mechanisms of quercetin influence the ClfB protein during biofilm formation of *Staphylococcus aureus*. *Frontiers in pharmacology*, vol. 13, p. 825489. DOI: 10.3389/fphar.2022.825489.
12. Karygianni L., Ren Z., Koo H. et al. (2020) Biofilm matrixome: extracellular components in structured microbial communities. *Trends in microbiology*, vol. 28, no. 8, pp. 668–681. DOI: 10.1016/j.tim.2020.03.016.
13. Owczarzy R., Tataurov A. V., Wu Y. et al. (2008) IDT SciTools: a suite for analysis and design of nucleic acid oligomers. *Nucleic acids research*, vol. 36 (Web Server issue), pp. W163–W169. DOI: 10.1093/nar/gkn198.
14. Peng Q., Tang X., Dong W. et al. (2022) A Review of biofilm formation of *Staphylococcus aureus* and its regulation mechanism. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, vol. 12, no. 1, p. 12. DOI: 10.3390/antibiotics12010012.
15. Sedarat Z., Taylor-Robinson A. W. (2022) Biofilm formation by pathogenic bacteria: applying a *Staphylococcus aureus* model to appraise potential targets for therapeutic intervention. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, vol. 11, no. 4, p. 388. DOI: 10.3390/pathogens11040388.
16. Ye J., Coulouris G., Zaretskaya I. et al. (2012) Primer-BLAST: a tool to design target-specific primers for polymerase chain reaction. *BMC bioinformatics*, vol. 13, p. 134. DOI: 10.1186/1471-2105-13-134.

Информация об авторах:

И. В. АНТОНЕВСКИЙ – аспирант кафедры ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней;

Н. А. ЛЕЩЁВА – кандидат ветеринарных наук, доцент, зав. кафедрой ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней;

Е. Н. РУЧКО – ассистент кафедры ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней;

В. И. ПЛЕШАКОВА – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней.

Information about the authors:

I. V. ANTONEVSKIY – Postgraduate student of the Department of Veterinary Microbiology, Infectious and Invasive Diseases;

N. A. LESHCHEVA – Candidate of Veterinary Science, associate professor, head of the Department of Veterinary Microbiology, Infectious and Invasive Diseases;

E. N. RUCHKO – Assistant of the Department of Veterinary Microbiology, Infectious and Invasive Diseases;

V. I. PLESHAKOVA – Doctor of Veterinary Science, professor, professor of the Department of Veterinary Microbiology, Infectious and Invasive Diseases.

Вклад авторов:

АНТОНЕВСКИЙ И. В. – идея, сбор материала, написание статьи, итоговые выводы;
ЛЕЩЁВА Н. А. – научное редактирование текста;

РУЧКО Е. Н. – сбор материала, обработка материала;
ПЛЕШАКОВА В. И. – научное редактирование текста, научное руководство.

Contribution of the authors:

ANTONEVSKIY I. V. – idea, collection of material, writing of the article, final conclusions;
LESHCHEVA N. A. – scientific text editing;
RUCHKO E. N. – collection of material, processing of material;
PLESHAKOVA V. I. – scientific editing of text, scientific supervision.

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

Статья поступила в редакцию 15.04.2025; одобрена после рецензирования 20.04.2025;
принята к публикации 25.04.2025.

The article was submitted 15.04.2025; approved after reviewing 20.04.2025; accepted for
publication 25.04.2025.

Научная статья

УДК 619: 616.155.392

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506108

Методы лабораторной диагностики оспы овец и оспы коз

Лариса Павловна Падило¹, Адыля Камилевна Сибгатуллова²,
Валерий Александрович Агольцов³, Олег Юрьевич Черных⁴,
Муталиф Ибрагимович Калабеков⁵, Ольга Михайловна Попова⁶

^{1, 3, 5} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

² Ульяновский государственный аграрный университет
имени П. А. Столыпина, г. Ульяновск, Россия

⁴ Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

⁴ Кропоткинская краевая ветеринарная лаборатория, г. Кропоткин, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет
имени В. Кокова», г. Нальчик, Россия

¹ padilo-2019@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8402-6798>;

² sibgatullova92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5944-3808>;

³ Agoltsov-Saratov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6991-7253>;

⁴ gukkvl50@kubanvet.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8584-8251>;

⁵ ORCID 0000-0003-1526-5733;

⁶ popova@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3534-5370>

Автор, ответственный за переписку:

Лариса Павловна Падило, padilo-2019@mail.ru

Аннотация

В статье представлены методы лабораторной диагностики оспы овец и коз. Диагностика оспы овец и оспы коз основывается на результатах эпизоотологического обследования, выявленных клинических признаках и патологоанатомических изменениях, подтвержденных результатами лабораторных исследований. В данной работе был проведен литературный поиск по оспе овец и оспе коз в наукометрических базах данных PubMed, Web of Science, а также в базе Российского научного цитирования – РИНЦ. После их анализа нами проведена выборка 27 научных статей. Таким образом, диагностика оспы овец и оспы коз основывается на результатах эпизоотологического обследования, выявленных клинических признаках и патологоанатомических изменениях, подтвержденных результатами лабораторных исследований. Для лабораторных исследований отбирают пробы пораженной кожи, легких и лимфоузлов, отобранные не позднее чем через неделю после появления первых клинических признаков. Все тесты позволяют выявлять небольшой консервативный генетический локус в геноме каприпоксвируса, обладающий способностью высокоточного копирования и поддержания постоянства своей молекулярной структуры в пространстве и во времени, но эти методы не дифференцируют вирус оспы овец, вирус оспы коз или вирус заразного узелкового дерматита. Описаны методы ПЦР в реальном времени для прямого генотипирования каприпоксвируса без необходимости генетического секвенирования.

Ключевые слова: вирус оспы овец и коз, диагностика, выделение вируса, электронная микроскопия, иммунологические методы, серологические тесты

© Падило Л. П., Сибгатуллова А. К., Агольцов В. А., Черных О. Ю., Калабеков М. И., Попова О. М., 2025

Для цитирования: Падило Л. П., Сибгатulloва А. К., Агольцов В. А. и др. Методы лабораторной диагностики оспы овец и оспы коз // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 79–90. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506108>

Original article

Methods of laboratory diagnostics of sheep and goat pox

Larisa P. Padilo¹, Adylya K. Sibgatullova², Valery A. Agoltsov³,
Oleg Yu. Chernykh⁴, Mutalif I. Kalabekov⁵, Olga M. Popova⁶

^{1, 3, 6} State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

² Ulyanovsk State Agricultural University named P. A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia

¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

⁴ Kropotkin Regional Veterinary Laboratory, Kropotkin, Russia

⁵ Kabardino-Balkarian State Agrarian University
named after V. Kokov, Nalchik, Russia

¹ padilo-2019@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8402-6798>;

² sibgatullova92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5944-3808>;

³ Agoltsov-Saratov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6991-7253>;

⁴ gukkvl50@kubanvet.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8584-8251>;

⁵ ORCID 0000-0003-1526-5733;

⁶ popova@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3534-5370>

Corresponding author:

Larisa P. Padilo, padilo-2019@mail.ru

Abstract

The article presents methods of laboratory diagnostics of sheep and goat pox. The diagnosis of smallpox in sheep and goats is based on the results of an epizootological examination, identified clinical signs and pathoanatomic changes confirmed by the results of laboratory tests. In this work, a literature search was conducted on sheep and goat pox in the PubMed and Web of Science scientific databases, as well as in the Russian Scientific Citation Database – RSCI. After analyzing them, we conducted a selection of 27 scientific articles. Thus, the diagnosis of smallpox in sheep and goats is based on the results of an epizootological examination, identified clinical signs and pathoanatomic changes confirmed by the results of laboratory tests. For laboratory studies, samples of the affected skin, lungs, and lymph nodes are taken no later than one week after the first clinical signs appear. All tests make it possible to identify a small conservative genetic locus in the capriboxvirus genome, which has the ability to copy with high accuracy and maintain the constancy of its molecular structure in space and time. However, these methods do not allow to distinguish sheep pox virus from goat pox virus or infectious nodular dermatitis virus. Real-time PCR methods for direct genotyping of the capriboxvirus virus without the need for genetic sequencing are described.

Keywords: sheep and goat pox virus, diagnostic, virus isolation, electron microscopy, immunological methods, histopathology, serological tests

For citation: Padilo L. P., Sibgatullova A. K., Agoltsov V. A. et al. (2025) Methods of laboratory diagnostics of sheep and goat pox. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotehnologiya*. No. 6. Pp. 79–90. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506108>

Введение. Диагностика оспы овец и коз основывается на результатах эпизоотологического обследования, выявленных клинических признаках и патологоанатомических изменениях, подтвержденных результатами лабораторных исследований [1]. Для лабораторных исследований отбирают пробы пораженной кожи, легких и лимфоузлов, взятые не позднее чем через неделю после появления первых клинических признаков [2, 3].

Материал для выделения вируса и выявления антигена получают путем биопсии или после смерти из папул на коже, поражений на легких или лимфатических узлах. Образцы для выделения вируса и выявления антигена с помощью иммуноферментного анализа (ИФА) собирают в течение первой недели с момента появления клинических признаков, до начала выработки нейтрализующих антител. Образцы для выявления генома полимеразной цепной реакцией (ПЦР) собирают до и после выработки нейтрализующих антител [24].

Лейкоцитарную пленку крови, внесенную в EDTA (этилендиаминтетрауксусная кислота) во время вирусемической стадии заражения каприпоксвирусом (до генерализации поражений или в течение 4 сут генерализации), можно также использовать для выделения вируса. Образцы для гистологии должны содержать пораженную ткань и здоровые участки; их незамедлительно после отбора помещают в 10-кратно превышающий объем образца 10%-й формалиновый раствор или нейтральный забуференный 10%-й раствор формалина [2].

К транспортировке тканей в формалине не предъявляется специальных требований. Образцы крови для выделения вируса из лейкоцитарной пленки помещают в пробирку с антикоагулянтом, которую сразу кладут на лед и незамедлительно обрабатывают [2]. На практике образцы крови хранят при температуре 4 °С до 2 сут до обработки, но их не следует замораживать или хранить при температуре окружающей среды. Ткани и сухие корочки для выделения вируса, выявления антител и выявления генома предпочтительно хранить при температуре 4 °С, на льду или при -20 °С. При необходимости

осуществить транспортировку образцов на большие расстояния без холодильника среда должна содержать 10%-й глицерин; образцы должны быть достаточного размера, чтобы транспортная среда не проникала в центральную часть биопсийного материала, которая будет использована для выделения/выявления вируса [4].

Материалы и методы. В данной работе был проведен литературный поиск по оспе овец и оспе коз в наукометрических базах данных PubMed, Web of Science, а также в базе Российского научного цитирования – РИНЦ. После их анализа нами проведена выборка 27 наиболее актуальных научных статей.

Поисковый запрос состоял из следующих ключевых слов: «оспа овец и коз», «лабораторная диагностика», «электронная микроскопия», «полимеразно-цепная реакция», «гистопатология», «иммунологические методы», «серологические тесты».

Результаты исследований. *Выделение вируса.* Патологический материал, предназначенный для выделения вируса и выявления антигенов, гомогенизируют [5]. Пример одного из методов для проведения гомогенизации: ткань измельчают стерильными ножницами и щипцами, затем мацерируют в мельнице-смешивателе со стальными шариками или стерильным пестиком в ступке со стерильным песком и равным объемом стерильного фосфатно-буферного раствора (ФБР) или модифицированной среды Игла (MEM), с натрий-пенициллином (1000 международных единиц [МЕ]/мл, сульфатом стрептомицина (1 мг/мл), микостатином (100 МЕ/мл) или фунгиноном (2,5 мкг/мл) и неомицином (200 МЕ/мл). Гомогенизированную суспензию трижды замораживают–оттаивают, а затем частично очищают центрифугированием в настольной центрифуге при 600 g в течение 10 мин. В случаях, когда предполагается бактериальная контаминация образца (когда вирус выделяют из образцов кожи), надосадочную жидкость фильтруют через фильтр с порами 0,45 мкм после центрифугирования, однако количество вируса в надосадочной жидкости может сократиться [6, 19].

Лейкоцитарные пленки можно приготовить из 5–8 мл некоагулированной крови путем центрифугирования при 600 g в течение 15 мин; затем лейкоцитарные пленки осторожно переносят в 5 мл холодной воды двойной дистилляции с использованием стерильной пипетки Пастера. Через 30 с добавляют 5 мл холодной питательной среды двойной концентрации и перемешивают. Смесь центрифугируют при 600 g в течение 15 мин, надосадочную жидкость отбрасывают, а клеточный осадок суспендируют в 5 мл питательной среды, такой как модифицированная по методу Глазго среда Игла (GMEM). После центрифугирования при 600 g в течение 15 мин полученный осадок суспендируют в 5 мл свежеприготовленной GMEM либо же лейкоцитарные пленки можно отделить от гепаринизированного образца с помощью градиента плотности [5, 10, 11].

Каприпоксвирус выращивают в бычьей, овечьей или козьей тканевой культуре, хотя первичные или вторичные культуры клеток тестикул ягненка (LT) или почки ягненка (LK) считают наиболее восприимчивыми, в особенности полученные от шерстных пород овец. Пример одного из методов выделения: 1 мл суспензии лейкоцитарной пленки или 1 мл очищенного супернатанта биопсийного препарата инокулируют в 25 см² колбу для тканевых культур, 90 % слитых клеток LT или LK, супернатант абсорбируют в течение 1 ч при температуре 37 °C.

Затем культуру промывают теплым ФБР и покрывают 10 мл пригодной среды, такой как GMEM, содержащей антибиотиков и 2%-ю фетальную телячью сыворотку. При наличии также происходит инфицирование пробирок для тканевых культур, содержащих LT или LK клетки, и узких покровных стекол или предметных стекол микроскопа для тканевых культур [23].

Колбы проверяют ежедневно в течение 7–14 сут на наличие цитопатического действия (ЦПД). Контаминированные колбы отбраковывают. У инфицированных клеток проявляется типичное ЦПД, которое демонстрирует ретракцию клеточной мембраны из окружающих клеток, и в результате скругление клеток и скопление лейкоцитов по периферии ядерного хроматина [14].

Сначала можно наблюдать только небольшие участки ЦПД, иногда на 4-е сут после заражения; через 4–6 сут они расширяются, охватывая весь клеточный пласт. Если ЦПД не наблюдается на 7-е сут, культуру подвергают трехкратной процедуре замораживания–оттаивания, затем очищенный супернатант инокулируют на свежеприготовленную культуру LT или LK. Если используется ряд инфицированных покровных стекол, то при первых признаках появления ЦПД в колбах или ранее покровное стекло следует удалить, зафиксировать в ацетоне и окрасить с использованием гематоксилина и эозина. Эозинофильные внутрицитоплазматические тельца включения, различные по размеру (до не более половины размера ядра) и окруженные четкой каймой, свидетельствуют о заражении вирусом оспы [5].

Образование сцинтий не свидетельствует о наличии каприпоксвирусной инфекции. Если причиной возникновения ЦПД является инфицирование клеточной культуры каприпоксвирусом, его можно предотвратить или отсрочить путем включения в среду специфичной антикаприпоксвирусной сыворотки; это способствует предварительной идентификации возбудителя. Некоторые штаммы каприпоксвируса адаптированы для выращивания на клетках почки африканской зеленой мартышки (Vero), однако они не рекомендуются для первичного посева [9, 23].

Электронная микроскопия. Типичный вирион вируса оспы можно визуализировать с использованием методики приготовления с негативным окрашиванием с последующим наблюдением под электронным микроскопом [16]. Разработано множество различных протоколов негативного окрашивания, один из примеров приведен ниже.

Материал из исходной тканевой суспензии готовят для исследования на просвечивающем электронном микроскопе (до центрифугирования) путем помещения сетки с шестигранными отверстиями размером 400 меш с пилоформ-углеродным субстратом, активированный тлеющим разрядом в пентиламинном паре, на каплю суспензии, помещенной на парацленку или воско-

вую пластину. Через 1 мин сетку переносят на каплю буфера Tris/EDTA (pH 7,8) на 20 с, а затем на каплю 1%-й фосфорновольфрамовой кислоты (pH 7,2) на 10 с. Сетку просушивают фильтровальной бумагой, высушивают на воздухе и помещают в электронный микроскоп [17].

Вирион вируса оспы коз имеет форму параллелепипеда, покрыт короткими цилиндрическими элементами, имеет размеры приблизительно 290×270 нм. Мембраны, полученные из клеток хозяина, могут окружать несколько вирионов, и для подтверждения внешнего вида следует исследовать их как можно больше [21].

Вирионы каприпоксвируса неотличимы от вирионов ортопоксвируса, но ортопоксвирус, в отличие от вируса коровьей оспы, не является причиной возникновения поражений у овец и коз. Однако каприпоксвирус отличается от вирионов парапоксвируса, которые являются причиной ЗУД КРС, поскольку они меньше по размеру, имеют овальную форму и покрыты трубчатыми структурами, которые придают вид бороздок на вирионе.

Гистопатология. Материал для гистопатологии готовят стандартными методами. После приготовления окрашивания гематоксилином и эозином и заливки фиксированного в формалине биопсийного материала ряд срезов исследуют методом световой микроскопии. При гистологическом исследовании наиболее яркие виды поражений кожи в острой стадии представляют собой массивный клеточный инфильтрат, васкулит и отек. Ранние поражения характеризуются меченой периваскулярной инфильтрацией [26].

Исходная инфильтрация осуществляется макрофагами, нейтрофилами и иногда эозинофилами, а по мере развития поражений – большим количеством макрофагов, лимфоцитами и плазмócитами. Характерной чертой всех каприпоксвирусных инфекций является наличие изменяемого количества «клеток оспы овец» в слое дермы. Данные клетки оспы овец могут также появляться в других органах, где имеются микроскопические поражения оспы овец и коз. Данные клетки представляют собой круп-

ные звездчатые клетки с эозинофильными, слабовыраженными внутрицитоплазматическими включениями и вакуолизированным ядром. Васкулит сопровождается тромбозом и инфарктом, вызывая отек и некроз. Эпидермальные изменения представляют собой акантоз, паракератоз и гиперкератоз. Изменения в других органах аналогичны с преобладанием клеточной инфильтрации и васкулита. Поражения верхних дыхательных путей характеризуются образованием язв [8].

Реакции иммунофлуоресценции. Антиген к каприпоксвирусу можно также идентифицировать на инфицированных покровных стеклах или предметных стеклах для тканевых культур с использованием реакций иммунофлуоресценции. Покровные стекла или предметные стекла промывают, просушивают и фиксируют в холодном ацетоне в течение 10 мин. Непрямой тест с использованием иммунной овечьей или козьей сывороток подвергают воздействию фоновому окрашиванию высокой интенсивности и неспецифичных реакций. Однако прямой конъюгат может быть приготовлен из сывороток реконвалесцентных овец и коз или гипериммунизированных очищенным каприпоксвирусом кроликов. Неинфицированные тканевые культуры следует включать в качестве отрицательных контролей, поскольку перекрестные реакции благодаря антителам к антигенам клеточных культур могут вызывать проблемы. Метод иммунофлуоресценции на срезах тканевых культур может также быть использован на готовых криостатных препаратах [26].

Методы распознавания нуклеиновых кислот. Амплификационные методы для выявления генома вирусной ДНК специфичны к роду *Capripoxvirus* и чувствительны для выявления на всем протяжении развития болезни, включая период до и после возникновения гуморальных иммунных реакций. Данные методы включают в себя традиционную ПЦР, ПЦР в реальном времени и последнюю разработанную изотермическую амплификацию с формированием петель. Методы распознавания нуклеиновых кислот могут использоваться для выявления генома каприпоксвируса

в биопсийных пробах, мазках или тканевых культурах [15].

Методы традиционной ПЦР. Вирусы оспы овец и оспы коз являются близкородственными возбудителями и имеют высокую идентичность по нуклеотидным основаниям и аминокислотам геномов, что влечет за собой затруднения при дифференциации этих инфекций серологическими методами. Сравнительный анализ геномов вирусов оспы овец и оспы коз указывает на их высокую гомологичность [6, 20].

Идентичность нуклеотидных последовательностей геномов вирусов оспы овец и оспы коз достигает 96 %. Хотя и обнаружена высокая идентичность геномов в нуклеотидной последовательности вирусов оспы овец и оспы коз, но в филогенетическом отношении имеются различия, которые основываются на специфичности круга хозяев [16].

Методы ПЦР в реальном времени. Разработаны и валидированы несколько высокочувствительных и основанных на специфичности выявления флуоресценции методов ПЦР [7].

Все тесты позволяют выявлять небольшой консервативный генетический локус в геноме каприпоксвируса, но эти методы не дифференцируют вирус оспы овец, вирус оспы коз или вирус заразного узелкового дерматита. Описаны методы ПЦР в реальном времени для прямого генотипирования каприпоксвируса без необходимости генетического секвенирования [13, 18].

Изотермическая амплификация генома. Сообщается, что молекулярные исследования с использованием изотермической амплификации с образованием петли (LAMP) для выявления геномов каприпоксвируса обеспечивают чувствительность и специфичность аналогично методу ПЦР в реальном времени, являясь при этом более простыми и недорогими [21].

Сообщалось о полевой валидации LAMP метода и о комбинировании данного универсального теста на выявление каприпоксвируса с двумя дополнительными LAMP методами с целью демонстрации их практичности для дифференцирования вирусов оспы овец и оспы коз [22, 25].

Реакция вирус-нейтрализации. Тест-сыворотку либо титруют постоянным титром каприпоксвируса (100 TCID₅₀ (50 % инфекционная доза в тканевой культуре)) или стандартный штамм вируса титруют постоянным разведением тканевой культуры с целью подсчета индекса нейтрализации. В связи с разной чувствительностью тканевой культуры к каприпоксвирусу и последующей сложности обеспечить использование 100 TCID₅₀ определение индекса нейтрализации является предпочтительным методом, хотя он и требует большего объема тест-сыворотки. Данный тест проводят с использованием 96-луночных микротитрационных плоскодонных планшето-в для тканевых культур, но его можно проводить также и в колбах для тканевых культур с внесением соответствующих изменений в используемые объемы, хотя более затруднительным представляется считывание конечной точки титрования в колбе. Сообщают о получении более достоверных результатов при использовании клеток Vero в реакции вирус-нейтрализации [4].

Процедура выполнения реакции:

1) тест-сыворотки, включая отрицательный и положительный контроль, разводят 1/5 в среде Игла/ HEPES (N-2-гидроксиэтилпиперазин-N-2-этансульфоновая кислота) и инактивируют при температуре 56 °C в течение 30 мин;

2) затем 50 мкл первой инактивированной сыворотки добавляют в колонки 1 и 2, ряды А–Н микротитрационного планшета. Вторую сыворотку помещают в колонки 3 и 4, третью – в колонки 5 и 6, положительную контрольную сыворотку помещают в колонки 7 и 8, отрицательную контрольную сыворотку помещают в колонки 9 и 10, а 50 мкл среды Игла/ HEPES без сыворотки помещают в колонки 11 и 12 и во все лунки ряда Н;

3) референтный штамм каприпоксвируса, обычно вакцинный штамм, который хорошо развивается в тканевой культуре, с титром, превышающим log₁₀ 6 TCID₅₀ на мл, разводят в среде Игла/ HEPES (N-2-гидроксиэтилпиперазин-N-2-этансульфоновая кислота) в минифлаконах для получения логарифмических серий разведений log₁₀ 5,0; 4,0; 3,5; 3,0; 2,5; 2,0; 1,5 TCID₅₀ на мл

эквивалент \log_{10} 3,7; 2,7; 2,2; 1,7; 1,2; 0,7; 0,2 TCID₅₀ на 50 мкл) [17];

4) начиная с ряда G и наиболее разведенного вирусного препарата, 50 мкл вируса добавляют в каждую лунку в данном ряду. Повторяют с каждым разведением вируса, наиболее высокий титр разведения вируса находится в ряду A;

5) планшеты покрывают и инкубируют в течение 1 ч при 37 °C;

6) клетки LT готовят из предварительно выращенных монослоев в качестве суспензии из 105 клеток/мл в среде Игла, содержащей антибиотики и 2%-ю телячью фетальную сыворотку. После инкубирования микротитрационных планшетов 100 мкл суспензии клеток добавляют во все лунки, за исключением лунок H11 и H12, которые служат в качестве контрольных лунок для среды. Оставшиеся лунки ряда H – контроль токсичности клеток и сывороток [17];

7) микротитрационные планшеты покрывают и инкубируют при 37 °C в течение 9 сут;

8) монослои исследуют ежедневно через инвертационный микроскоп начиная с 4-х сут на наличие ЦПД. В клетках ряда H ЦПД не должно наблюдаться. Используя вакцинный штамм 0240 KSGP каприпоксвируса, на 9-е сут считают окончательное значение, а титр вируса в каждом повторном разведении рассчитывают по методу Карбера. Если оставить на более длительный период, то происходит «прорыв» вируса, при котором первоначально инактивированный вирус высвобождается из антитела;

9) интерпретация результатов: индекс нейтрализации – это логарифмическая разница титров между титром вируса в отрицательной сыворотке и в тест-сыворотке. Индекс, составляющий $\geq 1,5$, является положительным. Испытание можно сделать более чувствительным, если сыворотку от того же животного исследовать до и после заражения [27].

Поскольку иммунитет к каприпоксвирусу является преимущественно клеточно-опосредованным, отрицательный результат, в частности, после вакцинации, при которой реакция неизбежно слаба, не подразумевает, что животное, от которого

была получена сыворотка, не является защищенным.

Реакция нейтрализации, при которой различные разведения вируса смешивают с неразведенной противовирусной сывороткой, описывали с использованием разведений сыворотки в диапазоне от 1/5 до 1/500 и фетальных клеток мышц телят. Благодаря низкой чувствительности данных клеток к каприпоксвирусу по сравнению с LT клетками проблема «прорыва» вируса решена [11].

Реакция непрямой иммунофлуоресценции. Тканевые культуры, инфицированные каприпоксвирусом и выращенные на узких покровных стеклах или предметных стеклах микроскопа для тканевых культур, можно использовать для проведения реакции непрямой иммунофлуоресценции. В реакции используют неинфицированные контроли тканевых культур и положительные и отрицательные контрольные сыворотки. Инфицированные и контрольные культуры фиксируют в ацетоне при температуре -20 °C в течение 10 мин и хранят при 4 °C. Разведения тест-сывороток проводят в ФБР, начиная с 1/5, а положительные идентифицируют с использованием анти-овечьего гамма-глобулина. Могут наблюдаться перекрестные реакции с вирусом контагиозного пустулезного дерматита овец и коз, вирусом бычьего папулезного стоматита и, вероятно, с другими поксвирусами [12].

Вестерн-блоттинг. Вестерн-блоттинг тест-сывороток к клеточному лизату, инфицированному каприпоксвирусом, обеспечивает чувствительную и специфичную систему для выявления антител к структурным белкам каприпоксвируса, хотя тест дорогостоящий и затруднителен для проведения [10].

Закключение. Таким образом, диагностика оспы овец и оспы коз основывается на результатах эпизоотологического обследования, выявленных клинических признаках и патологоанатомических изменениях, подтвержденных результатами лабораторных исследований. Для лабораторных исследований отбирают пробы пораженной кожи, легких и лимфоузлов, отобранные не позднее чем через неделю после появления первых клинических признаков.

Патологический материал, предназначенный для выделения вируса и обнаружения антигенов, гомогенизируют. Типичный вирион вируса оспы можно визуализировать с использованием методики приготовления с негативным окрашиванием с последующим наблюдением под электронным микроскопом. Материал для гистопатологии готовят стандартными методами. После приготовления окрашивания гематоксилином и эозином и заливки фиксированного в формалине биопсийного материала ряд срезов исследуют методом световой микроскопии. При гистологическом исследовании наиболее яркие виды поражений кожи в острой стадии представляют собой массивный клеточный инфильтрат, васкулит и отек. Ранние поражения характеризуются меченой периваскулярной инфильтрацией. Амплификационные методы для выявления генома вирусной ДНК специфичны к роду *Capripoxvirus* и чувствительны для выявления на всем протяжении развития болезни, включая период до и после возникновения гуморальных иммунных реакций. Данные методы включают в себя традиционную ПЦР, ПЦР в реальном времени и последнюю разработанную изотермическую амплификацию с формированием петель. Методы распознавания нуклеиновых кислот могут использоваться для выявления генома каприпоксвируса в биопсийных пробах, мазках или тканевых культурах.

Вирусы оспы овец и оспы коз являются близкородственными возбудителями и имеют высокую идентичность по нуклеотидным основаниям и аминокислотам геномов, что влечет за собой затруднения при дифференциации этих инфекций серологическими методами. Сравнительный анализ геномов вирусов оспы овец и оспы коз указывает на их высокую гомологичность.

Идентичность нуклеотидных последовательностей геномов вирусов оспы овец и оспы коз достигает 96 %. Хотя и обнаружена высокая идентичность геномов в нуклеотидной последовательности вирусов оспы овец и оспы коз, но в филогенетическом отношении имеются различия, которые основываются на специфичности круга хозяев.

Разработаны и валидированы несколько высокочувствительных и основанных на специфичности выявления флуоресценции методов ПЦР. Все тесты позволяют выявлять небольшой консервативный генетический locus в геноме каприпоксвируса, но эти методы не дифференцируют вирус оспы овец, вирус оспы коз или вирус заразного узелкового дерматита. Описаны методы ПЦР в реальном времени для прямого генотипирования каприпоксвируса без необходимости генетического секвенирования.

Список источников

1. Аманова Ж. Т., Таранов Д. С., Еришебулов З. Д. и др. Оценка эффективности ассоциированной вакцины против чумы мелких жвачных животных и оспы овец // Ветеринария. 2016. № 9. С. 21–24.
2. Стрижаков А. А., Стрижакова О. М., Новикова М. Б. и др. Разработка средств диагностики оспы овец на основе моноклональных антител // Диагностика, профилактика и меры борьбы с особо опасными, экзотическими и зооантропонозными болезнями животных. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Покров, 2000. С. 141–143.
3. Диев В. И., Соколов Л. Н., Гусев А. А. Иммунобиологические свойства вакцинного штамма вируса оспы овец // Проблемы инфекционной патологии сельскохозяйственных животных: тезисы докладов конференции. Владимир, 1997. С. 81.
4. Черных О. Ю., Шевкопляс В. Н., Мищенко А. В. и др. Особенности клинического проявления контагиозного пустулезного дерматита (контагиозная эктима) овец и коз // Ветеринария Кубани. 2016. № 5. С. 4–7.
5. Awad M., Michael A., Soliman S. M. et al. Trials for preparation of inactivated sheep pox vaccine using binary ethyleneimine // Egypt. J. Immunol. 2003. Vol. 10 (2). Pp. 67–72.
6. Babiuk S., Bowden T. R., Boyle D. B. et al. Capripoxviruses: an emerging worldwide threat to sheep, goats and cat-

- tle // *Transbound Emerg Dis.* 2008. Vol. 55. Pp. 263–272. DOI: 10.1111/j.1865-1682.2008.01043.x.
7. *Balinsky C. A., Delhon G., Smoliga G. et al.* Rapid preclinical detection of sheeppox virus by a real-time PCR assay // *J Clin Microbiol.* 2008. Feb. Vol. 46 (2). Pp. 438–442. DOI: 10.1128/JCM.01953-07. Epub 2007 Nov 21. PMID: 18032617; PMCID: PMC2238129.
8. *Barman D., Chatterjee C., Biswas U. et al.* Estimation of post-vaccination antibody titre against goat pox and determination of protective antibody titre // *Small Ruminant Reseach.* 2010. Vol. 93. Pp. 76–78.
9. *Boumart Z., Daouam S., Belkourati I. et al.* Comparative innocuity and efficacy of live and inactivated sheeppox vaccines // *BMC Vet. Res.* 2016. Vol. 12 (1). P. 133. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0754-0>
10. *Chand P., Kitching R. P., Black D. N.* Western blot analysis of virus-specific antibody responses to capripoxvirus and contagious pustular dermatitis infections in sheep // *Epidemiol. Infect.* 1994. Vol. 113. Pp. 377–385.
11. *Das A., Babiuk S., McIntosh M. T.* Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of capripoxviruses // *J. Clin. Microbiol.* 2012. Vol. 50. Pp. 1613–1620.
12. *Davies F. G., Otema C.* The antibody response in sheep infected with a Kenyan sheep and goat pox virus // *J. Comp. Pathol.* 1978. Vol. 88. Pp. 205–210.
13. *Gelaye E., Lamien C. E., Silber R. et al.* Development of a Cost-Effective Method for Capripoxvirus Genotyping Using Snapback Primer and dsDNA Intercalating Dye // *PLoS ONE* 2013. Vol. 8 (10). e75971. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075971>.
14. *Hamdi J., Munyanduki H., Omari Taddaoui K. et al.* Capripoxvirus infections in ruminants: a review // *Microorganisms.* 2021. Vol. 9(5). P. 902. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050902>.
15. *Heine H. G., Stevens M. P., Foord A. J. et al.* (1999). A capripoxvirus detection PCR and antibody ELISA based on the major antigen P32, the homolog of the vaccinia virus H3L gene // *J. Immunol. Methods.* Vol. 199. No. 227. Pp. 187–196.
16. *Inoshima Y., Morooka A., Sentsui H.* Detection and diagnosis of parapoxvirus by the polymerase chainreaction // *Journal of Virological Methods.* 2000. Vol. 84 (2). Pp. 201–208.
17. *Kitching R. P., Smale C.* Comparison of the external dimensions of capripoxvirus isolates // *Res. Vet. Sci.* 1986. Vol. 41. Pp. 425–427.
18. *Lamien C. E., Lelenta M., Goger W. et al.* Real time PCR method for simultaneous detection, quantitation and differentiation of capripoxviruses // *J Virol Methods.* 2011. Vol. 171 (1). Pp. 134–140. DOI: 10.1016/j.jviromet.2010.10.014. Epub 2010 Oct 26. PMID: 21029751.
19. *Le Goff C., Lamien C. E., Fakhfah E. et al.* Capripoxvirus G-protein-coupled chemokine receptor, a host-range gene suitable for virus-animal origin discrimination // *J. Gen. Virol.* 2009. Vol. 90. Pp. 67–77.
20. *Le Jan C., Thiemoko C., Sow Abdoul D. et al.* Observations on sheep-pox in Mauritania // *Rev Elev Méd Vét Pays Trop.* 1987. Vol. 40. No. 3. Pp. 211–214.
21. *Murray C. J., Lopez A. D.* Measuring the global burden of disease // *N Engl J Med.* 2013. Vol. 369 (5). Pp. 448–457. DOI: 10.1056/NEJMr1201534.
22. *Omoga C. A., Macharia D. M., Magiri E. et al.* Molecular Based Detection, Validation of a LAMP Assay and Phylogenetic Analysis of Capripoxvirus in Kenya // *Journal of Advances in Biology & Biotechnology.* 2016. Vol. 7. No. 3. Pp. 1–12. <https://doi.org/10.9734/JABB/2016/27178>.
23. *Trabelsi K., Majoul S., Rourou S. et al.* Process intensification for an enhanced replication of a newly adapted RM-65 sheep pox virus strain in Vero cells grown in stirred bioreactor // *Biochem. Eng. J.* 2014. Vol. 90. Pp. 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2014.06.001>.
24. World Animal Health Information Database (OIE. Disease Information) Interface / OIE. Paris, 2018. URL: https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/Immsummary.

25. Zhao Dong, Zheng Chen, Li FaDi et al. Effects of tannins from grape pomace on digestibility, metabolism and rumen fermentation in sheep // *Acta Prat. Sin.* 2014. Vol. 23. No. 4. Pp. 285–292.
26. Zro K., Azelmat S., Bendouro Y. et al. PCR-based assay to detect sheeppox virus in ocular, nasal, and rectal swabs from infected Moroccan sheep // *J. Virol. Methods*. 2014. Vol. 204. Pp. 38–43.
27. Zro K., Zakhham F., Melloul M. et al. A sheeppox outbreak in Morocco: isolation and identification of virus responsible for the new clinical form of disease // *BMC Vet Res.* 2014. Vol. 10. P. 31.

References

1. Amanova Zh. T., Taranov D. S., Ershebulov Z. D. et al. (2016) Evaluation of the effectiveness of an associated vaccine against peste des petits ruminants and sheep pox. *Veterinary science*, vol. 9, pp. 21–4 (In Russ.).
2. Strizhakov A. A., Strizhakova O. M., Novikova M. B. et al. (2000) Development of diagnostic tools for sheep pox based on monoclonal antibodies // *Diagnostics, prevention and measures to combat especially dangerous, exotic and zoonotic diseases of animals. Coll. articles of the Int. scientific and practical conference. Pokrov.* Pp. 141–143 (In Russ.).
3. Diev V. I., Sokolov L. N., Gusev A. A. (1997) Immunobiological properties of the vaccine strain of sheeppox virus // *Problems of infectious pathology of agricultural animals: abstract of report. conf. Vladimir.* 81 p. (In Russ.).
4. Chernykh O. Yu., Shevkoplyas V. N., Mishchenko A. V. et al. (2016) Features of the clinical manifestation of contagious pustular dermatitis (contagious ecthyma) of sheep and goats. *Veterinary Science of Kuban*, vol. 5, pp. 4–7 (In Russ.).
5. Awad M., Michael A., Soliman S. M. et al. (2003) Trials for preparation of inactivated sheep pox vaccine using binary ethyleneimine. *Egypt. J. Immunol.*, vol. 10 (2), pp. 67–72.
6. Babiuk S., Bowden T. R., Boyle D. B. et al. (2008) Capripoxviruses: an emerging worldwide threat to sheep, goats and cattle. *Transbound Emerg Dis.*, vol. 55, pp. 263–272. DOI: 10.1111/j.1865-1682.2008.01043.x.
7. Balinsky C. A., Delhon G., Smoliga G. et al. (2008) Rapid preclinical detection of sheeppox virus by a real-time PCR assay. *J Clin Microbiol.*, Feb., vol. 46 (2), pp. 438–442. DOI: 10.1128/JCM.01953-07. Epub 2007 Nov 21. PMID: 18032617; PMCID: PMC2238129.
8. Barman D., Chatterjee C., Biswas U. et al. (2010) Estimation of post-vaccination antibody titre against goat pox and determination of protective antibody titre. *Small Ruminant Research*, vol. 93, pp. 76–78.
9. Boumart Z., Daouam S., Belkourati I. et al. (2016) Comparative innocuity and efficacy of live and inactivated sheeppox vaccines. *BMC Vet. Res.*, vol. 12 (1), p. 133. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0754-0>
10. Chand P., Kitching R. P., Black D. N. (1994) Western blot analysis of virus-specific antibody responses to capripoxvirus and contagious pustular dermatitis infections in sheep. *Epidemiol. Infect.*, vol. 113, pp. 377–385.
11. Das A., Babiuk S., McIntosh M. T. (2012) Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of capripoxviruses. *J. Clin. Microbiol.*, vol. 50, pp. 1613–1620.
12. Davies F. G., Otema C. (1978) The antibody response in sheep infected with a Kenyan sheep and goat pox virus. *J. Comp. Pathol.*, vol. 88, pp. 205–210.
13. Gelaye E., Lamien C. E., Silber R. et al. (2013) Development of a Cost-Effective Method for Capripoxvirus Genotyping Using Snapback Primer and dsDNA Intercalating Dye. *PLoS ONE*, vol. 8 (10). e75971. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075971>.
14. Hamdi J., Munyanduki H., Omari Tadelou K. et al. (2021) Capripoxvirus infections in ruminants: a review. *Microorganisms*, vol. 9 (5), p. 902. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050902>.
15. Heine H. G., Stevens M. P., Foord A. J. et al. (1999) A capripoxvirus detection PCR and antibody ELISA based on the major antigen P32, the homolog of the vaccinia

- virus H3L gene. *J. Immunol. Methods.*, vol. 199, no. 227, pp. 187–196.
16. Inoshima Y., Morooka A., Sentsui H. (2000) Detection and diagnosis of parapoxvirus by the polymerase chainreaction. *Journal of Virological Methods*, vol. 84 (2), pp. 201–208.
17. Kitching R. P., Smale C. (1986). Comparison of the external dimensions of capripoxvirus isolates. *Res. Vet. Sci.*, vol. 41, pp. 425–427.
18. Lamien C. E., Lelenta M., Goger W. et al. (2011) Real time PCR method for simultaneous detection, quantitation and differentiation of capripoxviruses. *J Virol Methods*. vol. 171 (1), pp. 134–40. DOI: 10.1016/j.jviromet.2010.10.014. Epub 2010 Oct 26. PMID: 21029751.
19. le Goff C., Lamien C. E., Fakhfah E. et al. (2009) Capripoxvirus G-protein-coupled chemokine receptor, a host-range gene suitable for virus-animal origin discrimination. *J. Gen. Virol.*, vol. 90, pp. 67–77.
20. Le Jan C., Thiemoko C., Sow Abdoul D. et al. (1987) Observations on sheep-pox in Mauritania. *Rev Elev Med Vet Pays Trop.*, vol. 40, no. 3, pp. 211–214.
21. Murray C. J., Lopez A. D. (2013) Measuring the global burden of disease. *N Engl J Med.*, vol. 369 (5), pp. 448–457. DOI: 10.1056/NEJMr1201534.
22. Omoga C. A., Macharia D. M., Magiri E. et al. (2016) Molecular Based Detection, Validation of a LAMP Assay and Phylogenetic Analysis of Capripoxvirus in Kenya. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. vol. 7, no. 3, pp. 1–12. <https://doi.org/10.9734/JABB/2016/27178>.
23. Trabelsi K., Majoul S., Rourou S. et al. (2014) Process intensification for an enhanced replication of a newly adapted RM-65 sheep pox virus strain in Vero cells grown in stirred bioreactor. *Biochem. Eng. J.*, vol. 90, pp. 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2014.06.001>.
24. (2018) World Animal Health Information Database (OIE. Disease Information) Interface / OIE. Paris. URL: https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/Immsummary.
25. Zhao Dong, Zheng Chen, Li FaDi et al. (2014) Effects of tannins from grape pomace on digestibility, metabolism and rumen fermentation in sheep. *Acta Prat. Sin.*, vol. 23, no. 4, pp. 285–292.
26. Zro K., Azelmat S., Bendouro Y. et al. (2014) PCR-based assay to detect sheep-pox virus in ocular, nasal, and rectal swabs from infected Moroccan sheep. *J. Virol. Methods.*, vol. 204, pp. 38–43.
27. Zro K., Zakham F., Melloul M. et al. (2014) A sheeppox outbreak in Morocco: isolation and identification of virus responsible for the new clinical form of disease. *BMC Vet Res.*, vol. 10, p. 31.

Информация об авторах

Л. П. ПАДИЛО – кандидат биологических наук, доцент;
А. К. СИБГАТУЛЛОВА – кандидат ветеринарных наук, доцент;
В. А. АГОЛЬЦОВ – доктор ветеринарных наук, профессор;
О. Ю. ЧЕРНЫХ – доктор ветеринарных наук, профессор;
М. И. КАЛАБЕКОВ – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы;
О. М. ПОПОВА – доктор биологических наук, профессор.

Information about the authors

L. P. PADILO – Candidate of Sciences (Biological);
A. K. SIBGATULLOVA – Candidate of Sciences (Veterinary);
V. A. AGOLTSOV – Doctor of Sciences (Veterinary), Professor;
O. Yu. CHERNYKH – Doctor of Sciences (Veterinary), Professor;
M. I. KALABEKOV – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise;
O. M. POPOVA – Doctor of Sciences (Biological), 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 16.04.2025; одобрена после рецензирования 21.04.2025; принята к публикации 26.04.2025.

The article was submitted 16.04.2025; approved after reviewing 21.04.2025; accepted for publication 26.04.2025.

Научная статья

УДК 636.5.034

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506109

Влияние органических кислот на продуктивность и жизнеспособность кур-несушек кросса «Ломанн Браун»

Игорь Геннадьевич Рязанов¹, Владислав Викторович Белогуров²,
Елена Алевтиновна Капитонова³

^{1,2,3} Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹ryazanovig@gmail.com;

²kalancha123@mail.ru;

³kapitonovalena1110@mail.ru

Автор ответственный за переписку:

Игорь Геннадьевич Рязанов, ryazanovig@gmail.com

Аннотация

Современное птицеводство как отрасль сельского хозяйства стремительно развивается. Внедряются новые методы кормления и профилактики заболеваний различной этиологии. Особенно актуальным становится применение альтернативных методов лечения и профилактики на фоне отказа от применения антибиотических препаратов. В статье приведены результаты научного эксперимента по применению препарата «КисОрг®» на основе органических кислот в условиях личного подсобного хозяйства, расположенного в Ступинском районе Московской области. Кормовая добавка выпаивалась из расчета 0,3 и 1 мл/л воды. Добавка «КисОрг®» содержит: муравьиную кислоту – 31,0–38,0 %; пропионовую кислоту – 18,0–22,0; молочную кислоту – 0,8–1,2 %. Эксперимент проводился на курах-несушках кросса «Ломанн Браун» 270-суточного возраста в течение 30 сут. На основании проведенного эксперимента установлено, что кормовая добавка «КисОрг®» способствует повышению: яичной продуктивности – на 1,6–2,4 %; валовому сбору яиц – на 1,6–2,3; массы яиц – на 0,47–2,2; интенсивности яйцекладки – на 1,56–2,4 %.

Ключевые слова: куры-несушки, органические кислоты, яичная продуктивность, масса яйца

Для цитирования: Рязанов И. Г., Белогуров В. В., Капитонова Е. А. Влияние органических кислот на продуктивность и жизнеспособность кур-несушек кросса «Ломанн Браун» // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 91–96. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506109>

Original article

Effect of organic acids on productivity and viability of laying hens of the Lohmann Brown cross

© Рязанов И. Г., Белогуров В. В., Капитонова Е. А., 2025

Igor G. Ryazanov¹, Vladislav V. Belogurov², Elena A. Kapitonova³

^{1, 2, 3} Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

¹ryazanovig@gmail.com;

²kalancha123@mail.ru;

³kapitonovalena1110@mail.ru

Corresponding author:

Igor G. Ryazanov, ryazanovig@gmail.com

Abstract

Modern poultry farming as a branch of agriculture is rapidly developing. New methods of feeding and prevention of diseases of various etiologies are being introduced. The use of alternative methods of treatment and prevention is becoming especially relevant against the background of the refusal to use antibiotics. The article presents the results of a scientific experiment on the use of the drug «KisOrg» based on organic acids in a private subsidiary farm located in the Stupino district of the Moscow region. The feed additive was given to drink at the rate of 0.3 ml / l and 1 ml / l of water. The additive «KisOrg» contains 31.0–38.0 % formic acid, 18.0–22.0% propionic acid, 0.8–1.2 % lactic acid. The experiment was conducted on 270-day-old laying hens of the Loman Brown cross for 30 days. Based on the conducted experiment, it was established that the feed additive «KisOrg» contributes to an increase in: egg productivity – by 1.6–2.4 %, gross egg collection – by 1.6–2.3 %, egg weight – by 0.47–2.2 % and egg-laying intensity – by 1.56–2.4 %.

Keywords: laying hens, organic acids, egg productivity, egg weight

For citation: Ryazanov I. G., Belogurov V. V., Kapitonova E. A. (2025) Effect of organic acids on the productivity and viability of laying hens of the Lohmann Braun cross. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 91–96. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506109>

Введение. Известно, что физиологическое здоровье животных и птиц неразрывно связано с зоогигиеническими условиями содержания и качественным, полноценным кормлением. При этом тенденция последних лет в ограниченном применении антибиотических препаратов для лечения и профилактики заболеваний заставляет ученых всего мира разрабатывать новые составы для поддержания микробиоты пищеварительной системы птицы, так как это напрямую влияет на жизнеспособность и продуктивность.

Эффективность кормовой добавки «KisOrg®» определяется комплексом органических кислот, входящих в её состав. Эти кислоты, снижая pH питьевой воды, приводят к аналогичному снижению pH в пищеварительной системе птицы. Такое подкисление создает условия, неблагоприятные для развития патогенной микрофлоры, включая бактерии и грибы. В результате

кормовая добавка нормализует пищеварительные процессы в организме птицы за счет раздражающего действия на пищеварительные железы, что оказывает бактерицидное и бактериостатическое действие. Также «KisOrg®» обладает свойством обеззараживать воду для поения и повышает всасываемость и усвояемость кормов.

Цель исследования. Оценить эффективность применения препарата «KisOrg®» в рационах кур-несушек кросса «Ломанн Браун».

Материалы и методы. Эксперимент проводился в ЛПХ, расположенном в Ступинском районе Московской области. Основной рацион птиц состоял из комбикорма ПК-1-3. Дача кормовой добавки проводилась в течение 30 сут путем добавления в воду с применением дозирующего устройства.

Для исследования было сформировано 3 группы кур-несушек кросса «Ломанн Браун» 270-суточного возраста, по 15 гол. в каждой.

Контрольная группа получала основной рацион и питьевую воду без добавления препарата. 1-я опытная группа получала основной рацион и добавку с питьевой водой из расчета 0,3 мл/л воды, 2-я опытная группа – основной рацион и препарат из расчета 1 мл/л воды согласно рекомендациям производителя.

Птица содержалась напольным способом в помещении, разделенном на зоны,

согласно методике ВНИТИП (2015). Сбор яйца проводился ежедневно. Яйца взвешивали на электронных весах марки «First» с точностью 0,1 г.

Результаты исследования. Показатели продуктивности кур-несушек кросса «Ломанн Браун» при добавлении в рацион кормовой добавки «КисОрг®» представлены в таблице.

Таблица

Показатели продуктивности кур-несушек кросса «Ломанн Браун»

Показатель	Группа (n=15)		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Сохранность, %	100	100	100
Яйценоскость на начальную несушку, шт./гол.	25	25,4	25,6
Валовой сбор яйца за период опыта, шт.	375	381	384
Средняя масса яйца, г	63,4	63,7	64,8
Получено яйцемассы за период опыта, г	23 775	24 269,7	24 883,2
Интенсивность яйцекладки, %	83,3	84,6	85,3

В начале опыта все куры-несушки в 270-суточном возрасте были подобраны по продуктивности и имели среднемесячную яйценоскость 25 шт./гол. К концу эксперимента куры 300-суточного возраста имели улучшенные показатели продуктивности по сравнению с контролем. Яйценоскость кур в 1-й опытной группе была на 1,6 % выше, а во 2-й опытной группе – на 2,4 % выше, чем у кур-несушек контрольной группы.

Также отмечено увеличение валового сбора яйца в обеих опытных группах относительно контроля, что составило за отчетный период в 1-й опытной на 6 яиц, а во 2-й опытной группе – на 9 яиц больше, чем в группе контроля.

Средняя масса яиц также незначительно увеличилась и к концу эксперимента была выше у кур 1-й и 2-й опытных групп – на 0,47 % (+0,3 г) и 2,2 % (+1,4 г) соответственно.

При подсчете яйцемассы от валового сбора яиц установлено, что яйцемасса в 1-й опытной группе была больше на 2,08 %, чем в контроле, а во 2-й опытной группе – на 4,6 %. Изменилась в сторону увеличения интенсивность яйцекладки и составила 83,3 % в контрольной группе, а в 1-й и 2-й опытных группах 84,6 и 85,3 % соответственно.

Исходя из этих данных, можно с уверенностью говорить о положительном влиянии препарата «КисОрг®» на яичную продуктивность кур-несушек кросса «Ломанн Браун».

Заключение. Таким образом, из результатов эксперимента можно сделать вывод о положительном влиянии препарата «КисОрг®», содержащего органические кислоты на продуктивность и физиологическое здоровье кур-несушек кросса «Ломанн Браун». Добавление препарата в воду для выпойки в дозе, рекомендованной производителем 0,3 и 1 мл/л, способствует повышению яичной продуктивности – на 1,6–2,4 %; валовому сбору яиц – на 1,6–2,3; массы яиц – на 0,47–2,2; интенсивности яйцекладки – на 1,56–2,4 %.

На основании всего вышеизложенного можно рекомендовать выпаивание отечественного биологически активного препарата «КисОрг®» на основе органических кислот курам-несушкам в дозах 0,3 и 1 мл/л воды согласно инструкции по применению препарата.

Список источников

1. Бессарабов Б. Ф. Крыканов, А. А., Могильда Н. П. Технология производства яиц

- и мяса птицы на промышленной основе: учебное пособие. СПб.: Лань, 2022. 352 с.
2. Гудин В. А., Лысов В. Ф., Максимов В. И. Физиология и этология сельскохозяйственных птиц: учебник. СПб.: Лань, 2022. 336 с.
3. Комирная А. Н. Яйценоскость кур-несушек при использовании кормового концентрата на основе органических кислот // Инновации в производстве продуктов питания: от селекции животных до технологии пищевых производств: Материалы международной научно-практической конференции (пос. Персиановский, 8 февраля 2018 г.). пос. Персиановский: Донской государственный аграрный университет, 2018. С. 252–255. EDN YVWSFU.
4. Кочиш И. И., Капитонова Е. А., Никонов И. Н. и др. Оценка действия аутоштаммов молочнокислых бактерий на продуктивность цыплят-бройлеров // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2020. № 11. С. 42–48. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202011007. EDN SRAMHV.
5. Подобед Л. И., Брыло И. В., Капитонова Е. А. Особенности кормления сельскохозяйственных птиц. Минск: ИВЦ Минфина, 2023. 339 с.
6. Подобед Л. И., Кочиш И. И., Карпенко Л. Ю. и др. Кормление сельскохозяйственной птицы: учебное пособие для студентов. Ч. 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. 262 с. EDN SAPYXH.
7. Подобед Л. И., Кочиш И. И., Никонов И. Н. и др. Основы кормления сельскохозяйственной птицы с применением кормовых добавок, альтернативных антибиотикам. СПб.: ФГБОУ ВО СПбГАВМ, 2019. 302 с. EDN BYZDSB.
8. Подобед Л. И., Кочиш И. И., Сурай П. Ф. и др. Оперативный контроль и коррекция кормления высокопродуктивной птицы. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. 419 с. EDN FRTOП.
9. Суязова И. В., Суязов Ю. М. Эффективность применения органических кислот в кормлении кур-несушек // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Троицк, 16–17 декабря 2015 г.). Секция 2. Троицк: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. С. 278–281. EDN WNJRIZ.
10. Улимбашев М. Б., Голембовский В. В., Капитонова Е. А. и др. Технология производства и переработки продукции животноводства: учебное пособие. Ставрополь: Ставрополь-Сервис-Школа, 2024. 207 с.
11. Харитонова Д. И. Эффективность применения подкислителей в кормлении кур-несушек // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сборник статей по материалам ХСVII студенческой международной научно-практической конференции (Новосибирск, 22 февраля 2021 г.). Т. 2 (96). Новосибирск: ООО «Сибирская академическая книга», 2021. С. 4–11. EDN XNLKJI.
12. Хаустов В. Н. Кормление сельскохозяйственной птицы: учебное пособие. Барнаул: АГАУ, 2008. 271 с.
13. Царенко П. П., Васильева Л. Т. Методы оценки и повышения качества яиц сельскохозяйственной птицы: учебное пособие. СПб.: Лань, 2022. 280 с.
14. Чертков Д. Д., Колосов Ю. А. Технология производства продукции птицеводства: учебник. пос. Персиановский: Донской государственный аграрный университет, 2016. 267 с.
15. Чупина Л. В., Реймер В. А., Клемешова И. Ю. Птицеводство. Кормление сельскохозяйственной птицы: учебное пособие. Новосибирск: НГАУ, 2014. 134 с.
16. Щербатов Р. Е., Рязанов И. Г., Дельцов А. А. Микробиоценозы пищеварительного тракта птиц // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 8. С. 97–105. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202408011. EDN BSAKDG.

References

1. Bessarabov B. F., Krykanov A. A., Mogilda N. P. (2022) Technology of production of

- eggs and poultry meat on an industrial basis: a textbook. SPb.: Lan. 352 p. (In Russ.).
2. Gudin V. A., Lysov V. F., Maksimov V. I. (2022) Physiology and ethology of agricultural birds: a textbook. SPb.: Lan. 336 p. (In Russ.).
 3. Komirnaya A. N. (2018) Egg production of laying hens using feed concentrate based on organic acids // Innovations in food production: from animal breeding to food production technology: Proceedings of the international scientific and practical conference (Persianovsky, February 08, 2018). Persianovsky: Don State Agrarian University. Pp. 252–255. EDN YVWSFU (In Russ.).
 4. Kochish I. I., Kapitonova E. A., Nikonov I. N. et al. (2020) Evaluation of the effect of lactic acid bacteria autostrains on the productivity of broiler chickens. *Veterinary science, animal science and biotechnology*, no. 11, pp. 42–48. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202011007. EDN SRAMHV (In Russ.).
 5. Podobed L. I., Brylo I. V., Kapitonova E. A. (2023) Features of feeding agricultural birds. Minsk: IVC of the Ministry of Finance. 339 p. (In Russ.).
 6. Podobed L. I., Kochish I. I., Karpenko L. Yu. et al. (2023) Feeding of agricultural poultry: A textbook for students. Part 1. SPb.: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. 262 p. EDN SAPYXH (In Russ.).
 7. Podobed L. I., Kochish I. I., Nikonov I. N. (2019) Fundamentals of feeding agricultural poultry using feed additives alternative to antibiotics. SPb.: FGBOU VO SPb-GAVM. 302 p. EDN BYZDSB (In Russ.).
 8. Podobed L. I., Kochish I. I., Surai P. F. et al. (2020) Operational control and correction of feeding of highly productive poultry. SPb.: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. 419 p. EDN FRTOII (In Russ.).
 9. Suyazova I. V., Suyazov Yu. M. (2016) Efficiency of using organic acids in feeding laying hens // Young scientists in solving urgent problems of science: Proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists (Troitsk, December 16-17, 2015). Vol. 2. Troitsk: South Ural State Agrarian University. Pp. 278–281. EDN WNJRIZ (In Russ.).
 10. Ulimbashev M. B., Golembovsky V. V., Kapitonova E. A. et al. (2024) Technology of production and processing of livestock products: a textbook. Stavropol: Stavropol-Service-School. 207 p. (In Russ.).
 11. Kharitonova D. I. (2021) Efficiency of using acidifiers in feeding laying hens // Scientific community of students of the XXI century. Natural sciences: collection of articles based on the materials of the XCVII student international scientific and practical conference (Novosibirsk, February 22, 2021). Vol. 2 (96). Novosibirsk: Limited Liability Company «Siberian Academic Book». Pp. 4–11. EDN XNLKJI (In Russ.).
 12. Khaustov V. N. (2008) Feeding of agricultural poultry: a textbook. Barnaul: AGAU. 271 p. (In Russ.).
 13. Tsarenko P. P., Vasilyeva L. T. (2022) Methods for assessing and improving the quality of eggs of agricultural poultry: a tutorial. SPb.: Lan. 280 p. (In Russ.).
 14. Chertkov D. D., Kolosov Yu. A. (2016) Technology of production of poultry products: Textbook. pos. Persianovsky: Don State Agrarian University. 267 p. (In Russ.).
 15. Chupina L. V., Reimer V. A., Klemeshova I. Yu. (2014) Poultry farming. Feeding of agricultural poultry: a textbook. Novosibirsk: NGAU. 134 p. (In Russ.).
 16. Shcherbatov R. E., Ryazanov I. G., Deltsov A. A. (2024) Microbiocenoses of the digestive tract of birds. *Veterinary science, animal science and biotechnology*, no. 8, pp. 97–105. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202408011. EDN BCAKDG (In Russ.).

Информация об авторах:

И. Г. РЯЗАНОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой;

В. В. БЕЛОГУРОВ – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной хирургии;

Е. А. КАПИТОНОВА – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры и птицеводства имени А. К. Даниловой.

Information about the authors:

I. G. RYAZANOV – PhD in Agriculture, Associate Professor, Department of Zoohygiene and Poultry Farming named after A. K. Danilova;

V. V. BELOGUROV – PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Surgery;

E. A. KAPITONOVA – DSc in Biology, Associate Professor.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.04.2025; одобрена после рецензирования 22.04.2025; принята к публикации 27.04.2025.

The article was submitted 17.04.2025; approved after reviewing 22.04.2025; accepted for publication 27.04.2025.

Научная статья

УДК 636.5.085.11

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506110

Применение селеносодержащего препарата для профилактики смертности эмбрионов и повышения вывода цыплят

Иван Иванович Кочиш¹, Валерий Васильевич Нестеров²,
Елена Михайловна Коновалова³

^{1, 2, 3} Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹ kochish.i@mail.ru;

² nesterovv1@rambler.ru;

³ konovalova_zoogigiena@mgavm.ru

Автор, ответственный за переписку:

Елена Михайловна Коновалова, konovalova_zoogigiena@mgavm.ru

Аннотация

Результаты проведенного исследования показали, что трансвариальное применение раствора препарата «Селен-Актив®» оказало положительное влияние на эмбриогенез, а также на рост и развитие цыплят. При прединкубационной обработке яиц во всех опытных группах с использованием концентраций раствора препарата от 0,05 до 1,0 % с учетом отходов инкубации выводимость яиц и вывод кондиционных цыплят увеличились на 0,3–5,8 (88,3–93,8 %) и 2,2–9,7 % (82,7–90,0 %) соответственно по сравнению с контролем. Максимально достоверно вывод цыплят (+9,67 %) достигнут при обработке яиц 0,1 % раствором препарата. Во всех опытных группах наблюдалась положительная тенденция к интенсивному росту и развитию эмбрионов по сравнению с контрольной группой. Так, во 2-й опытной группе, обработанной 0,1 % раствором препарата, на 16-е сут достоверно превосходили контроль по длине и массе эмбриона на 5,2 и 4,7 % ($p < 0,05$), соответственно. При оценке цыплят в суточном возрасте установлено, что во 2-й опытной группе по комплексу показателей критерия качества шкалы «Пасгар» средний балл составил 9,6 против 8,6 в контроле, а качества шкалы «Оптистарт» – 9,6 против 8,4 ($p < 0,01$) в контроле. Таким образом, лучшие показатели трансвариального применения растворов препарата «Селен-Актив®» для профилактики смертности эмбрионов кур отмечены при прединкубационной обработке инкубационных яиц в концентрации 0,1 %.

Ключевые слова: трансвариальное применение, препарат «Селен-Актив®», инкубация, эмбрионы кур, отходы инкубации, выводимость яиц, вывод кондиционных цыплят

Для цитирования: Кочиш И. И., Нестеров В. В., Коновалова Е. М. Применение селеносодержащего препарата для профилактики смертности эмбрионов и повышения вывода цыплят // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 97–105. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506110>

The use of a selenium-containing drug to prevent embryo mortality and increase chick hatching

Ivan I. Kochish¹, Valery V. Nesterov², Elena M. Konovalova³

^{1, 2, 3} Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

¹ kochish.i@mail.ru;

² nesterovv1@rambler.ru;

³ konovalova_zoogigiena@mgavm.ru

Corresponding author:

Elena Mikhailovna Konovalova, konovalova_zoogigiena@mgavm.ru

Abstract

The results of the study showed that the transovarial application of the Selenium-active preparation solution had a positive effect on embryogenesis, as well as on the growth and development of chickens. During pre-incubation treatment of eggs in all experimental groups using concentrations of the drug solution from 0,05 to 1,0 %, taking into account incubation waste, egg hatchability and hatching of conditioned chickens increased by 0,3–5,8 % (88,3–93,8 %) and on 2,2–9,7 % (82,7–90,0 %) accordingly, compared with the control. The maximum reliable hatching of chickens (+ 9,67 %) was achieved by treating eggs with a 0,1 % solution of the drug. In all experimental groups, there was a positive trend towards intensive growth and development of embryos compared with the control group. So, in the second experimental group (treated with 0,1 % solution of the drug) on the 16th day, the embryo length and weight significantly exceeded the control by 5,2 % and 4,7 % ($p < 0,05$), respectively. When evaluating chickens at the age of one day, it was found that in the second experimental group

Keywords: transovarial use, Selenium-active preparation, incubation, chicken embryos, incubation waste, egg hatchability, hatching of conditioned chickens

For citation: Kochish I. I., Nesterov V. V., Konovalova E. M. (2025) The use of a selenium-containing drug to prevent embryo mortality and increase chick hatchery. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 97–105. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506110>

Введение. Современное птицеводство является быстроразвивающейся отраслью, которая активно использует высокие технологии, направленные на модернизацию технологического оснащения и переоборудования предприятий, увеличение объемов производства и повышение уровня биобезопасности производства птицеводческой продукции [12]. Важным звеном, определяющим результативность технологического цикла, является инкубация. Кроме негативных факторов, таких как непол-

ноценное кормление родительского стада, нарушение условий его содержания, длительное хранение яиц, сам процесс искусственной инкубации обуславливает многочисленные стрессы эмбрионов на всем протяжении технологического процесса. Все это определяет снижение рентабельности производства. Кроме того, из-за санкционированного ограничения ввоза в Россию пищевых продуктов снижение даже на несколько процентов производства мясной и яичной продукции может существенно

отразиться на показателях эффективности экономики страны и здоровье населения.

Многими учеными доказано, что организм на ранних этапах эмбриогенеза наиболее подвержен действию стресса [3–5]. Нарушения, происходящие в этот период в постнатальном онтогенезе, компенсировать в полной мере практически невозможно. Негативные изменения, происходящие в организме, обусловлены аномальной интенсификацией свободно-радикальных реакций и, как следствие, развитием гипогликемических, гипознергетических и гипоксических явлений, приводящих к деструктивным изменениям на уровне клеток, тканей, органов, целого организма, а порой и к гибели [11]. До сих пор учеными ведутся активный поиск и изучение биологически активных веществ, препаратов и антиоксидантов для выявления и применения наиболее эффективных сочетаний в птицеводстве.

В последнее время все чаще в ветеринарной и медицинской литературе появляются работы, посвященные исследованию воздействия на организм животных и человека различных многокомпонентных селеносодержащих препаратов, в том числе «Селен-Актив®», действующими веществами которого являются органическая форма селена (селексен) и витамин С [14, 16]. Доказано, что именно органические формы селена являются наиболее перспективными, поскольку большинство неорганических соединений обладает токсичностью. Влияние препарата «Селен-Актив®» на эмбриональное развитие кур в условиях оксидативного стресса, обусловленного несовершенством искусственной инкубации, представляет особый научный интерес не только с целью изучения, но и установления полезных биологических эффектов, являющихся следствием профилактики интенсификации свободно-радикальных реакций [7]. В связи с этим поиск эффективных, не оказывающих негативного влияния на инкубационные качества яиц и экологически безвредных препаратов, а также технологических приемов обработки поверхности скорлупы яиц продолжает оставаться чрезвычайно актуальным [6, 9].

Поэтому остается актуальной профилактика свободно-радикальной патологии,

смертности эмбрионов кур кросса «Хайсекс белый» и повышения жизнеспособности цыплят препаратом «Селен-Актив®». В состав препарата «Селен-Актив®» входит селексен в дозе 210 мкг (содержит 50 мкг селена), аскорбиновая кислота (витамин С) – 50 мг и сорбит – 200 мг.

Цель исследования. Изучить возможность профилактики и снижения свободно-радикальной патологии смертности эмбрионов кур и повышения жизнеспособности выведенных цыплят при использовании препарата «Селен-Актив®».

Для реализации цели были поставлены задачи по определению оптимальной концентрации раствора препарата «Селен-Актив®» для трансовариальной обработки инкубационных яиц кур кросса «Хайсекс белый», установлению эффективности применения для снижения отходов инкубации, повышения выводимости яиц, вывода кондиционных цыплят и жизнеспособности молодняка.

Материалы и методы. Исследования проведены в цехе инкубации ФГБУ СГЦ «Загорское ЭПХ» ФНЦ ВНИТИП (Сергиево-Посадский район Московской области) и в научной лаборатории кафедры зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой на инкубационных яйцах кур кросса «Хайсекс белый».

Обработку яиц водным раствором «Селен-Актив®» проводили аэрозольным методом – путем нанесения его на поверхность скорлупы яиц. В качестве материала для экспериментов использовали инкубационные яйца кур кросса «Хайсекс белый», полученные от кур-несушек родительского стада в возрасте 8–9 мес. В опытные и контрольные группы подбирали яйца от одного родительского стада с учетом массы и срока хранения. Яйца опытных и контрольных групп инкубировали при стандартных режимах в машинах модели ИУП-Ф-45, ИУВ-Ф-15-31. Режим инкубации яиц соответствовал стандарту отрасли 10 329 2003 «Яйца куриные инкубационные» ОСТ 46.186-85 «Инкубация яиц куриных, технологический процесс. Основные параметры».

Показатели качества яиц соответствовали нормативным требованиям к инкубаци-

онным яйцам яичных кур. Срок хранения яиц составил до 7 сут при температуре воздуха не выше $+12^{\circ}\text{C}$.

Для исследований были сформированы 5 опытных и 1 контрольная группы инкубационных яиц, отобранных по принципу аналогов, по 300 шт. в каждой (табл. 1). Перед закладкой в инкубатор опытные группы обрабатывали водным раствором испытуемого препарата в концентрациях от 0,05 до 1,0 %. Обработку проводили за 1 ч до закладки яиц в инкубатор при температуре $20\text{--}23^{\circ}\text{C}$. В контрольной группе яйца не обрабатывали.

Результаты исследования и обсуждение. Установлено, что в опытных группах наблюдалось снижение всех категорий отходов инкубации. Наиболее выраженный эффект установлен во 2-й опытной группе, где выводимость яиц и вывод цыплят

превосходили контрольную группу на 5,8 ($p < 0,05$) и 9,7 % ($p < 0,01$) соответственно. Следует отметить, что и в остальных опытных группах эти показатели увеличились от 0,3 до 5,02 % и от 5,2 до 8,0 % соответственно по сравнению с контролем (табл. 2).

Таблица 1

Схема опыта

Группа	Число инкуб. яиц, шт.	Концентрация раствора препарата «Селен-Актив®», %
Контрольная	300	–
1-я опытная	300	0,05
2-я опытная	300	0,1
3-я опытная	300	0,25
4-я опытная	300	0,5
5-я опытная	300	1,0

Таблица 2

Показатели биоконтроля инкубации, % ($n=300$)

Группа	Отходы инкубации					Выводимость, %	$\pm\Delta$	Вывод, %	$\pm\Delta$
	Неоплод	Кровяные кольца	Замершие	Задохли-ки	Слабые				
Контрольная	$8,00\pm 1,57$	$2,00\pm 0,81$	$4,67\pm 1,22$	$3,00\pm 0,98$	$2,00\pm 0,81$	$87,96\pm 1,92$	–	$80,33\pm 2,29$	–
1-я опытная	$5,00\pm 1,26$	$0,33\pm 0,33$	$4,00\pm 1,13$	$1,67\pm 0,74$	$0,33\pm 0,33$	$92,98\pm 1,47^*$	+5,02	$88,33\pm 1,85^*$	+8,00
2-я опытная	$4,00\pm 1,13$	$0,67\pm 0,47$	$2,67\pm 0,93$	$2,00\pm 0,81$	$0,67\pm 0,47$	$93,75\pm 1,40^*$	+5,79	$90,00\pm 1,73^{**}$	+9,67
3-я опытная	$3,33\pm 1,04$	$1,33\pm 0,66$	$4,33\pm 1,18$	$1,67\pm 0,74$	$1,33\pm 0,66$	$91,03\pm 1,65$	+3,07	$88,00\pm 1,88^*$	+7,67
4-я опытная	$2,00\pm 0,81$	$1,67\pm 0,74$	$4,33\pm 1,18$	$2,33\pm 0,87$	$1,00\pm 0,57$	$86,73\pm 1,96$	–1,23	$88,67\pm 1,83^*$	+8,34
5-я опытная	$6,33\pm 1,41$	$0,33\pm 0,33$	$5,00\pm 1,26$	$4,33\pm 1,18$	$1,33\pm 0,66$	$88,26\pm 1,86$	+0,3	$82,67\pm 2,19$	+2,24

Примечание: здесь и далее: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Как видно из данных табл. 2, лучшие показатели отмечены при обработке инкубационных яиц водным раствором испытуемого препарата в концентрации 0,1 %. Высокая эмбриональная жизнеспособность в опытных группах сопровождалась более высоким качеством развития эмбрионов.

Таким образом, установлено, что раствор препарата «Селен-Актив®» оказывает стимулирующее действие на эмбриогенез кур в широком диапазоне концентраций.

Литературные данные свидетельствуют о том, что биологическая роль селена заключается в формировании активных центров ферментов, ответственных за метаболизм аминокислот, перемещение электронов в дыхательных цепях, разрушение липопе-

рекисей [2]. Селен участвует во многих окислительно-восстановительных процессах, обладает антиоксидантным и антитокическим действиями. Препараты и кормовые добавки на основе селена способны проявлять синергизм с витаминами А и Е. Особенно успешно для профилактики оксидативного стресса селен используется в сочетаниях с витамином Е, который влияет на обмен белков, жиров и углеводов [1, 8, 13].

Р. Б. Темираев и др. [17] (2007) рекомендовали для повышения морфологических и инкубационных качеств яиц в комбикорм кур-несушек включать пробиотик в смеси с селенитом натрия и витамином Е.

Установлено, что биодоступность многих элементов выше, если они находятся

в составе органических соединений. Однако органические формы селена, такие как селенометионин, селеноцистеин, диацетонилселенид (ДАФС), незначительно отличаются по токсичности от неорганических соединений, обладают меньшей токсичностью, свойствами антиоксиданта и высокой липофильностью [10]. П. Сурай и В. И. Фининин [16] показали, что селенит натрия относится к так называемым соединениям ускоренного реагирования, т.е. способствует быстрому синтезу селенопротеинов в условиях селеновой недостаточности. Однако селенит не способен создавать резервы селена в тканях и должен поступать постоянно.

Кроме того, установлено, что органические соединения селена, в отличие от традиционного селенита натрия, эффективнее переносятся из корма в инкубационные яйца, а значит, и в развивающийся эмбрион [19]. Использование органических соединений селена представляет собой хорошую стратегию усиления антиоксидантной защиты птицы и повышения ее устойчивости к различным видам стресса. В научной литературе есть информация о том, что органические соединения селена в комбикормах для несушек могут оказывать длительное воздействие на потомство [18].

О. И. Севостьянова, В. Н. Шахова и др. [15] отмечают, что органическая форма селена в препарате «Сел-ПлексТМ», в отличие от неорганической формы микроэлемента, обладала лучшими результатами, которые сопровождалась положительной переваримостью питательных веществ, лучшему усвоению кальция, азота и фосфора. Следовательно, органическая форма селена более эффективно влияет на течение обменных процессов в организме птицы. Было уста-

новлено снижение показателей содержания тяжелых металлов в мышцах: свинца в 1,5 раза, кадмия – в 1,4, а в печени – в 2,5 и 2,1 раза соответственно. Следовательно, обогащение комбикормов селенометионином способствует выведению токсичных веществ и позволяет получить экологически чистую и безопасную продукцию птицеводства.

Наши результаты исследований в целом согласуются с выше представленными работами авторов, отличаются научной новизной и практической значимостью.

Установлено, что по степени развития аллантоиса (1 категория) все опытные группы превосходили контроль от 1,0 до 7,0 % (табл. 3).

Таблица 3

Категории яиц по степени замыкания аллантоиса на 12-е сут инкубации, % (n=100)

Группа	Категория		
	1	2	3
Контрольная	46	25	54
1-я опытная	49	22	29
2-я опытная	53	24	23
3-я опытная	51	25	24
4-я опытная	51	24	25
5-я опытная	47	25	28

Максимальное число яиц с эмбрионами 1-й категории развития (53 %) установлено во 2-й опытной группе, что обусловлено интенсивностью испарения воды и, как следствие, потерей массы яиц в процессе инкубации (см. табл. 3).

Динамика «усушки» яиц в первую половину инкубации во 2-й опытной группе была менее выражена, чем в контроле, а во вторую половину инкубации отмечалась тенденция к росту (табл. 4).

Таблица 4

Потеря массы яиц в процессе инкубации, n=10

Инкубация яиц, сут	Потеря массы яиц в процессе инкубации, %					
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
4	2,40	2,30	2,32	2,40	2,40	2,50
8	4,72	4,7	4,24	4,61	4,12	4,75
12	6,36	6,41	6,48	6,45	6,39	6,38
16	7,2	7,41	8,32	7,56	7,47	7,35

Таким образом, тенденция снижения потери массы яиц в процессе инкубации является позитивной и свидетельствует о полноценности и комфортности условий развития эмбрионов.

Своевременное замыкание аллантаоиса, динамика «усушки» яиц по периодам инкубации определили высокую интенсивность роста и развития эмбрионов (табл. 5).

Установлено, что рост и развитие эмбрионов во 2-й опытной группе на 16-е сут инкубации достоверно превосходили контрольную группу по длине и массе эмбрионов на 5,2 и на 4,7 % ($p < 0,05$) соответственно. Во всех остальных опытных группах наблюдалась положительная тенденция к интенсивному росту и развитию эмбрионов по сравнению с контрольной группой.

Таблица 5

Рост и развитие эмбрионов, $n=5$

Инкубация, сут	Показатель	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
4	Длина, мм	8,8±0,17	8,90±0,18	9,1±0,24	8,9±0,16	9,0±0,1	9,0±0,01
	Масса, г	0,05±0,004	0,06±0,007	0,06±0,007	0,05±0,003	0,05±0,003	0,05±0,002
8	Длина, мм	28,4±0,29	29,0±0,4	29,4±0,5	28,9±0,4	28,8±0,3	28,5±0,5
	Масса, г	1,1±0,03	1,14±0,004	1,16±0,017	1,14±0,006	1,15±0,01	1,14±0,02
12	Длина, мм	46,0±0,86	47,2±1,25	49,0±0,58*	47,7±0,4	48,4±0,9	46,5±0,5
	Масса, г	4,7±0,06	4,8±0,06	5,1±0,10**	4,9±0,07	5,00±0,05**	4,8±0,07
16	Длина, мм	78,3±0,62	79,0±0,75	82,4±1,28	81,4±1,85	82,2±1,5	80,4±2,0
	Масса, г	16,9±0,11	17,1±0,35	17,7±0,34*	17,5±0,4	17,5±0,4	17,1±0,5

Цыплят в суточном возрасте, полученных из обработанных инкубационных яиц препаратом «Селен-Актив®» в концентрации 0,1%, оценивали по шкале «Пасгар» и «Оптистарт» (табл. 6 и 7).

При оценке цыплят в суточном возрасте установлено, что во 2-й опытной группе по комплексу показателей критерия качества шкалы «Пасгар» средний балл составил 9,6 против 8,6 в контроле (табл. 6).

имели средний балл 9,6 против 8,4 ($p < 0,01$) в контрольной группе (табл. 7).

Таблица 7

Качество цыплят суточного возраста по шкале «Оптистарт», балл ($n=5$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	2-я опытная
Мышечный тонус шеи	1,8±0,24	2,0±0,00
Рефлекс поведения	1,4±0,20	2,0±0,00*
Пупочное кольцо	1,8±0,40	1,8±0,24
Клюв	2,0±0,00	2,0±0,00
Живот	1,6±0,24	1,8±0,20
Критерий «Оптистарт»	8,4±0,20	9,6±0,24**

Таблица 6

Качество цыплят суточного возраста по шкале «Пасгар», балл ($n=5$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	2-я опытная
Рефлекс поведения	1,4±0,2	2,0±0,0*
Пупочное кольцо	1,6±0,4	1,8±0,24
Плюсна и пальцы	2,0±0,0	2,0±0,0
Клюв	2,0±0,0	2,0±0,0
Живот	1,6±0,24	1,8±0,24
Критерий «Пасгар»	8,6±0,4	9,6±0,24

По критериям качества шкалы «Оптистарт» цыплята лучшей опытной группы

Как видно из данных табл. 7, молодняк в суточном возрасте во 2-й опытной группе по шкале «Пасгар» и «Оптистарт» превосходил контрольную группу на 1 и 1,2 балла ($p < 0,01$) соответственно.

Закключение. Таким образом, транс-вариальное применение изученных растворов препарата «Селен-Актив®» оказало положительное влияние на выводимость яиц, вывод кондиционных цыплят, их рост

и развитие независимо от концентрации раствора препарата.

При предынкубационной обработке яиц во всех опытных группах с учетом отходов инкубации выводимость яиц и вывод кондиционных цыплят увеличились на 0,3–5,8 (88,3–93,8 %) и 2,2–9,7 % (82,7–90,0 %) соответственно по сравнению с контролем. Максимальный достоверный вывод цыплят (+9,67 %) достигнут при обработке яиц 0,1 % раствором препарата. Во всех опытных группах наблюдалась положительная тенденция к интенсивному росту и развитию эмбрионов кур по сравнению с контрольной группой. Рост и развитие эмбрионов во 2-й опытной группе на 16-е сут инкубации достоверно превосходили контрольную по длине и массе эмбрионов на 5,2 и 4,7 % ($p < 0,05$) соответственно.

Таким образом, полученные данные указали на эффективную обработку инкубационных яиц кур водным 0,1 % раствором препарата «Селен-Актив®».

Список источников

1. Агуреева О. В., Азарнова Т. О., Максимов В. И. Значимость витагенных, антиоксидантных, обменостимулирующих свойств композиции тиоктата натрия и янтарной кислоты для адаптации эмбрионов к условиям искусственной инкубации // *Международный вестник ветеринарии*. 2022. № 3. С. 47–56.
2. Азарнова Т. О., Кочиш И. И., Богданова Д. Л. и др. Обработка инкубационного яйца препаратом селен-актив для повышения реактивности иммунной системы цыплят // *Ветеринария*. 2019. № 1. С. 16–21.
3. Азарнова Т. О., Резвых А. М., Кочиш И. И. и др. Влияние феруловой кислоты на эмбриогенез кур яичного направления продуктивности // *Сборник Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А. Г. Малахова*. М., 2024. С. 262–264.
4. Азарнова Т. О., Сидорова А. Ю., Позябин С. В. и др. Стимуляция энергосинтеза в организме куриных эмбрионов при использовании водорастворимой формы убихинона // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2023. № 3. С. 42–47.
5. Азарнова Т. О., Успенский С. В., Луговая И. С. Особенности развития оксидативного стресса у эмбрионов кур, полученных от старого и средневозрастного родительского стада при использовании цитохрома С // *Материалы XXI Международной конференции*. С. Посад, 2024. С. 741–745.
6. Азарнова Т. О., Шалаева А. Д., Луговая И. С. и др. Коррекция оксидативного стресса у эмбрионов кур, обусловленного условиями искусственной инкубации при использовании галловой кислоты // *Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Елец, 2023. С. 109–111.
7. Брендин Н. В., Крюков А. М., Блиноватов А. Ф. Перспективы применения селенопирана в птицеводстве // *Материалы Всероссийского научно-производственного семинара «Птицеводство России-проблемы, пути и их решения»*. Пенза, 1999. С. 55–56.
8. Кочиш И. И., Максимов В. И., Азарнова Т. О. и др. Органические кислоты в системе защиты эмбрионов кур от оксидативного стресса // *Физиология*. 2018. № 2 (1). С. 104–105.
9. Кочиш И. И., Нестеров В. В., Смирнов С. Л. Повышение продуктивности цыплят-бройлеров в условиях клеточного содержания путем применения пробиотика // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2020. № 10. С. 62–67.
10. Мармурова О. М., Котарев В. И., Слащилина Т. В. и др. Влияние селеноорганического препарата ДАФС-25 на уровень и продолжительность яйцекладки кур // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2012. № 1 (32). С. 66–68.
11. Монстакова Т. В., Азарнова Т. О., Кочиш И. И. Роль оптимизации метаболических процессов в системе снижения отходов инкубации // *Птицеводство*. 2020. № 7–8. С. 44–50.
12. Найденский М. С., Голунова М. В., Азарнова Т. О. и др. Сравнительный анализ

- стимулирующих эмбриогенез кур свойств янтарной кислоты и ее аммониевой соли // *Птицеводство*. 2021. № 3. С. 39–42.
13. Папазян Т. Т., Фисинин В. И., Сурай П. Ф. Взаимодействие между витамином Е и селеном: новый взгляд на старую проблему // *Птица и птицепродукты*. ВНИИПП. 2009. С. 35–40.
14. Прохорова Ю. В., Гавриков А. В. Влияние селена на организм птицы // *Птицеводство*. 2015. № 10. С. 9–11.
15. Севостьянова О. И., Шахова В. Н., Киреев И. В. и др. Перспективы применения селена в птицеводстве // *Ветеринария Кубани*. 2024. № 1. С. 25–30.
16. Сурай П. Ф., Фисинин В. И. Природные антиоксиданты в эмбриогенезе кур и защита от стрессов в постнатальном развитии (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2013. № 2. С. 3–18.
17. Темираев Р. Б. и др. Способ повышения качества мяса бройлеров // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2007. № 11. С. 23–24.
18. Surai P. F. Selenium in poultry nutrition: a new look at an old element. 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity // *World's Poultry Science*. 2014. Vol. 58 (3). Pp. 333–347.
19. Wang Zi-xu, Yao-xing Chen, Rui-ping She. Effect of zinc and selenium in diet on the IgA + cell in the gut of broiler // *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*. 2021. T. 37. No. 12. Pp. 1349–1352.
20. Azarnova T. O., Kochish I. I., Bogdanova D. L. et al. (2019) Treatment of incubation eggs with selenium-active to increase the reactivity of the immune system of chickens. *Veterinary medicine*, no. 1, Pp. 16–21 (In Russ).
21. Azarnova T. O., Rezvykh A. M., Kochish I. I. et al. (2024) The effect of ferulic acid on the embryogenesis of egg production chickens. *Collection of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of A. G. Malakhov*. Moscow. Pp. 262–264 (In Russ).
22. Azarnova T. O., Sidorova A. Yu., Pozyabin S. V. et al. (2023) Stimulation of energy synthesis in the body of chicken embryos using a water-soluble form of ubiquinone. *Veterinary, animal science, and biotechnology*, no. 3, pp. 42–47 (In Russ).
23. Azarnova T. O., Uspensky S. V., Lugovaya I. S. (2024) Features of the development of oxidative stress in chicken embryos obtained from an old and middle-aged parent flock using cytochrome C // *Proceedings of the XXI International Conference, S. Posad*. Pp. 741–745 (In Russ).
24. Azarnova T. O., Shalaeva A. D., Lugovaya I. S. et al. (2023) Correction of oxidative stress in chicken embryos caused by artificial incubation conditions using gallic acid // *Collection of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. Yelets*. Pp. 109–111 (In Russ).
25. Brandin N. V., Kryukov A. M., Blinokhvatov A. F. (1999) Prospects of using selenopyran in poultry farming // *Materials of the All-Russian scientific and production seminar «Poultry farming in Russia - problems, ways and their solutions»*. Penza. Pp. 55–56 (In Russ).
26. Kochish I. I., Maksimov V. I., Azarnova T. O. et al. (2018) Organic acids in the system of protection of chicken embryos from oxidative stress. *Physiology*, no. 2(1). Pp. 104–105 (In Russ).
27. Kochish I. I., Nesterov V. V., Smirnov S. L. (2020) Increasing the productivity of broiler chickens in conditions of cellular maintenance through the use of probiotics. *Veterinary, animal science, and biotechnology*, no. 10. Pp. 62–67 (In Russ).
28. Marmurova O. M., Kotarev V. I., Slashchilina T. V. et al. (2012) The effect of the selenium-organic drug DAFS-25 on the level and duration of oviposition of chickens. *Bulletin of the Voronezh State Agrar-*

References

1. Agureeva O. V., Azarnova T. O., Maksimov V. I. (2022) The importance of vitagenic, antioxidant, and metabolism-stimulating properties of the composition of sodium thioclate and succinic acid for embryo adaptation to artificial incubation conditions. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, no. 3. Pp. 47–56 (In Russ).
2. Azarnova T. O., Kochish I. I., Bogdanova D. L. et al. (2019) Treatment of incubation eggs with selenium-active to increase the reactivity of the immune system of chickens. *Veterinary medicine*, no. 1, Pp. 16–21 (In Russ).

- ian University, no. 1 (32). Pp. 66–68 (In Russ).
11. Monstakova T. V., Azarnova T. O., Kochish I. I. (2020) The role of optimizing metabolic processes in the system of reducing incubation waste. *Poultry farming*, no. 7–8, pp. 44–50 (In Russ).
 12. Naidensky M. S., Golunova M. V., Azarnova T. O. et al. (2021) Comparative analysis of properties of succinic acid and its ammonium salt stimulating chicken embryogenesis. *Poultry farming*, no. 3, pp. 39–42 (In Russ).
 13. Papazyan T. T., Fisinin V. I., Surai P. F., (2009) The interaction between vitamin E and selenium: a new look at an old problem // *Poultry and poultry products*. VNIIP. Pp. 35–40. (In Russ).
 14. Prokhorova Yu. V., Gavrikov A. V. (2015) The effect of selenium on the bird's body. *Poultry farming*, no. 10, pp. 9–11 (In Russ).
 15. Sevostyanova O. I., Shakhova V. N., Kireev I. V. et al. (2024) Prospects of selenium application in poultry farming. *Veterinary medicine of Kuban*, no. 1, pp. 25–30 (In Russ).
 16. Surai P. F., Fisinin V. I. (2013) Natural antioxidants in chicken embryogenesis and protection from stress in postnatal development (review). *Agricultural Biology*, no. 2, pp. 3–18 (In Russ).
 17. Temiraev R. B. et al. (2007) A way to improve the quality of broiler meat. *Storage and processing of agricultural raw materials*, no. 11, pp. 23–24 (In Russ).
 18. Surai P. F. (2014) Selenium in poultry nutrition: a new look at an old element. 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. *World's Poultry Science*. vol. 58 (3), pp. 333–347.
 19. Wang Zi-xu, Yao-xing Chen, Rui-ping She (2021) Effect of zinc and selenium in diet on the IgA + cell in the gut of broiler. *Acta Veterinaria et Zootechnical Sinica*, vol. 37, no. 12, pp. 1349–1352.

Информация об авторах:

И. И. КОЧИШ – академик РАН, заведующий кафедрой зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой;

В. В. НЕСТЕРОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой;

Е. М. КОНОВАЛОВА – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой.

Information about the authors:

I. I. KOCHISH – Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Animal Hygiene and Poultry Breeding named after A. K. Danilova;

V. V. NESTEROV – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Hygiene and Poultry Breeding named after A. K. Danilova;

E. M. KONOVALOVA – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Hygiene and Poultry Breeding named after A. K. Danilova.

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 18.04.2025; одобрена после рецензирования 23.04.2025; принята к публикации 28.04.2025.

The article was submitted 18.04.2025; approved after reviewing 23.04.2025; accepted for publication 28.04.2025.

Научная статья

УДК 636.32/.38.082.22

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506111

Шерстная и овчинно-шубная продуктивность овец романовской породы белорусской селекции

Олег Викторович Заяц¹, Елена Алевтиновна Капитонова²,
Ольга Алексеевна Яцына³, Надежда Леонтьевна Фурс⁴,
Елизавета Александровна Суялко⁵

^{1,3,4,5} Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная
академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

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

¹ o-zov-t@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-6591-0553;

² kapitonovalena1110@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-4307-8433;

³ ORCID ID 0000-0002-7844-9460;

⁴ nadiafurs@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-8665-8476

Авторы, ответственные за переписку: Олег Викторович Заяц, o-zov-t@mail.ru,
Елена Алевтиновна Капитонова, kapitonovalena1110@mail.ru

Аннотация

На современном этапе развития овцеводства основной задачей является рациональное использование биологических возможностей овец для производства экономически выгодной товарной продукции. Романовская порода овец занимает особое место по продуктивным качествам среди многочисленных пород овец, разводимых в Республике Беларусь. Порода обладает самой высокой плодовитостью среди грубошерстных пород, полиэстричностью, оптимальной живой массой, хорошими вкусовыми качествами мяса. Шубные качества романовской породы овец считаются показательными для всех шубных пород. Оценка шубных качеств является неотъемлемой частью при изучении продуктивных показателей овец романовской породы. Анализ данных показал, что наиболее длинные шерстные волокна отмечались у баранов, по которым они превосходили овцематок соответственно на 5,5 и 14,0 %. Длина шерстных волокон баранчиков в возрасте 12 мес. имеет аналогичные различия по сравнению с ярочками того же возраста. При этом овцы всех исследуемых половозрастных групп имеют желательный тип количественного соотношения ости и пуха. Так, у взрослых овец романовской породы на одно остьевое волокно приходится в среднем 5 пуховых волокон у баранов, у маток – 8. У молодняка отмечается более широкое соотношение пуховых и остевых волокон (соответственно 1:6 и 1:7).

Ключевые слова: романовская порода овец, шубные качества овчины, баранчики, ярочки

Для цитирования: Заяц О. В., Капитонова Е. А., Яцына О. А. и др. Шерстная и овчинно-шубная продуктивность овец романовской породы белорусской селекции // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 106–117. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506111>

Wool and sheepskin-coat productivity of sheep romanov breed of belarusian breeding

Aleh V. Zayats¹, Elena A. Kapitonova², Volha A. Yatsyna³,
Nadzeya L. Furs⁴, Elizaveta A. Suyalka⁵

^{1, 3, 4, 5} Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

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

¹ o-zov-t@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-6591-0553;

² kapitonovalena1110@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-4307-8433;

³ ORCID ID 0000-0002-7844-9460;

⁴ nadiafurs@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-8665-8476

Corresponding author: Aleh V. Zayats, o-zov-t@mail.ru,
Elena A. Kapitonova, kapitonovalena1110@mail.ru

Abstract

At the present stage of sheep breeding development, the main task is the rational use of the biological capabilities of sheep for the production of economically profitable marketable products. The Romanov sheep breed occupies a special place in terms of productive qualities among the numerous sheep breeds bred in the Republic of Belarus. The breed has the highest fecundity among coarse-haired breeds, polyestericity, optimal live weight, and good taste qualities of meat. The fur qualities of the Romanov sheep breed are considered indicative of all fur breeds. The assessment of fur qualities is an integral part of the study of the productive performance of Romanov sheep. Analysis of the data showed that the longest wool fibers were found in sheep, in which they outperformed ewes by 5.5 and 14.0%, respectively. The length of the wool fibers of sheep at the age of 12 months has similar differences compared with sheep of the same age. At the same time, sheep of all the studied sex and age groups have a desirable type of quantitative ratio of awn and down, so in adult sheep of the Romanov breed, on average, rams have 5 and queens have 8 down fibers per fiber. The young animals have a wider ratio of down and outer fibers (1:6 and 1:7, respectively).

Keywords: Romanov breed of sheep, sheepskin coat qualities, male lamb, ewe lambs

For citation: Zayats A. V., Kapitonova E. A., Yatsyna V. A. et al. (2025) Wool and sheepskin-coat productivity of sheep romanov breed of belarusian breeding. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 106–117. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506111>

Введение. Овцеводство как одна из отраслей животноводства всегда являлось неотъемлемой частью народнохозяйственного комплекса Республики Беларусь. Овцеводство является важным и специфическим звеном в животноводстве, которое производит большое количество разнообразной продукции: баранина, ягнятина, молоко, жировое сырье, шерсть различного назначения, шубно-меховое и кожевенное сырье [2, 3, 8].

Развитие овцеводства в современных экономических условиях определяется главным образом его эффективностью и конкурентоспособностью. Известно, что овцеводческая отрасль экономически выгодна при одновременном производстве шерсти, овчин и мяса [9].

В Республике Беларусь овцеводство развивается по двум основным направлениям – мясо-шубное и мясо-шерстное [6]. Мясо-шубное овцеводство в Республике Бела-

русь представлено в основном романовской породой овец. Романовская порода овец занимает особое положение среди многочисленных типов грубошерстных овец. Она обладает высокой плодовитостью и полиэстричностью, мясо ее отличается хорошими вкусовыми качествами, а шерсть очень прочна и не свойлачивается в овчине [5].

Одно из важных направлений, в котором развивается романовское овцеводство, – овчинно-шубное. Романовские овчины по товарным и технологическим качествам являются лучшим шубным сырьем. Ценность их определяется хорошими теплозащитными свойствами, прочностью меха и кожаной ткани, легкостью овчин. Качественные особенности овчин романовской породы обусловлены своеобразным гистологическим строением кожи, повышенной толщиной эластичного слоя кожи, своеобразным переплетением коллагеновых волокон и их густотой [4, 7].

В связи с этим сохранение и совершенствование шубно-мясной романовской породы овец в условиях Республики Беларусь на современном этапе является актуальным. Это обусловлено ее высокими воспроизводительными качествами и использованием породы в селекционной работе по улучшению показателя многоплодности других пород овец. При этом порода обладает собственными хорошими мясными и шубными качествами.

Цель исследования. Определить шубные качества у овец романовской породы белорусской селекции.

Материалы и методы. Для сравнительного изучения шубных качеств были отобраны племенные полновозрастные животные и молодняк разных генеалогических групп романовской породы овец. Все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления. Оценка шубных качеств была проведена согласно Зоотехническим правилам оценки овец шубно-мясной породы белорусской селекции [1].

В ходе исследований были изучены прижизненные показатели длины шерсти, величины завитка, густоты шерсти, уравниности шерсти по руно, наличие переходных волокон, оброслость брюха, определе-

на группа овчин. Оценка шубных качеств у овец проводилась в возрасте 6, 8 и 12 мес. у полновозрастных животных и через 3,5 мес. после стрижки.

Длина ости и пуха определялась в развернутой шерсти на боку линейкой с точностью до 0,5 см в расправленном без вытягивания состоянии. Длина шерсти при жизни животного определялась по линии бочка. На овчинах измерение производили по линии, расположенной на расстоянии 1/2 ширины от линии хребта и 2/3 от края овчины (полы).

Тонина ости и пуха определялась визуально на бочке животных с использованием эталонов. Тонина волокон определялась глазомерно, в развернутом руно на бочке, по волокнам преобладающей тонины. Для этого пользовались эталонами тонины. Густота шерсти определялась на основных частях руна: боку, спине, лопатке, брюхе. Густоту шерсти оценивали визуально по ширине кожного шва. Если при развороте ширина кожного шва составляла до 2 мм, шерсть оценивалась как густая; если ширина кожного шва 2–3 мм – удовлетворительная; при ширине кожного шва более 3 мм – редкая.

Соотношение количества ости и пуха определяют глазомерно на боку по цвету развернутого руна. Уравниность определяется глазомерно по однородности цвета развернутой шерсти, по наружному завитку на лопатке, бочке и ляжке.

По полученным результатам оцениваемых признаков были рассчитаны средние показатели с ошибкой средней величины и коэффициент вариации, а также произведена балльная оценка с последующим их ранжированием, соответствующим определенному комплексному индексу племенной ценности животного в процентах.

Полученные результаты исследований обработаны биометрически с использованием компьютерной программы MS Excel методом вариационной статистики.

Результаты исследования. Одной из составляющих оценки романовской породы по фенотипу является оценка по показателям шубных качеств. Шубные свойства овчин романовских овец считаются непревзойденными в мировой практике овцевод-

ства и обусловлены удачным соотношением пуха и ости по длине и количеству, легкостью и прочностью мездры. Основная селекционная работа с породой по сохранению этих свойств направлена на определение группы овчин и отбор особей с хорошо уравненным шерстным покровом по руно, высокой оброслостью брюха шерстью, отсутствием перерастающих пух переходных волокон в шерстном покрове.

Шубные качества овчин учитывают количественные и качественные показатели

шерсти и кожаной ткани. Основными показателями, определяющими качество получаемых овчин, являются показатели шерстного покрова овчин.

Шерсть романовских овец имеет четко выраженную зону черных остевых волокон и зону перерастающего по длине над остью пуха светло-серого цвета с оттенком голубизны в общей массе шерсти.

Данные показателей длины и тонины шерстных волокон разных половозрастных групп овец приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели шерстной продуктивности овец романовской породы белорусской селекции

Показатель	Длина ости, см	Длина пуха, см	Тонина ости, мкм	Тонина пуха, мкм
<i>Бараны-производители, n=10</i>				
$\bar{X} \pm S_x$	3,81±0,30	6,52±0,49	89,44±7,50	27,55±2,37
$Cv \pm cv$	7,87±0,62	7,51±0,55	8,39±0,60	8,60±0,71
<i>Овцематки, n=19</i>				
$\bar{X} \pm S_x$	3,61±0,28	5,72±0,65	83,33±9,04	24,19±2,64
$Cv \pm cv$	7,76±0,49	11,36±0,91	10,85±0,90	10,91±0,77
<i>Баранчики 12 мес., n=21</i>				
$\bar{X} \pm S_x$	3,61±0,27	6,09±0,68	87,12±8,23	26,43±2,43
$Cv \pm cv$	7,48±0,62	11,17±1,02	9,44±0,70	9,19±2,43
<i>Ярочки 12 мес., n=27</i>				
$\bar{X} \pm S_x$	3,32±0,25	5,38±0,71	80,12±9,56	23,57±2,12
$Cv \pm cv$	7,53±0,54	13,20±1,02	11,93±0,88	9,00±0,78
<i>Ягнята 6 мес., n=25</i>				
$\bar{X} \pm S_x$	3,11±0,26	6,52±0,41	79,11±8,16	21,28±2,41
$Cv \pm cv$	8,36±0,71	6,29±0,55	10,31±0,80	11,33±1,02

Длина шерстных волокон разных фракций у животных в зависимости от пола и возраста имеет различия, обусловленные скоростью роста и полом особей. Так, наибольшая длина остевых и пуховых волокон была установлена у баранов, по которым они превосходили овцематок соответственно на 5,5 и 14,0 %. Длина шерстных волокон баранчиков в возрасте 12 мес. имеет аналогичные различия по сравнению с ярочками того же возраста.

Длина остевых и пуховых волокон по всем половозрастным группам животных соответствовала минимальным требованиям романовской породы. Так, длина пуха в среднем превышала ость на 2,71–2,48 см у баранов и баранчиков и на 2,11–2,06 см у маток и ярков. Перерослость пуха над остью в среднем соответствовала минималь-

ным показателям для животных с оценкой «лучшие».

При изучении тонины пуха и ости было установлено, что они соответствуют требованиям породы.

Известно, что тонина волокон влияет на их прочность, густоту, зависит от категории и строения волоса, что, в свою очередь, сказывается на теплозащитных свойствах овчин. Результаты измерения тонины пуха показали, что пуховый волос в шерсти баранов и баранчиков на 2,29–3,36 мкм толще (12,1–13,8 %), чем у овцематок и ярочек. Разница между крайними вариантами на разных топографических участках овчин внутри групп крайне мала, что свидетельствует о высокой степени уравненности пуха в шерстном покрове овчин независимо от их половозрастного состава. Поэтому

при визуальном осмотре разворота шерсти на лопатке, бочке, ляжке у баранов и маток различий по цвету установлено не было, что указывает на высокую уравненность шерсти по тонине и длине в пределах топографии шерстного покрова. У баранчиков в возрасте 12 мес. было установлено незначительное отличие по цвету разворота руна на ляжке, где у 10 % животных цвет шерстного покрова был чуть темнее, чем на лопатке и бочке, что связано не с различием тонины ости, а ее соотношением к пуху. Такое отклонение не влияет на качество овчин при установлении такого показателя, как группа овчин.

Согласно средним показателям для романовской породы тонина ости должна составлять 60–90 мкм. Тонина остевых волокон у овец находилась в интервале от 70,0 до 90,0 мкм. Тонина пуха, характерная для породы, составляет 20–27 мкм, а у изученной группы животных белорусской селекции она

составила: у маток – 24,19; у баранов – 27,55 мкм. Пух, имеющий тонину ниже средней границы показателя, имеет меньшую упругость и более склонен к свалинности в верхней части шерстного покрова, которая не поддается расчесыванию. Соответственно, это ухудшает качество овчин. В этом случае их относят ко второй группе овчин.

В изученной выборке половозрастных групп овец романовской породы коэффициент вариации по тонине и длине пуха и ости колебался в пределах 6,3–13,2 %. Это указывает на достаточно высокую уравненность шерсти по длине и тонине и подтверждает визуальную оценку шерстного покрова оцениваемых животных.

По результатам показателей шерстной продуктивности овец романовской породы белорусской селекции нами была проведена оценка согласно зоотехническим правилам оценки овец шубно-мясной породы белорусской селекции (табл. 2).

Таблица 2

Оценка шерстной продуктивности овец романовской породы белорусской селекции, балл

Показатель	Длина ости	Длина пуха	Тонина ости	Тонина пуха
<i>Бараны, n=10</i>				
X±Sx	9,51±0,72	9,80±0,68	9,63±0,80	9,52±0,82
Cv±cv	7,57±0,33	6,94±0,21	8,30±0,43	8,61±0,35
<i>Овцематки, n=19</i>				
X±Sx	9,28±0,89	9,57±0,81	9,41±0,92	9,24±0,80
Cv±cv	9,59±0,42	8,46±0,40	9,78±0,49	8,66±0,43
<i>Баранчики 12 мес., n=21</i>				
X±Sx	9,21±0,69	8,89±0,83	9,22±0,60	9,41±0,79
Cv±cv	7,49±0,61	9,34±0,30	6,51±0,54	8,40±0,52
<i>Ярочки 12 мес., n=27</i>				
X±Sx	9,08±0,63	9,43±0,52	9,02±0,74	9,31±0,68
Cv±cv	6,94±0,76	5,51±0,64	8,20±0,50	7,30±0,61

Лучшие результаты за длину ости и пуха, а также за тонину пуха и ости получили бараны. Так, их превосходство над матками за длину ости и пуха составило 0,23 балла, или 2,5 %. За тонину ости – 0,22 балла, или 2,3 %; тонину пуха – 0,28 балла, или 3,0 %. Такая же тенденция по различиям отмечена между баранчиками и ярочками в 12 мес.

У романовских овец большое значение имеет соотношение ости и пуха как специ-

фический признак для шубных овчин, где основными качествами являются соотношение пуховых волокон к остевым, длина шерсти и величина завитка. Эти признаки определяют упругость шерстного покрова овчин и их износостойкость. Длина шерсти определяет ценность овчины. По этому показателю овчины классифицируют на шерстные, бесшерстные и низкошерстные.

Таблица 3

Количественные показатели шерстной продуктивности овец
романовской породы белорусской селекции

Показатель	Длина шерсти, см	Величина завитка, см	Соотношение ости и пуха, шт.
<i>Бараны, n=10</i>			
X±Sx	6,83±0,49	1,21±0,13	1:5
Cv±cv	7,17±0,62	10,74±0,73	–
<i>Овцематки, романовская порода, n=19</i>			
X±Sx	6,11±0,52	1,12±0,11	1:8
Cv±cv	8,51±0,85	9,82±0,81	–
<i>Баранчики 12 мес., n=21</i>			
X±Sx	5,79±0,38	0,91±0,08	1:6
Cv±cv	6,56±0,34	8,79±0,61	–
<i>Ярочки 12 мес., n=27</i>			
X±Sx	5,93±0,41	0,73±0,06	1:7
Cv±cv	6,91±0,43	8,22±0,73	–
<i>Ягнята 6 мес., n=25</i>			
X±Sx	6,87±0,41	–	1:9
Cv±cv	5,97±0,39	–	–

Лучшим соотношением ости и пуха у романовских овец крепкого типа следует считать 1:5–1:7, но допускается узкое соотношение 1:4 и широкое соотношение 1:10 при встречающемся соотношении 1:4 и 1:10 для овец романовской породы.

Анализируя данные по шубным качествам овец различных половозрастных групп романовской породы, следует отметить, что все оцениваемые животные отнесены к желательному типу породы (табл. 3). Изучение морфологического состава шерсти показало, что у взрослых овец романовской породы на одно остьевое волокно приходится в среднем: у баранов – 5 пуховых волокон, а у маток – 8. Шерстный покров овцематок при соотношении 1:8 ости и пуха имеет более выраженную мягкость. У молодняка отмечалось более широкое соотношение пуховых и остевых волокон (соответственно 1:6 и 1:7). У молодняка в возрасте 6 мес. шерстный покров более мягкий из-за широкого соотношения ости и пуха, что характерно для поярковой шерсти. Характер шерстного покрова у молодняка после стрижки поярковой шерсти меняется с возрастом в сторону более узкого соотношения, характерного для взрослых животных. Но именно такой шерстный покров определяет ценность поярковой овчины, которую получают от ягнят, выращиваемых на мясо.

Еще один важный показатель, характеризующий шубную продуктивность овец, – величина завитка. Поскольку пух – тонкое и менее упругое волокно, то, перерастая ость, он склонен к сваланности. Поэтому селекция велась на формирование упругого завитка, препятствующего сваланности верхнего покрова шерсти овчин, и придание красоты шерстному покрову шубного изделия. У овец романовской породы это селекционируемый признак. Слишком крупный и малый завитки снижают ценность овчины. Нормальным считается средний завиток размером 6–12 мм.

Величина завитка на руне изучаемой группы взрослых овец находилась в пределах 1,12–1,21 см, у молодняка в возрасте 12 мес. – 0,73–0,91 мм. Величина завитка как у взрослых особей, так и у молодняка соответствовала завитку средней величины.

Качественные свойства романовских овчин определяются такими показателями шерсти, как густота шерстного покрова, оброслость рунной шерстью брюха, уравнивание руна по длине и тонине волокон, наличие переходных волокон в руне.

Показатели шубных качеств овец романовской породы белорусской селекции представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Показатели шубных качеств овец романовской породы белорусской селекции

Густота шерсти			Уравненность шерсти по руно			Наличие переходных волос			Оброслость брюха			Группа овец		
Условное обозначение	Овца, гол.	%	Условное обозначение	Овца, гол.	%	Условное обозначение	Овца, гол.	%	Условное обозначение	Овца, гол.	%	Условное обозначение	Овца, гол.	%
<i>Бараны, романовская порода, n=10</i>														
ГГ	13	81,3	У+	14	87,5	ПО	15	93,7	Об+	13	81,3	1	15	93,8
Г	3	18,8	У	2	12,5	П	1	6,3	Об	2	12,4	2	1	6,3
ГР	–	–	У–	–	–	–	–	–	Об–	1	6,3	–	–	–
<i>Овцематки, романовская порода, n=19</i>														
ГГ	40	90,9	У+	39	88,6	ПО	43	97,7	Об+	37	84,1	1	38	88,6
Г	4	9,1	У	4	9,1	П	1	2,3	Об	6	13,6	2	6	11,4
ГР	–	–	У–	1	2,3	–	–	–	Об–	1	2,3	–	–	–
<i>Баранчики 12 мес., романовская порода, n=21</i>														
ГГ	16	88,9	У+	16	88,9	ПО	18	100,0	Об+	16	88,8	1	16	88,9
Г	2	11,1	У	1	5,6	П	–	–	Об	1	5,6	2	2	11,1
ГР	–	–	У–	1	5,6	–	–	–	Об–	1	5,6	–	–	–
<i>Ярочки 12 мес., романовская порода, n=27</i>														
ГГ	29	85,3	У+	32	88,9	ПО	33	97,1	Об+	30	87,8	1	31	91,2
Г	4	11,8	У	4	11,1	П	1	2,9	Об	2	6,1	2	3	8,8
ГР	1	2,9	У–	–	–	–	–	–	Об–	2	6,1	–	–	–
<i>Ягнята 6 мес., романовская порода, n=25</i>														
ГГ	2	5,6	У+	32	88,8	ПО	36	100,0	Об+	34	94,4	1	32	88,9
Г	29	80,6	У	2	5,6	П	–	–	Об	2	5,6	2	4	11,1
ГР	5	13,9	У–	2	5,6	–	–	–	Об–	–	–	–	–	–

Примечание: ГГ – густая шерсть; Г – удовлетворительная по густоте; Р – редкая шерсть; В+ – величина завитка, средний завиток; В – величина завитка, мелкий завиток; В– – величина завитка, крупный завиток; У+ – руно уравнено по длине и толщине ости, пуха, а также количественному соотношению ости к пуху; У – руно уравнено по количественному соотношению по толщине волокон, но не уравнено по длине ости и пуха; У– – руно уравнено по длине и толщине ости и пуха, но не уравнено по количественному соотношению ости и пуха; Об+ – оброслость брюха шерстью отличная; Об – оброслость хорошая; Об– – оброслость удовлетворительная; ПО – переходной волос отсутствует; П – переходной волос имеется.

Уравненность руна в романовском овцеводстве имеет значение, поскольку руно состоит из двух фракций шерстных волокон. Во-первых, шерстный покров должен быть уравнен по соотношению длины ости и пуха по всей площади туловища животного и соответственно площади получаемой овчины; во-вторых, уравненность по тонине ости и пуха. Если шерстный покров основной части руна будет иметь неуравненные участки по обоим или одному из этих признаков, то снижается качество овчин как шубного сырья.

Проведенная оценка шубных качеств овец романовской породы показала, что численность животных во всех исследуемых группах с уравненной шерстью составила 87,5–88,9 % (табл. 4). Количество животных с неуравненным руном по количественному соотношению ости и пуха, а также по длине ости и пуха составило 11,1–12,5 % от общего числа. Наиболее стабильный показатель «число животных с уравненной рунной шерстью» отмечен для групп баранчиков и ярок в возрасте 12 мес. – 88,9 %.

Оброслость рунной шерстью оценивается на брюхе животного. Если брюхо животного максимально покрыто шерстью и имеет небольшие участки пежин в области паха и грудины, то это увеличивает качественный выход товарной овчины. Иногда при проведении племенной оценки в стаде встречаются животные с кроющим волосом по всему животу или только в области паха (пежины), что снижает качество и уменьшает полезную площадь получаемой овчины, которая идет на шубные изделия. В стаде могут быть животные с большими паховыми кольцами, на которых отсутствуют шерстные волокна. Такие животные выбраковываются из стада. Изучение оброслости брюха шерстью показало, что по всем половозрастным группам число овец с отличной оброслостью было 81,3–94,4 %. Максимальная оброслость установлена в группе 6-месячных ягнят. Число животных с хорошей оброслостью в среднем по всем группам было в пределах 5,6–13,6 %. В группе овцематок было больше всего животных с хорошей оброслостью – 13,6 %. Число овец с удовлетворительной оброслостью по всем

исследуемым группам колебалось от 2,3 до 5,6 %. Наибольшее число животных с удовлетворительной оброслостью наблюдалось в группе баранов, а в группе ягнят в возрасте 6 мес. такие животные отсутствовали. Высокие показатели оброслости брюха шерстью подтверждают сохранение и высокую направленность отбора по этому показателю у овец романовской породы белорусской селекции.

Важным показателем, определяющим ценность овчин овец романовской породы, является густота шерсти, которая находится в прямой связи с развитием первичных и вторичных фолликулов. В проведенных исследованиях по шерстным качествам было установлено, что у 81,3 % баранчиков и 90,9 % овцематок шерсть была оценена как «густая». Среди взрослых овец и баранчиков животных с редкой шерстью не было установлено, что указывает на высокую степень наследуемости высокого уровня по данному признаку и системный отбор овец романовской породы белорусской селекции по густоте шерсти. В группе ярок у 2,9 % животных густота шерсти была оценена как «редкая». Менее густая шерсть наблюдалась у молодняка в возрасте 6 мес.; 80,6 % ягнят в изучаемой группе имели оценку «удовлетворительная густота» шерсти, что характерно для поярковой шерсти из-за меньшего числа волос на 1 см² площади шкуры.

При комплексной оценке показателей шубных качеств и определении группы овчин было установлено, что в группе баранов – 93,8 и овцематок – 88,6 % имели высокие показатели шубных качеств, им была установлена 1-я группа овчин. Животные, имевшие низкие показатели оброслости брюха шерстью, уравненности шерсти по руно и редкую шерсть, получили комплексную оценку с установлением 2-й группы овчин. Так, среди овцематок, баранчиков и ягнят 2-ю группу овчин установили в среднем для 11,1–11,4 % животных. В группе баранов и ярок 2-ю группу овчин установили для 6,3 и 8,8 % гол. соответственно. Следовательно, шубные качества овец шубно-мясной породы белорусской селекции имели высокие показатели, что позволяет получать от них шубные овчины хорошего качества.

Таблица 5

Оценка шубных качеств овцематок и баранов-производителей шубно-мясной породы белорусской селекции, балл

Показатель	Соотношение ости и пуха	Густота шерсти	Уравненность шерсти по руно	Наличие переходных волос	Оброслость брюха	Группа овчины
<i>Бараны, романовская порода, n=10</i>						
X±Sx	9,50±0,50	8,93±1,02	8,75±1,12	9,06±1,13	9,25±0,80	9,24±0,72
Cv±cv	5,26±0,33	11,4±0,90	12,8±1,01	12,47±1,00	8,65±0,77	7,79±0,66
<i>Овцематки, романовская порода, n=19</i>						
X±Sx	7,80±0,45	8,97±1,00	8,98±1,04	8,73±0,96	9,11±0,90	9,09±0,89
Cv±cv	5,77±0,38	11,15±0,92	11,58±0,74	10,99±1,00	9,88±0,97	9,79±0,77
<i>Баранчики 12 мес., романовская порода n=21</i>						
X±Sx	7,75±0,51	9,00±0,50	8,89±0,77	8,80±1,02	9,10±0,72	9,18±0,63
Cv±cv	6,58±0,42	5,56±0,43	8,66±0,81	11,59±0,90	7,91±0,40	6,86±0,55
<i>Ярочки 12 мес., романовская порода, n=27</i>						
X±Sx	7,80±0,54	8,96±0,80	8,89±0,77	8,92±0,86	8,91±0,95	9,03±0,73
Cv±cv	6,92±0,34	8,93±0,78	8,67±0,88	9,64±0,96	10,66±0,87	8,08±0,76
<i>Ягнята 6 мес., романовская порода, n=25</i>						
X±Sx	5,50±0,38	8,15±0,83	8,79±0,81	9,02±0,76	9,00±0,67	9,17±0,71
Cv±cv	6,90±0,58	10,18±0,71	9,22±0,69	8,43±0,78	7,44±0,60	7,74±0,78

При оценке шубных качеств (табл. 5) было установлено, что максимальные баллы за соотношение ости и пуха, наличие переходных волос, оброслость брюха и 1-ю группу овчин получили бараны. Так, за соотношение ости пуха средний балл у баранов составил 9,5, что больше, чем у овцематок, баранчиков и ярочек на 21,8–22,5 %. У баранов, за отсутствие переходных волос, балл выше на 1,6–3,8 %, чем у остальных половозрастных групп. В группах у баранов, баранчиков и маток есть единичные случаи с наличием переходного волоса на ляжке у животных, и эти животные получили при оценке 2-ю группу овчин. По оброслости брюха бараны превосходили остальные половозрастные группы на 1,5–3,8 %. На основании этих показателей бараны имели и максимальный балл за группу овчин, который составил 9,24.

Однако необходимо отметить, что при изучении шерстных качеств было установлено, что для основной массы ягнят в возрасте 6 мес. была установлена густота шерсти «удовлетворительная», за которую они получили в среднем 8,15 балла.

За уравниность шерсти по руно наибольший балл установлен у овцематок, по которому они имели преимущество над остальными животными на 0,4–3,8 %.

Заключение. Изученные показатели качества шубных овчин у разных половозрастных групп овец романовской породы белорусской селекции показали, что наибольшая длина остевых и пуховых волокон была установлена у баранов, по которым они превосходили овцематок соответственно на 5,5 и 14,0 %. Длина шерстных волокон баранчиков в возрасте 12 мес. имеет аналогичные различия по сравнению с ярочками того же возраста. Перерослость пуха над остью и величина завитка соответствовали средним значениям породы, что в дальнейшем позволит получить шубные овчины высокого качества.

При изучении морфологического состава шерсти отмечено, что у взрослых овец романовской породы на одно остевое волокно приходится в среднем у баранов 5 пуховых волокон, у маток – 8. У молодняка отмечается более широкое соотношение пуховых и остевых волокон (соответственно 1:6 и 1:7).

Список источников

1. *Герман Ю. И., Горбуков М. А., Рудак А. Н. и др.* Зоотехнические правила оценки овец шубно-мясной породы белорусской селекции. Жодино: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2023. 34 с.
2. *Герман Ю. И., Коптик Н. П., Сучкова И. В.* Овцеводство Республики Беларусь // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 3. С. 31–35.
3. *Гласкович М. А., Капитонова Е. А., Соляник Т. В. и др.* Технология производства продукции животноводства: курс лекций: учебно-методическое пособие в 2 т. Т. 2. Технология производства продукции коневодства, овцеводства, пушного звероводства и пчеловодства. Горки: БГСХА, 2017. 240 с.
4. *Ерохин А. И., Карасев Е. А., Ерохин С. А.* Романовская порода овец: состояние, совершенствование, использование генфонда. М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2005. 329 с.
5. *Ковалевская Т. А., Сучкова И. В., Линник Л. М. и др.* Оценка овец романовской породы по продуктивным качествам в условиях РУП «Витебское племпредприятие» // Ученые записки учреждения образования Витебская орденена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2015. Т. 51. № 2. С. 133–136.
6. *Ковалевская Т. А., Сучкова И. В., Линник Л. М. и др.* Оценка продуктивных качеств помесных овец, полученных при скрещивании романовской породы с прекосами // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей (Барнаул, 04–05 февраля 2016 г.): в 3 кн. Кн. 3. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2016. С. 125–126.
7. *Костылев М. Н., Барышева М. С.* Шубные качества овец романовской породы в зависимости от происхождения //

Вестник Донского государственного аграрного университета. 2018. № 4-1 (30). С. 9–12.

8. Мищенко В. А., Мищенко Л. В. Направления развития и повышения эффективности овцеводства в Республике Беларусь на основе интенсивной системы производства / В. А. Мищенко, // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: сборник статей IX Международной научно-практической конференции (Брянск, 01–02 марта 2018 г.). Ч. 1. Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2018. С. 287–292.
9. Сучкова И. В., Заяц О. В., Линник Л. М. и др. Оценка роста и развития овец породы суффолк на этапе адаптации // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1 (57). С. 56–61.

References

1. German Yu. I., Gorbukov M. A., Rudak A. N. et al. (2023) Zootechnical rules for evaluating sheep of the fur-meat breed of Belarusian breeding. Zhodino: RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on animal husbandry». 34 p. (In Russ.).
2. German Yu. I., Koptik N. P., Suchkova I. V. (2016) Sheep breeding of the Republic of Belarus. *Sheep, goats, wool business*, no. 3, pp. 31–35 (In Russ.).
3. Glaskovich M. A., Kapitonova E. A., Solyanik T. V. et al. (2017) Technology of production of livestock products: a course of lectures: a teaching aid: in 2 parts. Part 2. Technology of production of horse breeding, sheep breeding, fur farming and beekeeping products. Gorki: BGSKhA. 240 p. (In Russ.).
4. Erokhin A. I., Karasev E. A., Erokhin S. A. (2005) Romanov sheep breed: condition, improvement, use of the gene pool. Moscow: Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on engineering and technical support of the agro-industrial complex. 329 p. (In Russ.).
5. Kovalevskaya T. A., Suchkova I. V., Linnik L. M. et al. (2015) Evaluation of Romanov sheep by productive qualities in the conditions of RUE «Vitebsk plant Enterprise». *Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine*, vol. 51, no. 2, pp. 133–136 (In Russ.).
6. Kovalevskaya T. A., Suchkova I. V., Linnik L. M. et al. (2016) Evaluation of the productive qualities of crossbred sheep obtained by crossing the Romanov breed with precos // *Agrarian Science for agriculture: collection of articles* (Barnaul, 04–05 February 2016): in 3 books. Book 3. Barnaul: Altai State Agrarian University. Pp. 125–126 (In Russ.).
7. Kostylev M. N., Barysheva M. S. (2018) The fur qualities of Romanov sheep depending on their origin. *Bulletin of the Don State Agrarian University*, no. 4–1(30), pp. 9–12 (In Russ.).
8. Mishchenko V. A., Mishchenko L. V. (2018) Directions of development and improvement of sheep breeding efficiency in the Republic of Belarus on based on an intensive production system // *Current issues of economics and agribusiness : Collection of articles of the IX International Scientific and Practical Conference* (Bryansk, March 01–02, 2018). Part 1. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. Pp. 287–292 (In Russ.).
9. Suchkova I. V., Zayats O. V., Linnik L. M. et al. (2022) Assessment of the growth and development of Suffolk sheep at the stage of adaptation. *Bulletin of the Agroindustrial Complex of the Upper Volga region*, no. 1 (57), pp. 56–61 (In Russ.).

Информация об авторах:

О. В. ЗАЯЦ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой генетики и разведения сельскохозяйственных животных имени О. А. Ивановой;

Е. А. КАПИТОНОВА – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой;

О. А. ЯЦЫНА – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных имени О. А. Ивановой;

Н. Л. ФУРС – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных имени О. А. Ивановой;

Е. А. СУЯЛКО – магистрант кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных имени О. А. Ивановой.

Information about the authors:

A. V. ZAYATS – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head Department of Genetics and Breeding of farm animals named after O. A. Ivanova;

E. A. KAPITONOVA – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Zoohygiene and Poultry Breeding named after A. K. Danilova;

V. A. YATSYNA – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Genetics and Breeding of farm animals named after O. A. Ivanova;

N. L. FURS – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Genetics and Breeding of farm animals named after O. A. Ivanova;

E. A. SUYALKA – Master's student Department of Genetics and Breeding of farm animals named after O. A. Ivanova.

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 19.04.2025; одобрена после рецензирования 24.04.2025; принята к публикации 29.04.2025.

The article was submitted 19.04.2025; approved after reviewing 24.04.2025; accepted for publication 29.04.2025.

Научная статья

УДК 636.2.034 / 575.162

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506112

Генетическая структура популяции первотелок голштинского скота по полиморфизму молочных белков CSN2, CSN3 и BLG

Андрей Георгиевич Кощаев¹, Анна Эдуардовна Будько²

^{1,2} Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

¹ kagbio@mail.ru;

² aer@mkg23.ru

Автор, ответственный за переписку:

Анна Эдуардовна Будько, aer@mkg23.ru

Аннотация

В статье представлены результаты изучения генетической структуры популяции первотелок голштинской породы по полиморфизму молочных белков CSN2 (β -казеин), CSN3 (κ -казеин) и BLG (β -лактоглобулин). Объектом исследования стало стадо из 947 животных, содержащихся в условиях учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» Кубанского ГАУ. Проведен анализ частоты встречаемости отдельных генотипов и аллелей, а также комплексных сочетаний генотипов по трем локусам. Установлено, что наиболее распространенными генотипами в популяции являются CSN3 AB, CSN2 AA и BLG AB. Определено, что для гена CSN2 характерно практически полное доминирование аллеля A (частота 0,986), в то время как для CSN3 зафиксирована высокая аллельная вариативность (A – 0,470; B – 0,402; E – 0,128). В локусе BLG выявлено сбалансированное распределение аллелей A и B (57,2 и 42,8 % соответственно). Полученные результаты позволили сделать выводы о степени селекционного давления на изученные локусы и о возможностях использования генотипической информации в программах генетического улучшения молочного скота. В статье исследуется соответствие распределения генотипов трех генов (CSN3, CSN2 и BLG) закону Харди-Вайнберга с использованием метода хи-квадрата. Результаты показывают, что ген CSN3 находится в равновесии, в то время как для CSN2 наблюдается интенсивный отбор, что подтверждается высоким коэффициентом фиксации. Ген BLG также соответствует равновесию, однако высокая гетерозиготность может указывать на адаптивные стратегии популяции. Материалы исследования могут быть использованы для формирования высокопродуктивных стад с оптимальными технологическими свойствами молока.

Ключевые слова: CSN2, CSN3, BLG, полиморфизм молочных белков, голштинская порода, генотип, аллельная частота, генетическая структура, критерий хи-квадрат

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда, ООО «МК «Генетика-Юг» в рамках проекта № НТИП-24.1/5 «Разработка с применением методов геномной селекции инновационной технологии производства эмбрионов крупного рогатого скота с заданными свойствами продуктивности, фертильности и здоровья и внедрение в животноводческие предприятия Краснодарского края».

Для цитирования: Кошчаев А. Г., Будько А. Э. Генетическая структура популяции первотелок голштинского скота по полиморфизму молочных белков CSN2, CSN3 и BLG // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 118–125. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506112>

Original article

Genetic structure of holstein first-calf heifer population based on polymorphism of milk protein genes CSN2, CSN3, and BLG

Andrey G. Koshchaev¹, Anna E. Budko²

^{1,2} Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

¹ kagbio@mail.ru;

² aer@mkg23.ru

Corresponding author:

Anna E. Budko, aer@mkg23.ru

Abstract

The article presents the results of a study on the genetic structure of a population of Holstein first-calf heifers based on the polymorphism of milk protein genes CSN2 (β-casein), CSN3 (κ-casein), and BLG (β-lactoglobulin). The study was conducted on a herd of 947 animals kept at the «Krasnodarskoe» educational and experimental farm in Krasnodar Krai. The frequencies of individual genotypes and alleles, as well as combined genotypic combinations across the three loci, were analyzed. It was established that the most common genotypes in the population are CSN3 AB, CSN2 AA, and BLG AB. The CSN2 gene was characterized by near-complete dominance of allele A (frequency 0.986), while CSN3 showed high allelic variability (A – 0.470; B – 0.402; E – 0.128). In the BLG locus, a balanced distribution of alleles A and B was identified (57.2% and 42.8%, respectively). The findings made it possible to draw conclusions about the intensity of selection pressure on the studied loci and the potential for using genotypic information in genetic improvement programs for dairy cattle. The paper studies the conformity of genotype distribution of three genes (CSN3, CSN2 and BLG) to the Hardy-Weinberg law using the chi-square method. The results show that the CSN3 gene is in equilibrium, while intense selection is observed for CSN2, as evidenced by the high fixation coefficient. The BLG gene is also in equilibrium, but high heterozygosity may indicate adaptive strategies of the population. The results can be applied in the development of highly productive herds with optimal milk processing qualities.

Keywords: CSN2, CSN3, BLG, milk protein polymorphism, Holstein breed, genotype, allele frequency, genetic structure, chi-square test.

Financing: the research was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation, LLC MK Genetika-Yug within the framework of the project NTIP-24.1/5 “Development using genomic breeding methods of innovative technology for the production of cattle embryos with specified properties of productivity, fertility and health and implementation in livestock breeding enterprises of Krasnodar edges”.

For citation: Koshchaev A. G., Budko A. E. (2025) Genetic structure of holstein first-calf heifer population based on polymorphism of milk protein genes CSN2, CSN3, and BLG. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 118–125. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506112>

Введение. Современное молочное скотоводство ориентировано на повышение качественных и количественных показателей молочной продукции, что требует внедрения высокоэффективных методов генетического анализа животных [1, 2]. Селекционные стратегии традиционно были направлены на повышение удоев. Однако в современных программах все больше внимания уделяется качественным признакам молока, таким как содержание белка и жира, а также технологическим свойствам [2, 4]. Геномная селекция позволила более точно выявлять животных с лучшими качественными признаками молока [8]. Одной из главных задач в селекции голштинской породы является обеспечение баланса между генетическим отбором на высокую молочную продуктивность и поддержанием уровня компонентов молока. Чрезмерный акцент на удой иногда может привести к снижению содержания жира и белка, что требует более комплексного подхода к селекции [2, 6].

Современные подходы к совершенствованию селекционной работы в животноводстве все активнее включают методы молекулярной генетики (в частности, генотипирование животных в раннем возрасте) [1, 7, 8]. Такая практика позволяет более точно оценивать потенциальную продуктивность особей и формировать популяции с заданными показателями качества продукции [6, 10]. Использование генетических маркеров, ассоциированных с важнейшими хозяйственно-полезными признаками, существенно расширяет возможности племенного отбора [2, 3].

Одним из ключевых направлений в данной области является изучение полиморфизма белков молока, в частности, казеинов и сывороточных белков, генетически контролируемых локусами CSN2, CSN3 и BLG [2, 8]. Известно, что данные гены кодируют β -казеин, κ -казеин и β -лактоглобулин соответственно, играя важную роль в формировании физико-химических и технологических свойств молока [7, 8, 10].

Особый интерес представляет полиморфизм κ -казеина (CSN3), так как он существенно влияет на сычужную свертываемость

молока и выход сыра [2, 6, 8]. Бета-казеин (CSN2) также имеет несколько аллельных вариантов, различающихся по своим биохимическим свойствам, что важно для пищевой ценности молока [1, 8]. Ген BLG кодирует основной сывороточный белок, от которого зависят аллергенность и функциональные свойства молока [4, 7, 10].

Цель исследования. Выявить особенности генетической структуры популяции первотелок голштинской породы по полиморфизму генов молочных белков CSN2, CSN3 и BLG, определить частоту встречаемости аллелей и генотипов, а также оценить возможность использования полученных данных в программах генетического улучшения молочного скота.

Материалы и методы. Объектом исследования послужила популяция первотелок голштинской породы в количестве 947 животных, содержащихся в условиях учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» Кубанского ГАУ. Генетический анализ включал в себя изучение полиморфизма генов CSN2, CSN3 и BLG по результатам генотипирования, проводимого в хозяйстве. Генотипирование проводили в возрасте от 1 до 9 мес. по 83 показателям в лаборатории «Neogen» (Неоджен, Великобритания) с помощью ДНК-чипа (~65 000 маркеров SNP).

Для определения частот аллелей была проанализирована встречаемость генотипов и аллелей рассматриваемых генов. Например, частота аллеля A (p) = $(2 \times \text{количество особей AA} + \text{количество особей AB} + \text{количество особей AE}) / (2 \times \text{общее количество особей})$. Аналогичные расчеты были проведены для всех исследуемых генотипов.

Для проверки соответствия распределения генотипов закону Харди-Вайнберга (равновесие, при котором частоты аллелей и генотипов в популяции остаются постоянными от поколения к поколению при отсутствии селекции, миграции, мутаций и дрейфа) был применен критерий хи-квадрат (χ^2). Этот метод позволяет определить, отклоняется ли фактическое распределение генотипов в популяции от теоретически ожидаемого, рассчитанного на основании аллельных частот.

Этапы расчета:

Определение аллельных частот (p и q):

$$p = (2 \times N_{aa} + N_{ap}) / (2 \times N);$$

$$q = 1 - p.$$

Ожидаемые частоты генотипов (по Харди-Вайнбергу):

$$P_{aa} = p^2;$$

$$P_{ap} = 2pq;$$

$$P_{pp} = q^2.$$

Расчет ожидаемого числа особей:

$$N_{exp} = P \times N.$$

Критерий хи-квадрат:

$$\chi^2 = \sum ((O - E)^2 / E),$$

где O – наблюдаемое количество животных с данным генотипом;

E – ожидаемое.

Определение степеней свободы (df): $df =$ число генотипов – число аллелей.

Оценка статистической значимости: если $p > 0,05$ – отклонений от равновесия Харди-Вайнберга не выявлено.

Гетерозиготность:

Наблюдаемая гетерозиготность

$$H_o = N_{\text{гетерозигот}} / N;$$

Ожидаемая гетерозиготность

$$H_e = 1 - \sum (P^2).$$

Коэффициент фиксации:

$$F = (H_e - H_o) / H_e.$$

Применение данного анализа в работе позволило определить, находятся ли популяции животных по каждому локусу в генетическом равновесии, а также выявить возможное влияние направленного отбора.

Результаты исследования. В данном разделе представлены результаты анализа полиморфизма генов молочных белков CSN2, CSN3 и BLG в популяции первотелок голштинской породы. Были исследованы частоты встречаемости генотипов и аллелей, а также выявлены наиболее распространенные генотипы в популяции. В табл. 1 отражена частота встречаемости генотипов гена CSN3 в популяции первотелок голштинской породы. Эти данные позволяют оценить распространенность различных генотипов и выявить преобладающие генетические варианты по локусу CSN3.

На основании данных табл. 1 анализ генетического полиморфизма по локусу CSN3 показал, что наиболее часто встречающимся генотипом является АВ, доля которого

составляет 36,6 %. Это свидетельствует о высокой степени гетерозиготности в данной популяции по к-казеину. Генотип АА занимает второе место (23,0 %), а ВВ, ассоциированный с улучшенными сычужными свойствами молока, – 16,6 %. Остальные генотипы, включающие аллель Е, встречаются реже. Низкая доля ЕЕ (1,5 %) может указывать на селективную нежелательность данного аллеля. Анализ генетического полиморфизма по локусу CSN3 показал, что наиболее часто встречающимся генотипом является АВ, что подтверждают данные других авторов о высокой степени гетерозиготности по к-казеину у голштинского скота [2, 6, 8].

Таблица 1

Частота встречаемости генотипов генов CSN3, CSN2 и BLG в популяции первотелок голштинской породы

Ген	Генотип	Кол-во голов	Доля, %
CSN3	АА	218	23
	АВ	348	36,6
	ВВ	154	16,6
	АЕ	107	11,2
	ВЕ	105	11,1
	ЕЕ	15	1,5
CSN2	АА	921	97,3
	АВ	26	2,7
	ВВ	0	0
BLG	АА	310	33
	АВ	457	48,6
	ВВ	172	18,4

Как видно из данных табл. 1, популяция характеризуется абсолютным преобладанием генотипа АА по в-казеину (CSN2), что составляет 97,3 % животных. Генотип АВ обнаружен только у 2,7 %, а ВВ отсутствует. Данное распределение может быть обусловлено длительным селекционным давлением на аллель А, который ассоциируется с более мягкой структурой белка и лучшими потребительскими и технологическими свойствами молока. Вероятно, это связано с предпочтениями переработчиков и потребителей молока [1, 2, 4].

В локусе гена BLG наиболее частым генотипом оказался АВ – 48,6 %. Это указывает на наличие баланса между аллелями

А и В и возможное отсутствие жесткой селекции в пользу одного из них. Генотип АА составил 33,0 %, генотип ВВ – 18,4 %. Преобладание гетерозигот может быть связано с желанием сохранить адаптивную гибкость стада и вариативность технологических качеств молока. Известно, что аллель В может улучшать белковую насыщенность, а А – повышать термостабильность и снижать аллергенность [4, 7, 10].

На рис. 1 проиллюстрирована ожидаемая частота сочетаний генотипов для локусов CSN3, CSN2 и BLG. Также на рис. 1 пред-

ставлена вероятная структура популяции по комплексным сочетаниям генотипов, что дает представление о возможных вариантах генетической комбинации в популяции.

На графике представлены наиболее вероятные комплексные сочетания генотипов трех исследуемых локусов. Лидером по ожидаемой частоте является сочетание АВ–АА–АВ (CSN3–CSN2–BLG), что объясняется его составными частями: это наиболее частые генотипы в каждом из трех локусов. Также высокие позиции занимают АА–АА–АВ, АЕ–АА–АВ, АВ–АА–АА.

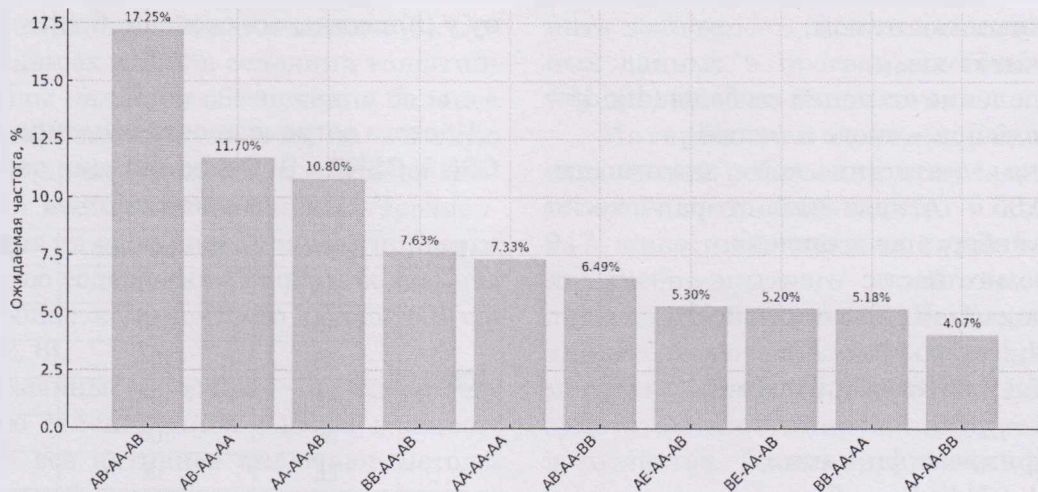


Рис. 1. Ожидаемая частота сочетаний генотипов CSN3–CSN2–BLG

Причинами такого распределения являются прежде всего сильная направленная селекция на аллель А в CSN2; умеренная гетерозиготность по BLG за счет отсутствия отбора; смешанное влияние селекции и естественного отбора по CSN3. Такая структура популяции свидетельствует о высоком потенциале для получения стабильного по продуктивности стада с благоприятными технологическими свойствами молока [3, 6, 8].

В табл. 2 отображена частота встречаемости аллелей CSN3, CSN2 и BLG в популяции первотелок голштинской породы. Данные табл. 2 позволяют визуализировать распределение аллелей по локусам и выявить преобладание определенных вариантов в генетической структуре популяции.

По данным табл. 2, можно отметить, что чаще всего в популяции встречается аллель А CSN3 (его частота составляет 0,470), да-

лее следуют В (0,402) и Е (0,128). Наличие всех трех аллелей указывает на высокую генетическую вариативность по локусу CSN3. Такая структура может быть результатом направленного отбора в пользу аллелей А и В, которые ассоциированы с лучшими показателями молочной продуктивности и технологичности [1].

Таблица 2

Частота встречаемости аллелей генов CSN3, CSN2, BLG в популяции первотелок голштинской породы

Аллель	CSN3	CSN2	BLG
А	0,470	0,986	0,572
В	0,402	0,014	0,428
Е	0,128	–	–

Аллель А CSN2 практически полностью доминирует в популяции (частота = 0,986),

что свидетельствует о целенаправленной селекции на данный вариант гена. Аллель В CSN2, напротив, встречается крайне редко (0,014), а генотип ВВ не был зафиксирован вовсе. Это указывает на активное использование быков-производителей, несущих аллель А [2].

Распределение аллелей в локусе BLG относительно сбалансировано: аллель А – 57,2 %; В – 42,8 %. Это указывает на отсутствие направленного отбора в пользу одного из вариантов. Возможно, в хозяйстве не проводилось активное закрепление одного из аллелей или предпочтения варьировались в зависимости от целей производства (сыропригодность, пищевая ценность, аллергенность и т.д.) [7, 8, 10].

Метод хи-квадрата является популярным инструментом в генетической статистике. Он используется для оценки того, соответствуют ли наблюдаемые частоты генотипов теоретическим ожиданиям в рамках закона Харди-Вайнберга, который описывает условия, когда аллельные и генотипные частоты в популяции останутся постоянными в отсутствие других факторов, например, мутаций, миграции или отбора. Использование метода хи-квадрата для проверки соответствия распределения генотипов генов CSN3, CSN2, BLG закону Харди-Вайнберга:

1) CSN3:

$$\chi^2 = 1,67, df = 5, p = 0,89.$$

Наблюдаемая гетерозиготность

$$(H_o) = 0,367;$$

Ожидаемая гетерозиготность

$$(H_e) = 0,887;$$

$$F \text{ (коэффициент фиксации)} = 0,586.$$

Распределение генотипов соответствует равновесию Харди-Вайнберга. Высокая фиксация указывает на умеренное селекционное давление или структурность стада;

CSN2:

$$\chi^2 = 0,18, df = 2, p = 0,91;$$

$$H_o = 0,027;$$

$$H_e = 0,054;$$

$$F = 0,491.$$

Почти полное доминирование аллеля А, высокое значение F – признак интенсивного отбора;

BLG:

$$\chi^2 = 0,025, df = 2, p = 0,99;$$

$$H_o = 0,487;$$

$$H_e = 0,798;$$

$$F = 0,390.$$

Распределение генотипов гена BLG соответствует равновесию. Сохранение гетерозигот – возможная адаптивная селекционная стратегия.

Обсуждение. Проведенный анализ полиморфизма генов молочных белков CSN2, CSN3 и BLG в популяции первотелок голштинской породы учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» Кубанского ГАУ позволил установить особенности генетической структуры стада и выявить степень селекционного давления по каждому из исследуемых локусов. Для гена CSN3 характерно преобладание генотипа АВ и высокая степень аллельной вариативности, что отражает сочетание направленного отбора и сохранения генетического разнообразия по данному признаку. В локусе CSN2 отмечено почти полное доминирование аллеля А, что свидетельствует о длительном целенаправленном отборе на этот вариант, ассоциированный с лучшими технологическими и потребительскими свойствами молока. По локусу BLG выявлено сбалансированное распределение аллелей, что может указывать на сохранение адаптивной гибкости популяции и отсутствие выраженного отбора в пользу одного из вариантов.

Анализ комплексных сочетаний генотипов показал: наиболее часто встречающимся является сочетание АВ–АА–АВ (CSN3–CSN2–BLG), что обусловлено доминированием соответствующих генотипов в каждом из локусов. Полученные результаты подчеркивают значимость учета полиморфизма молочных белков в селекционной работе и позволяют использовать данные о генетической структуре стада для более эффективного подбора производителей и формирования высокопродуктивных животных с оптимальными технологическими характеристиками молока. Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ генетического улучшения молочного скота и для изучения взаимосвязей между генотипическими и фенотипическими признаками продуктивности.

В данной работе был применен метод хи-квадрата для проверки соответствия распределения генотипов закону Харди-Вайнберга, что позволило оценить генетическую структуру популяций по трем генам: CSN3, CSN2 и BLG. Результаты анализа показали: распределение генотипов для гена CSN3 соответствует равновесию Харди-Вайнберга, с $\chi^2=1,67$ и $p=0,89$, что указывает на отсутствие значительных отклонений от ожидаемого распределения. Высокий коэффициент фиксации ($F=0,586$) свидетельствует о наличии умеренного селекционного давления и структурности стада. Вместе с тем для гена CSN2 наблюдается почти полное доминирование аллеля А, что подтверждается низкими значениями наблюдаемой ($H_o=0,027$) и ожидаемой ($H_e=0,054$) гетерозиготности, а также высоким коэффициентом фиксации ($F=0,491$). Эти результаты указывают на интенсивный отбор, действующий на данную популяцию, что может быть связано с выбором быков-производителей.

Анализ гена BLG также показал соответствие равновесию Харди-Вайнберга ($\chi^2=0,025$, $p=0,99$), однако наблюдаемая гетерозиготность ($H_o=0,487$) была значительно выше ожидаемой ($H_e=0,798$). Это может свидетельствовать о том, что сохранение гетерозигот в данной популяции является адаптивной селекционной стратегией, позволяющей повысить устойчивость стада к изменяющимся условиям окружающей среды.

Выводы. В работе исследован полиморфизм генов CSN2, CSN3 и BLG у первотелок голштинской породы. Установлены частоты генотипов и аллелей, выявлено доминирование аллели А CSN2 и высокая гетерозиготность по CSN3 и BLG. Полученные данные рекомендованы для использования в селекционных программах.

Список источников

1. Злобина Е. А., Вершинин А. В. Генетика сельскохозяйственных животных. М. Колос. 2019.
2. Caroli A., Chessa S., Erhardt G. Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition //

- Journal of Dairy Science. 2009. Vol. 92. No. 11. Pp. 5335–5352.
3. Do D. N., Li R., Dudemaine P.-L. et al. Genome-wide association and pathway analysis of milk protein composition in Canadian Holstein cattle // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. Article number: 10054.
4. Farrell H. M. Jr. et al. Nomenclature of the proteins of cow's milk—sixth revision // Journal of Dairy Science. 2004. Vol. 87. No. 6. Pp. 1641–1674.
5. Heck J. M. L., Schennink A., van Valenberg H. J. F. et al. Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk // Journal of Dairy Science. 2009. Vol. 92. No. 3. Pp. 1192–1202.
6. Ikonen T., Ojala M., Ruottinen O. Genetic parameters for milk protein composition and renneting properties in Finnish dairy cows // Journal of Dairy Science. 1999. Vol. 82. No. 8. Pp. 1508–1516.
7. Medrano J. F., Sharrow L., Ares J. PCR-based genotyping of bovine kappa-casein and beta-lactoglobulin loci // Animal Biotechnology. 1990. Vol. 1. No. 1. Pp. 73–77.
8. Ng-Kwai-Hang K. F. Genetic polymorphism of milk proteins and their effects on milk production // Journal of Dairy Science. 1998. Vol. 81. No. 3. Pp. 595–605.
9. Rahimi P., Vahidi S. M. F., Razi H. et al. Associations between CSN3 and BLG gene polymorphisms and milk production traits in Iranian Holstein cows // Russian Journal of Genetics. 2015. Vol. 51. No. 5. Pp. 498–504.
10. Selvaggi M., Laudadio V., Dario C., Tufarelli V. Major proteins in goat milk: an updated overview on genetic variability // Molecular Biology Reports. 2014. Vol. 41. No. 2. Pp. 1035–1048.

References

1. Zlobina E. A., Vershinin A. V. (2019) Genetics of farm animals. M.: Kolos.
2. Caroli A., Chessa S., Erhardt G. (2009) Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science*, vol. 92, no. 11. Pp. 5335–5352.

3. Do D. N., Li R., Dudemaine P.-L., Ibe-
agha-Awemu E. M. (2017) Genome-wide
association and pathway analysis of milk
protein composition in Canadian Holstein
cattle. *Scientific Reports*, vol. 7. Article
number: 10054.
4. Farrell H. M. Jr. et al. (2004) Nomencla-
ture of the proteins of cow's milk—sixth re-
vision. *Journal of Dairy Science*, vol. 87,
no. 6, pp. 1641–1674.
5. Heck J. M. L., Schennink A., van Valen-
berg H. J. F. et al. (2009) Effects of milk
protein variants on the protein composi-
tion of bovine milk. *Journal of Dairy Sci-
ence*, vol. 92, no. 3, pp. 1192–1202.
6. Ikonen T., Ojala M., Ruottinen O. (1999)
Genetic parameters for milk protein com-
position and renneting properties in Finn-
ish dairy cows. *Journal of Dairy Science*,
vol. 82, no. 8, pp. 1508–1516.
7. Medrano J. F., Sharrow L., Ares J.
(1990) PCR-based genotyping of bovine
kappa-casein and beta-lactoglobulin lo-
ci. *Animal Biotechnology*, vol. 1, no. 1,
pp. 73–77.
8. Ng-Kwai-Hang K. F. (1998) Genetic poly-
morphism of milk proteins and their ef-
fects on milk production. *Journal of Dairy
Science*, vol. 81, no. 3, pp. 595–605.
9. Rahimi P., Vahidi S. M. F., Razi H. et al.
(2015) Associations between CSN3 and
BLG gene polymorphisms and milk pro-
duction traits in Iranian Holstein cows.
Russian Journal of Genetics, vol. 51, no. 5,
pp. 498–504.
10. Selvaggi M., Laudadio V., Dario C. et al.
(2014) Major proteins in goat milk: an
updated overview on genetic variability.
Molecular Biology Reports, vol. 41, no. 2,
pp. 1035–1048.

Информация об авторах:

А. Г. КОЩАЕВ – доктор биологических наук, профессор, академик РАН;
А. Э. БУДЬКО – аспирантка.

Information about the authors:

A.G. KOSHCHAEV – Doctor of Biological Sciences, Professor, academic RAS;
A. E. BUDKO – 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 20.04.2025; одобрена после рецензирования 25.04.2025;
принята к публикации 30.04.2025.

The article was submitted 20.04.2025; approved after reviewing 25.04.2025; accepted for
publication 30.04.2025.

Научная статья

УДК 637.6

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506113

Динамика продаж шкурок куницы на международном пушном аукционе «Союзпушнина»

Оксана Ивановна Федорова¹, Елена Александровна Орлова²,
Екатерина Евгеньевна Параскива³

^{1, 2, 3}Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹ ox_fed@mail.ru;

² l-orlova@bk.ru;

³ ekaterinaparaskiva@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку:

Оксана Ивановна Федорова, ox_fed@mail.ru

Аннотация

В статье проанализированы результаты продаж шкурок куницы на международном пушном аукционе «Союзпушнина» с 2016 по 2024 г. Куницы относятся к числу важных промысловых пушных зверей, поскольку обладают высококачественным и красивым мехом.

В Древней Руси в северном лесном регионе, где всеобщим эквивалентом выступали шкурки пушных зверей, роль основной денежной единицы выполнял красивый и прочный мех куницы – «куна». В последние годы отмечается повышенный интерес к шкуркам куницы лесной, что можно объяснить визуальным внешним сходством со шкурками соболя, особенно светлых тонов. Цены на шкурки куницы на международных аукционах «Союзпушнина» зависят от многих факторов – от качества выставленной пушнины, ее количества, заинтересованности покупателей, моды и погоды в текущем сезоне. С 2016 по 2024 г. максимальное число шкурок куницы было продано на 214-м февральском аукционе (2021 г.) – 13 160 шкурок (79 % от выставленной партии). Минимальное число проданных шкурок куницы было в 2020 г. на 212-м пушном аукционе – из-за пандемии COVID-19 продажи шкурок куницы упали до 514 шт., или 3 % от выставленной на продажу коллекции.

Ключевые слова: куница, промысел, пушнина, шкурки, аукцион, цена

Для цитирования: Федорова О. И., Орлова Е. А., Параскива Е. Е. Динамика продаж шкурок куницы на международном пушном аукционе «Союзпушнина». // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 126–133. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506113>

Original article

Marten skins sales dynamics at the international fur auction «Soyuzpushnina»

© Федорова О. И., Орлова Е. А., Параскива Е. Е., 2025

Oksana I. Fedorova¹, Elena A. Orlova², Ekaterina E. Paraskiva³

^{1, 2, 3} Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

¹ ox_fed@mail.ru;

² l-orlova@bk.ru;

³ ekaterinaparaskiva@yandex.ru

Corresponding author:

Oksana I. Fedorova, ox_fed@mail.ru

Abstract

The article analyzes the results of marten pelts sales of marten pelts at the Soyuzpushnina International fur auction from 2016 to 2024. Martens are among the important hunting fur-bearing animals, as they have high-quality and beautiful fur. In ancient Russia, in the northern, forested region, where the skins of fur-bearing animals were the universal equivalent, the beautiful and durable fur of the marten – «kuna» had the role of the main monetary unit. The visual external similarity with sable skins, especially in light tones, is the reason for the increased interest in forest marten skins in recent years. The prices of marten pelts at Soyuzpushnina International auctions depend on such factors as the quality of the furs on display, their quantity, the interest of buyers, fashion and weather in the current season. The maximum number of marten skins was sold at 214 February auctions (2021) in the amount of 13 160 skins (79 % of the exhibited lot) from 2016 to 2024. The minimum number of marten skins sold was at 212 fur auctions in 2020 – due to the COVID-19 pandemic, sales of marten skins fell to 514 pieces, or 3 % of the collection put up for sale.

Keywords: marten, hunting, furs, pelts, auction, price

For citation: Fedorova O. I., Orlova E. A., Paraskiva E. E. (2025) Marten skins sales dynamics at the international fur auction «Soyuzpushnina». *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 126–133. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506113>

Введение. В Древней Руси в южной степной и лесостепной зонах население занималось скотоводством, поэтому понятие богатства, благосостояния ассоциировалось со скотом. В северном лесном регионе, где всеобщим эквивалентом выступали шкурки пушных зверей, роль основной денежной единицы выполнял красивый и прочный мех куницы (отсюда пошло слово «куна») [8].

Куницы относятся к числу важных промысловых пушных зверей, поскольку обладают высококачественным и красивым мехом. На западе мех куницы ценится значительно выше, чем у нас. Связано это с меньшим распространением куницы в других странах. Куница – мелкий пушной зверек, который не поддается разведению в неволе.

На территории Российской Федерации обитают два вида куниц: лесная (*Martes martes* L.) и каменная (*Martes foina* Erxl, 1777). Ареал и численность каменной куни-

цы (горы Крыма, Кавказа, Средней Азии) значительно меньше, чем лесной (леса Кавказа, Зауралья, таежная Сибирь). По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, общая численность куниц в 2022 г. составила 245,5 тыс. особей. Доля лесной куницы в общей численности составляет порядка 90,0 %, каменной – 10,0 %. Основные запасы лесной куницы сосредоточены в Северо-Западном и Приволжском федеральных округах, где в 2022 г. обитало порядка 77,1 тыс. и 45,4 тыс. особей соответственно. В Центральном и Уральском федеральных округах численность куниц составила более в 41,0 тыс. и 27,8 тыс. особей, соответственно. Основные ареалы обитания каменной куницы находятся в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах численностью в 10,1 тыс. и 3,6 тыс. особей соответственно. Таким образом, на большей части территорий их обитания куницы немногочисленны, поэтому охота на них за-

прещена, и добыча их идет в строго лимитированном порядке. Объем промышленных заготовок куницы небольшой. В сезон охоты 2021–2022 гг. на территории Российской Федерации было добыто 15 549 куниц [3].

Покупательский спрос на меховые товары в нашей стране остается достаточно высоким, что определяет постоянное обновление и расширение ассортиментного ряда товаров [1]. В силу своего окрасочного многообразия большим спросом пользуется мех куницы лесной (мягкой). Цветовые различия, качественные и количественные характеристики меха значительно влияют на дальнейшую их переработку и формирование однородных партий полуфабриката.

В последние годы отмечается более высокий интерес к шкуркам куницы лесной по сравнению с куницей каменной, что можно объяснить визуальным внешним сходством со шкурками соболя, особенно светлых тонов. Используя современные технологические приемы, шкурки куницы можно переводить в более высокие ценовые категории, соответствующие модным тенденциям, тем самым повышая конкурентоспособность выпускаемой продукции при одновременном снижении затрат на ее изготовление [8]. Шкурки куницы зачастую имитируют под более дорогой вид – соболя. Крашеный «под клеточного соболя» полуфабрикат из шкурок куницы мягкой характеризуется блестящим темным волосиным покровом, что в целом улучшает его товарный вид. Средняя цена за шкурку куницы, крашенной «под клеточного соболя», достигает 7000 руб., в то время как средняя цена за шкурку натуральной куницы составляет 5500 руб. [7].

Из шкурок куницы производят меховые манто, головные уборы, воротники для пальто и другие варианты верхней одежды. По данным меховой компании «Мехград», в настоящее время цены на изделия из меха куницы варьируют в пределах от 36 000 (шапка из меха куницы лесной, натуральная) до 789 000 руб. (шуба из меха куницы лесной, тонированная, длина 120 см) [5].

Поскольку куница, в отличие от соболя, не является объектом фермерского разведения, поэтому шкурки ее попадают на меж-

дународный пушной аукцион в Санкт-Петербурге исключительно промышленные.

Цель исследования. Проанализировать результаты продаж шкурок куницы на международном пушном аукционе «Союзпушнина» с 2016 по 2024 г.

Материалы и методы. Для анализа были использованы данные о результатах продаж шкурок промысловой куницы на международных пушных аукционах «Союзпушнина», проводимых в период с 2016 по 2024 г. Данные были взяты из официальных открытых источников ООО «Аукционная компания «Союзпушнина»» [4].

Результаты исследований и обсуждение. Аукционная компания «Союзпушнина» имеет большое экономическое значение для нашей страны, она была организована в 1931 г. и с этого времени успешно работает на международном пушном рынке. С 2016 по 2024 г. компания «Союзпушнина» провела 29 международных аукционов (в среднем 3 аукциона в год). На 20 аукционах этого периода были выставлены на торги шкурки промысловой куницы.

Торги 199-го международного пушного аукциона ООО «АК «Союзпушнина»» состоялись 29–30 января 2016 г. Из 2087 выставленных шкурок куницы было продано 1273 шт. (61 %) по средней цене 37,3 долл. (табл.). В этом же году 27–29 апреля на 200 аукционе небольшая партия шкурок куницы реализована со следующим результатом: 8816 шкурок (99 %) по 41,3 долл. Следующий аукцион № 202, где на торги была выставлена партия шкурок куницы, состоялся 29–30 января 2017 г. Шкурок куницы было продано 1190 шт. (99 %) в среднем по цене 57,3 долл. На апрельском 203-м аукционе 2017 г. средняя цена на шкурки куницы выросла до 64,78 долл. за шт. Из 3426 выставленных шкурок было продано 97 % (3323 шт.).

В 2018 г. шкурки куницы были выставлены на 205-м и 206-м аукционах «Союзпушнинь». Была продана почти вся коллекция (99 и 98 % соответственно), средние цены – 59,47 долл. (январь) и 43,37 долл. (апрель).

В 2019 г. на 208 февральском аукционе было реализовано 1773 шкурки куницы

(98 % из выставленных). Средняя цена составила 50 долл. В апреле все 100 % выставленной пушнины промысловой куницы

(4764 шкурки) были проданы по средней цене 48 долл. (максимальная цена отдельных лотов составила по 70 долл. за шкурку).

Таблица

Результаты продаж шкурок куниц на международных пушных аукционах
ООО «АК «Союзпушнина» с 2016 по 2024 г.

Год	№ аукциона	Месяц	Выставлено, шт.	Продано		Цена в американских долларах		
				Шт.	%	Минимум	Средняя	Максимум
2016	199	Январь	2087	1273	61	32,0	37,34	41,0
	200	Апрель	8816	8728	99	17,0	41,29	74,0
2017	202	Январь	1202	1190	99	20,0	57,3	72,0
	203	Апрель	3426	3323	97	40,0	64,78	82,0
2018	205	Январь	5905	5846	99	18,0	59,47	72,0
	206	Апрель	12 317	12 070	98	5,0	43,37	62,0
2019	208	Февраль	1809	1773	98	35,0	50,0	60,0
	209	Апрель	4764	4764	100	22,0	48,0	70,0
2020	212	Октябрь	14 933	514	3	40,0	40,0	40,0
	213	Декабрь	13 328	3126	23	3,0	34,2	42,0
2021	214	Февраль	16 734	13 160	79	5,3	30,49	49,0
	215	Май	4799	1240	25	45,0	47,77	64,0
2022	217	Февраль	3793	3793	100	28,0	48,0	56,0
2023	221	Февраль	4427	4189	94,6	41,0	55,74	80,0
	222	Май	8734	6886	79	10,0	49,29	60,0
	223	Сентябрь	1848	1848	100	41,0	51,51	58,0
	224	Декабрь	1800	1800	100	39,0	62,38	74,0
2024	225	Февраль	6882	4881	70,9	52,0	67,53	76,0
	226	Май	7270	6437	88,5	18,5	63,81	70,0
	227	Сентябрь	2134	2134	100	46,0	60,0	64,0

В 2020 г. из-за пандемии COVID-19 резко снизились уровень продаж и средняя цена на пушнину, в том числе и на шкурки куницы. В октябре этого года было реализовано 3 % от выставленной коллекции куницы, а в декабре 23 %, или 3126 шкурок. Цены снизились до 40 долл. (октябрь) и 34,2 долл. (декабрь).

В 2021 г. шкурки промысловой куницы были выставлены на 214-м (февраль) и 215-м (май) пушных аукционах в количестве 13 160 и 1240 шт. соответственно. Доля продаж в феврале составила 79 %, в мае всего 25 %, поэтому в 2022 г. на февральском аукционе были проданы 3793 (100 %) шкурки куницы по средней цене 56 долл. за 1 шт.

В 2023 году – суммарно на 4 пушных аукционах (221-м, 222-м, 223-м, 224-м) было продано 14 723 шкурки куницы и выручено 780 380,29 долл.

В 2024 г. на прошедших трех пушных аукционах (225-м, 226-м, 227-м) средняя цена за шкурку куницы возросла до 67,53; 63,81 и 60 долл. соответственно.

Цены на шкурки куницы на международных аукционах «Союзпушнина» зависят от многих факторов: от качества выставленной пушнины, ее количества, заинтересованности покупателей, моды и погоды в текущем сезоне. Наблюдается конкуренция в цене шкурок куницы со шкурками промыслового соболя, поскольку последних на аукционах значительно больше, и они значительно дороже. Средняя цена на шкурки промысловой куницы за изучаемый период колебалась от 30,49 долл. в феврале 2021 г. до 67,53 долл. в феврале 2024 г. (рис. 1).

На шкурки промыслового соболя средняя цена на аукционах за этот период

была от 47,89 (2021 г.) до 134,94 долл. за шкурку [10]. Значительно уступают максимальные цены на шкурки куницы максимальным ценам на шкурки промыслового соболя. Самая высокая цена за лот

шкурки промысловой куницы составила в 2017 г. 82 долл. за шт. Аналогичная максимальная цена на шкурки промыслового соболя была в 2021 г. 2300 долл. за 1 шт. [3].

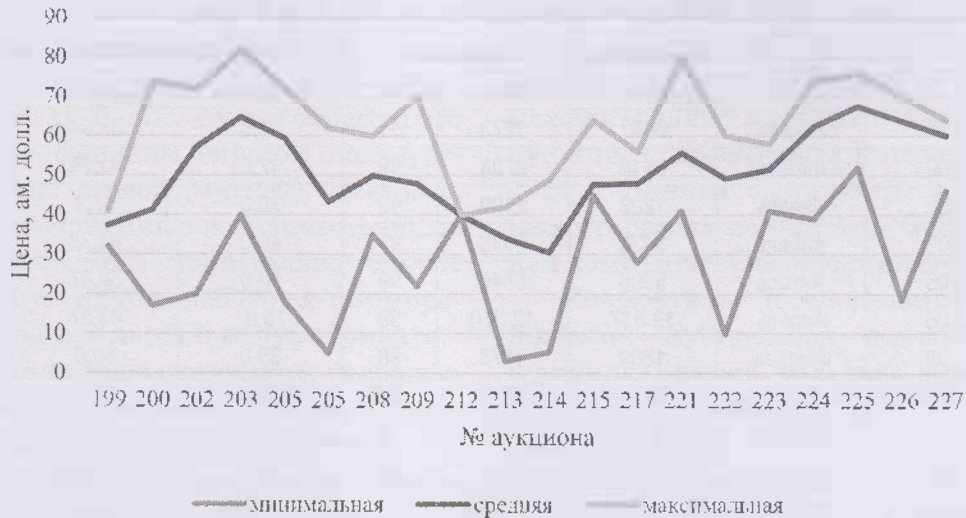


Рис. 1. Динамика цен шкурки промысловой куницы на международных пушных аукционах «Союзпушнина» (2016–2024 г., Санкт-Петербург)

Важным экономическим показателем работы международного аукциона является динамика продаж шкурки промысловых зверей. С 2016 по 2024 г. максимальное число шкурки куницы было продано на 214-м февральском аукционе (2021 г.) – 13 160 шт. (79 % от выставленной партии) (рис. 2). Для

сравнения: максимальная партия шкурки промыслового соболя, проданных в 2019 г. на апрельском аукционе, составила 265 261 шт. (90 %). Минимальное количество проданных шкурки куницы было в 2020 г. на 212-м пушном аукционе – 514 шт., или 3 % от выставленной на продажу коллекции.

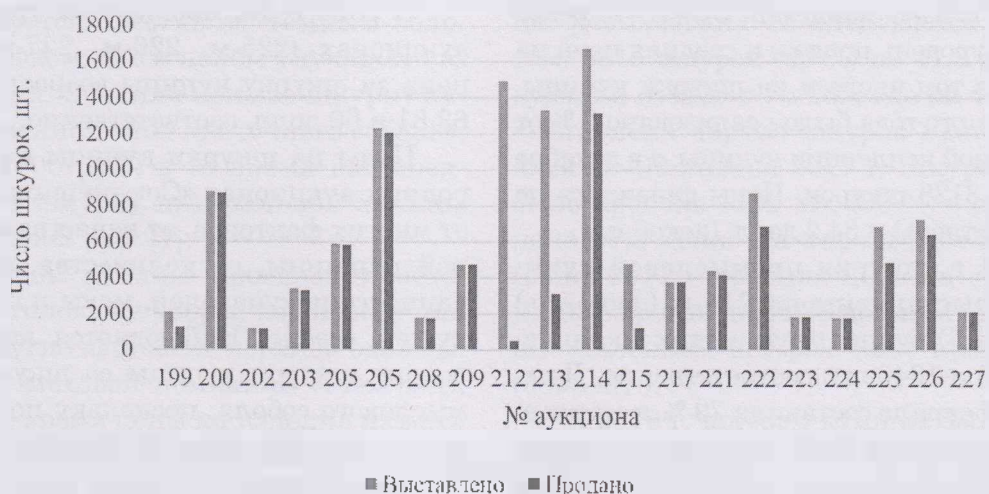


Рис. 2. Динамика продаж шкурки промысловой куницы на международных пушных аукционах «Союзпушнина» (2016–2024 г., Санкт-Петербург)

На большинстве международных пушных аукционов «Союзпушнина» за иссле-

дуемый период (2016–2024 г.г.) доля продаж шкурки промысловой куницы составляла

95–100 % (рис. 3). Исключением были аукционы 2020 г. (212 и 213), когда из-за панде-

мии COVID-19 продажи шкурок составили 3 и 23 % соответственно.

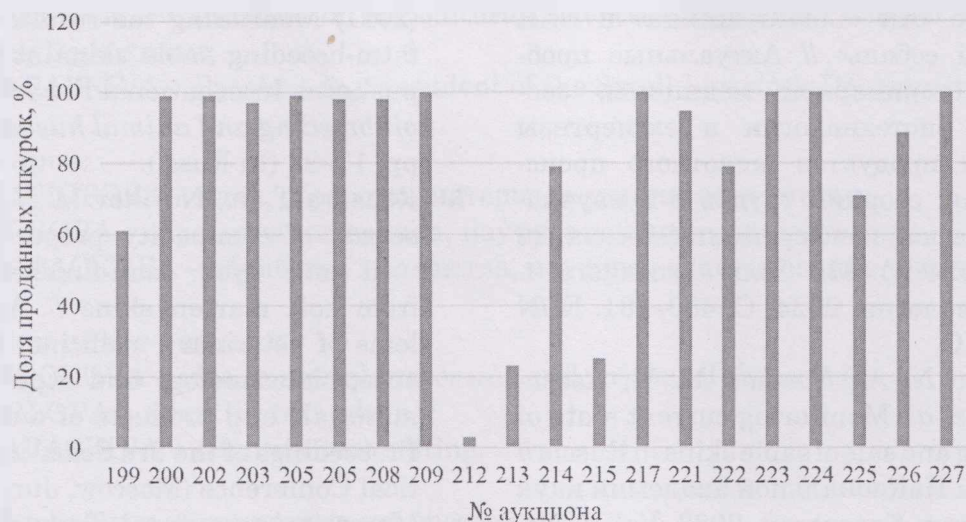


Рис. 3. Динамика доли продаж шкурок промысловой куницы на международных пушных аукционах «Союзпушнина» (2016–2024 г., Санкт-Петербург)

Закключение. С 2016 по 2024 г. компания «Союзпушнина» провела 29 международных аукционов (в среднем 3 аукциона в год). На 20 аукционах этого периода были выставлены на торги шкурки промысловой куницы. Исследовав динамику продаж шкурок промысловой куницы на международных пушных аукционах «Союзпушнина» (2016–2024 г., Санкт-Петербург), можно констатировать, что спрос на этот товар высокий, но объем промышленных заготовок куницы небольшой. На большей части территорий их обитания куницы немногочисленны, поэтому охота на них запрещена, и добыча их идет в строго лимитированном порядке.

Список источников

1. Балакирев Н. А. Перспективы развития отрасли клеточного пушного звероводства России // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2018. № 5. С. 54–57.
2. Балакирев Н. А., Орлова Е. А., Ульянова М. С. Современные технологии в клеточном пушном звероводстве // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2020. № 10. С. 68–74. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202010010. EDN NEDSUU.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М., 2020. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2018_
4. Итоги Санкт-Петербургского пушного аукциона «Союзпушнина» за 2016–2024 г.
5. Каталог изделий из меха куницы «Мехград».
6. Орлова Е. А., Федорова О. И., Зотова А. А. Мониторинг результатов продаж шкурок соболя клеточного разведения на Международном пушном аукционе «Союзпушнина» // Кролиководство и звероводство. 2021. № 6. С. 17–23.
7. Реусова Т. В., Новиков М. В. Исследование товарных свойств натурального и крашеного полуфабриката из шкурок куницы мягкой // 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.: Сельскохозяйственные технологии, 2024. С. 513–514. EDN CUYUCE.
8. Рогачевская М. А. Русские деньги // ЭКО. 2006. № 7 (385). С. 146–166. EDN HTZFMV.

9. Стрепетова О. А., Реусова Т. В., Горбачева, М. В. Анализ реализации шкурок куницы на международном пушном аукционе «АК «Союзпушнина» и БАК «Русский соболь» // 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.: Сельскохозяйственные технологии, 2024. С. 480–481. EDN WKETMO.
10. Balakirev N. A., Novikov M. V., Reusova T. V. et al. Monitoring current state of obtaining and sale of sable skins in Russia // Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан. 2022. Vol. 4. No. 344. Pp. 5–17. DOI: 10.32014/2022.2518-1483.167. EDN FONUVU.
5. Catalog of marten fur products «Mehgrad».
6. Orlova E. A., Fedorova O. I., Zotova A. A. (2021) Monitoring the results of sales of fatm-breeding sable skins at the Soyuzpushnina International Fur Auction. *Rabbit breeding and animal husbandry*, no. 6, pp. 17–23 (In Russ.).
7. Reusova T. V., Novikov M. V. (2024) Research of commodity properties of natural and dyed semi-finished products from soft marten skins // Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin: Proceedings of the 3rd Scientific and Practical Conference (Moscow, June 28, 2024). Moscow: Agricultural Technologies Publishing House. LLC. Pp. 513–514. – EDN CUYUCE (In Russ.).
8. Rogachevskaya M. A. (2006) Russian money. *ECO*, no. 7 (385), pp. 146–166. EDN HTZFMV (In Russ.)
9. Strepetova O. A., Reusova T. V., Gorbacheva M. V. Analysis of the marten skins sale at the international fur auction of Soyuzpushnina Oil Company and Russian Sable tank // Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin: Proceedings of the 3rd Scientific and Practical Conference (Moscow, June 28, 2024). Moscow: Agricultural Technologies Publishing House. LLC. 2024. Pp. 480–481. EDN WKETMO (In Russ.).
10. Balakirev N. A., Novikov M. V., Reusova T. V. et al. (2022) Monitoring current state of obtaining and sale of sable skins in Russia. *Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, vol. 4, no. 344, pp. 5–17. DOI: 10.32014/2022.2518-1483.167. EDN FONUVU.

References

1. Balakirev N. A. (2018) Prospects for the development of the Russian fur farming industry. *Veterinary, animal science, and biotechnology*, no. 5, pp. 54–57 (In Russ.).
2. Balakirev N. A., Orlova E. A., Ulyanova M. S. (2020) Modern technologies in fur farming. *Veterinary, animal science, and biotechnology*, no. 10, pp. 68–74. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202010010. EDN NEDSUU (In Russ.).
3. (2020) The State Report «On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2018». Moscow. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiys25koy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyani_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2018_.
4. The results of the St. Petersburg fur auction «Soyuzpushnina» for 2016–2024.

Информация об авторах:

О. И. ФЕДОРОВА – доктор биологических наук, профессор кафедры частной зоотехнии;
Е. А. ОРЛОВА – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии;
Е. Е. ПАРАСКИВА – аспирантка кафедры частной зоотехнии.

Information about the authors:

O. I. FEDOROVA – Doctor of biological Sciences, Associate Professor of the Small Livestock Department;

E. A. ORLOVA – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Small Livestock Department;

E. E. PARASKIVA – Postgraduate student of the Small Livestock Department.

Вклад авторов:

О. И. ФЕДОРОВА – идея, обработка материала и написание статьи;

Е. А. ОРЛОВА – обработка материала, научное редактирование текста;

Е. Е. ПАРАСКИВА – обработка материала, научное редактирование текста.

Contribution of the authors:

O. I. FEDOROVA – idea, material processing and writing of the article;

E. A. ORLOVA – scientific text editing;

E. E. PARASKIVA – scientific text editing.

Авторы заявляют об отсутствии интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.04.2025; одобрена после рецензирования 26.04.2025; принята к публикации 01.05.2025.

The article was submitted 21.04.2025; approved after reviewing 26.04.2025; accepted for publication 01.05.2025.

Обзорная статья

УДК 675.08:619

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506114

Коллаген: достижения, инновации и перспективы

Мария Владимировна Горбачева¹, Дарья Валерьевна Белевцова²,
Инна Михайловна Гордиенко³

^{1, 2, 3} Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МБА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹ gmv76@bk.ru; ORCID: 0000-0003-3654-4440;

² aldalisa@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2515-866X;

³ inna.gordienko@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4628-7126

Автор, ответственный за переписку:

Дарья Валерьевна Белевцова, aldalisa@mail.ru

Аннотация

В статье представлены данные о белоксодержащих отходах, в том числе отходах кожевеного производства, их классификации, химическом составе, возможных способах переработки и направлениях применения полученного из них коллагена. Указаны подразделение отходов кожевеного производства на группы в зависимости от стадии, на которой они получены, и возможные пути их дальнейшего использования. Приведены данные их химического состава по виду исходного сырья, применяемой технологии и стадии обработки. Представлены данные определения химического состава коллазоля, полученного разными методами. Описаны возможные пути и перспективы применения коллагена в различных отраслях: медицине, ветеринарии, косметологии, пищевой промышленности. Указано, что применение коллагена благодаря его уникальной молекулярной структуре позволяет значительно улучшить свойства получаемых препаратов: пролонгировать их действие, снизить токсичность и др. Отмечена ведущая роль коллагена в тканевой инженерии как биоконструкционного материала. Показана перспективность использования коллагена и его гидролизатов в производстве косметической продукции, в частности, разнообразных кремов, масок и др.

Ключевые слова: вторичные ресурсы, белоксодержащие отходы, коллаген, способы получения коллазоля, применение коллагена

Для цитирования: Горбачева М. В., Белевцова Д. В., Гордиенко И. М. Коллаген: достижения, инновации и перспективы // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 134–143. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506114>

Review article

Collagen: achievements, innovations and prospects

© Горбачева М. В., Белевцова Д. В., Гордиенко И. М., 2025

Mariya V. Gorbacheva¹, Darya V. Belevtcova², Inna M. Gordienko³^{1, 2, 3} Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia¹ gmv76@bk.ru; ORCID: 0000-0003-3654-4440;² aldalisa@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2515-866X;³ inna.gordienko@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4628-7126*Corresponding author:*

Darya V. Belevtcova, aldalisa@mail.ru

Abstract

The article presents data on the protein-bearing wastes, including leather waste, their classification, chemical composition, possible ways of processing and directions of application of collagen obtained from them. The division of tannery wastes into groups depending on the stage at which they are obtained and possible ways of their further utilization are specified. The data of their chemical composition by type of initial raw material, applied technology and processing stage are given. The data on determination of chemical composition of collagen obtained by different methods are presented. Possible ways and prospects of collagen application in various branches: medicine, veterinary medicine, cosmetology, food industry are described. It is pointed out that the use of collagen can significantly improve the properties of the obtained preparations: prolong their action, reduce toxicity, etc., due to its unique molecular structure. The leading role of collagen in tissue engineering as a bioconstructive material is noted. The prospect of using collagen and its hydrolysates in the production of cosmetic products, in particular, various creams, masks, etc., is shown.

Keywords: secondary resources, protein-containing waste, collagen, methods for obtaining collazol, use of collagen

For citation: Gorbacheva M. V., Belevtcova D. V., Gordienko I. M. (2025) Collagen: achievements, innovations and prospects. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 134–143. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506114>

Коллагенсодержащие вторичные ресурсы образуются при первичной переработке сырья на мясокомбинатах, кожсырьевых заводах и меховых базах. Ими являются некондиционные шкуры, обрезь шкур, образующаяся при контурировании сырья до начала запуска в производство, отходы голяя, возникающие в процессе переработки кожевенного сырья, а также сухожилия, отделяемые при переработке туш [13].

Следует отметить, что отходами кожевенного производства обычно считают остатки шкуры, кожи или полуфабриката, образующиеся в процессе превращения исходного материала в готовую продукцию, утратившие полностью или частично потребительские качества исходного материала (химические или физические свойства, в том числе полнотонность, конфигурацию и т.п.) [4]. Разработаны различные версии классификации отходов, причем для упорядочивания их систематизации применяют

разные критерии (рис. 1).

Вид образующихся отходов и их количество зависят от вида исходного сырья, применяемой технологии, стадии обработки, назначения конечного продукта и т.д. Химический состав коллагенсодержащих отходов представлен в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, наибольший удельный вес от абсолютно сухого вещества приходится на белковые вещества, представленные преимущественно коллагеном. Будучи основным структурным компонентом практически всех разновидностей соединительной ткани, коллаген во многом определяет ее важнейшие физиологические функции: механическую, трофическую, защитную и пластическую.

В связи с тем, что коллаген может быть наработан в виде зольей, гелей, волокнистых структур, он чрезвычайно удобен для

изготовления препаратов и биоматериалов различных форм и назначений [15]. Немаловажное значение имеет тот факт, что этот биополимер не токсичен, практически не антигенен, обладает хорошим регене-

рирующим, гидратантным действием, способностью к комплексообразованию с биологически активными и лекарственными веществами, полностью лизируется организмом.



Рис. 1. Основные группы отходов кожевенного производства и продукты их переработки

Таблица 1

Химический состав сырьевых и обработанных коллагенсодержащих отходов

Показатель, %	Сырьевые отходы, полученные от			Обработанные вторичные ресурсы		
	КРС	МРС	Свиньи	Обрезь после контурирования голяя	Голевой спилок	Сухожилия
Влага	60,0–65,0	73,0–77,0	64,0–68,0	60,0–75,0	70,0–75,0	60,0–63,0
Белки	30,0–50,0	15,0–20,0	22,0–26,0	20,0–25,0	20,0–24,0	32,0–38,0
Жир	1,5–3,5	2,0–4,0	4,0–7,0	0,7–1,0	0,3–0,5	2,0–4,0
Зола	0,7–1,5	0,8–1,5	0,5–1,5	1,5–3,0	1,5–2,5	0,5–0,7

На кафедре технологии и управления качеством продукции АПК имени С. А. Каспарьянца разработаны и запатентованы два способа получения коллагена – щелочно-соле-

вой [8] и пероксидно-щелочной [9]. В табл. 2 приведена сравнительная характеристика основных показателей химического состава коллазолов, полученных различными способами.

Таблица 2

Основные показатели химического состава коллазоля ($X \pm Sx$, $n=5$)

Содержание, % к абсолютно сухому веществу	Метод получения коллазоля	
	Щелочно-солевой	Пероксидно-щелочной
Коллагена	98,70±1,16	99,09±0,65
Углеводных компонентов	0,061±0,003	0,042±0,003
Минеральных веществ	0,043±0,003	0,024±0,002

Как видно данных из табл. 2, достоверной разницы между средними значениями содержания основного компонента в препаратах коллазоля, полученных разными

способами, обнаружено не было ($t_{\text{д}} < t_{\text{к}}$). Вместе с тем при пероксидно-щелочном способе получения количество минеральных компонентов в коллазоле благодаря

более активному механизму разволокнения структуры спилковой обрезки практически в 2 раза меньше, чем при щелочно-солевом. Дополнительно в качестве преимуществ пероксидно-щелочного способа можно также отметить более низкое содержание углеводных компонентов в готовом продукте (примерно на 1/3) по сравнению с щелочно-солевым методом.

Принимая во внимание результаты исследования, можно утверждать, что кол-

лагеновый золь, полученный пероксидно-щелочным методом, по степени очистки от сопутствующих компонентов, являющейся основным критерием качества, превосходит золь, выработанный по щелочно-солевой технологии.

На рис. 2 представлены данные массовой доли коллагена по оксипролину (% от сухого вещества качества) в опытных образцах зольей, полученных разными способами (патенты № 2129805 и 2031597).



Рис. 2. Содержание коллагена в коллазоле, полученном разными способами [3]

Диаграмма наглядно демонстрирует эффективность предлагаемых технологий, в частности, как пероксидно-щелочной, так и щелочно-солевой обработок коллагенсодержащих отходов.

Важность этих разработок обусловлена тем, что препараты из коллагенового золья в зависимости от цели применения могут быть изготовлены в виде губок, мазей, порошков, гелей, растворов для инъекций, лабораторно-диагностических средств, гранул для культивирования и афинной хроматографии.

Применение коллагена позволяет значительно улучшить свойства получаемых препаратов: пролонгировать их действие, снизить токсичность, уменьшить местную раздражающую реакцию при инъекционном введении, повысить терапевтический и диагностический эффекты, качество диагностики, увеличить сорбционную емкость сорбентов. Широкий спектр возможностей применения коллагена обусловлен его уникальной молекулярной структурой. Наличие на поверхности коллагена большого количества функционально активных групп

позволяет использовать его в качестве матрицы для иммобилизации препаратов различного спектра действия [14].

Следует отметить, что во всех материалах коллаген имеет упорядоченную нативную структуру. Такая структура важна для стимулирования активности моноцитов, тромбоцитов и взаимодействия их с клетками. Вместе с тем денатурированный коллаген на порядок менее активен. Выбор препарата определяется только целесообразностью улучшения его свойств совместимостью с коллагеном.

Ведущую роль коллаген играет в тканевой инженерии как биоконструкционный материал, где он используется для временной замены кожной и костной ткани, как компонент в искусственных кровеносных сосудах и клапанах, имплантат в косметической хирургии [7, 18–21]. На основе коллагена получают биodeградируемые материалы, называемые «искусственной кожей». Их изготавливают двухслойным способом – искусственную решетку из коллагена с контролируемым размером ячеек покрывают протеогликаном. Такая система

прочно связана с силиконовой мембраной, которая действует как временный испаритель и барьер для бактерий. После наложения на иссеченную рану решетка коллагена постепенно распадается, замещается фиброзной тканью и таким образом создается неoderma. Процесс завершается примерно через 30 сут – силиконовая мембрана отслаивается и замещается очень тонким слоем собственной кожи. Такие покрытия достаточно прочны и стягивают рану незначительно.

Проблема лечения ран занимает центральное место в современной врачебной практике и остается одной из актуальных в связи с высоким травматизмом. Известно изобретение по созданию биоразлагаемой ранозаживляющей пленки пролонгированного действия, изготовленной на основе смеси водных растворов 2%-й коллагеновой дисперсии рыбного происхождения, 2–4%-го раствора низкоэтерифицированных пектинов и 0,05–0,1%-го раствора протеолитического фермента (трипсина или химотрипсина). Подобное соотношение компонентов обеспечивает ускорение регенерации тканей и сокращение сроков лечения [10].

В ветеринарной медицине наиболее часто отмечают травматические повреждения с нарушением целостности кожи, длительно незаживающие раны и язвы, требующие экстренной терапии с применением эффективных терапевтических средств пролонгированного действия. В качестве носителя для клеток коллаген как природный материал и носитель лекарственных средств наиболее изучен, доступен и биосовместим, способен к резорбции *in vivo* без образования токсичных продуктов. Постепенно разрушаясь, он замещает раневую поверхность новыми тканями, не вызывая грубых морфологических изменений [7].

Тестирование лекарственных средств с мезенхимальными стромальными клетками (МСК) представляет большой интерес в связи с их способностью самообновляться *in vitro*, пролиферировать в культуре длительное время, образуя стабильные диплоидные клеточные линии, формировать клетки тканей при индукции к дифферен-

цировке, низкой иммуногенности и иммуносупрессии в отношении Т-клеток [17].

Способность к множественной дифференцировке, легкий доступ, низкая иммуногенность и значительная роль в физиологии заживления ран привели к широкому использованию этих клеток при заживлении ран. МСК эффективны на всех стадиях заживления ран. Так, стволовые клетки, полученные из жировой ткани, были загружены в матрикс-гели неденатурированного коллагена и исследованы на модели мышей на предмет заживления раны кожного разреза. Через 15 сут после имплантации рана закрылась. Результатом терапии стало повышение эластичности и увлажненности кожи, увеличение плотности коллагена и эластина и их правильное расположение [16].

Другое перспективное направление использования коллагена и его гидролизатов – косметическая продукция (в частности, разнообразные кремы, маски и средства личной гигиены) [5]. Эффективность крема на основе жира страуса можно оценить по результатам увлажнения и упругости кожи (рис. 3). Для повышения этих характеристик в состав дневного крема были введены твердая и жидкая фракции, а также гидролизат белка из соединительнотканной оболочки жира страуса в следующем соотношении (масс.%): 2,5; 9,0; 1,45. Под динамическим наблюдением находились 30 женщин в возрасте от 25 до 30 лет с диагнозом «сухая кожа лица». Замеры показателей свойств фиксировали инструментальным путем на приборе Dermal Abseries (Дания) в течение 30 сут.

Комплексное действие двух фракций и белковой составляющей жира страуса обусловило выраженный положительный результат на клиническое состояние кожи, в том числе за счет лучшего проникновения компонентов в более глубокие слои эпидермиса. Эффективность крема с коллагеном объясняется тем, что гигроскопическая коллагеновая пленка действует наподобие влажного компресса. При этом трансэпидермальная потеря воды кожей снижается. Благодаря гигроскопическим свойствам коллагена повышается влажность рогового

слоя кожи, что дает основания считать косметический крем с коллагеном надежным защитным средством, а следовательно, геронтопротектором. Однако необходимо учи-

тывать, что коллаген не влияет на структуру кожи, а просто заполняет микротрещины и морщины, т.е. временно сглаживает ее неровности и действует как увлажнитель.

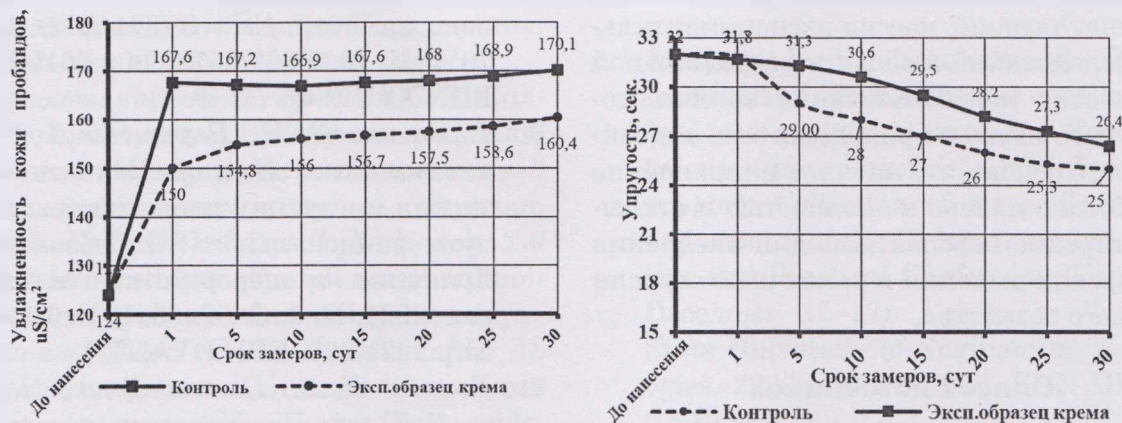


Рис. 3. Влияние гидролизата белка в составе крема на показатели увлажненности (А) и упругости (Б) кожи пробандов

В связи с реализацией государственной политики в области здорового питания значительная роль отводится применению в технологии производства мясных продуктов соединительнотканых белков как пищевых волокон со всеми присущими им физиологическими свойствами. В полной мере это относится и к рациональному использованию коллагенсодержащего сырья.

Нельзя не отметить, что весомый вклад в развитие научного направления создания эффективных технологий получения и использования в пищевой отрасли, а также биомедицинских целях гидролизатов коллагена внесли наши коллеги из ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» и ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева». Очищенные коллагеновые субстанции из соединительнотканых отходов мясоперерабатывающей и рыбной промышленности выступают как компоненты рецептур продуктов питания с заданным составом и уровнем балластных веществ [1, 2, 11].

Специалистами компании «Могунция» совместно с иностранными коллегами был отработан совершенно новый способ использования коллагенового белка, который ради-

кально отличается от традиционного способа и имеет ряд преимуществ. Суть технологии заключается в создании системы максимально активированного коллагена с мышечным белком миозином (МАК). Такая система позволяет связать большее количество влаги, чем при традиционной схеме составления фарша, является термостабильной и помогает получить более плотную структуру. Применяется МАК в количестве от 30 до 80 % при производстве продукции с высоким выходом (в печеночных и мясных паштетах, эмульсиях, фаршах) [12].

Еще один аспект применения связан с получением пленочных съедобных и формовочных материалов, а также подложек для хранения. Способность к структурированию дает огромные перспективы в реализации барьерных технологий. Обоснована и апробирована технология изготовления широкого ассортимента полуфабрикатов в пленочных коллагеновых покрытиях (котлеты, биточки, фрикадельки, зразы и др.). Формованные сырые полуфабрикаты обрабатывают коллагеновой дисперсией методом погружения. Образовавшаяся пленка улучшает внешний вид, форму продукта, после термической обработки усиливает цвет, повышает сочность и выход продуктов.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод о востребованности уни-

кального природного биополимера коллагена в различных сферах промышленного производства, что обусловлено его структурой и свойствами.

Однако следует отметить, что несмотря на впечатляющий массив экспериментальных исследований в области рациональной переработки и использования коллагеносодержащего сырья и природных биокомпозигов на его основе, это научное направление проработано далеко не полностью и открывает широкие перспективы для внедрения новаторских решений в различные отрасли народного хозяйства.

Список источников

1. Антипова Л. В., Каракотов Р. Д., Романюк Т. И. Применение коллагена в пищевых и медицинских производствах // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов IX Международной научно-практической конференции (Воронеж, 15–17 декабря 2022 г.). Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. С. 227–229. EDN DWVJTI.
2. Антипова Л. В., Хатко З. Н., Широкова А. С. Перспективы применения пектин – коллагеновых веществ в качестве компонента пищевой влагоудерживающей подложки // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов IX Международной научно-практической конференции (Воронеж, 15–17 декабря 2022 г.). Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. С. 387–390. EDN OVMISS. 1
3. Белевцова Д. В. Оценка качества коллагеносодержащих отходов и получаемых на их основе зольей коллагена: дис. ... канд. техн. наук. М., 2006. 141 с.
4. Бобович Б. Б. Переработка промышленных отходов: учебник для вузов. М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. 445 с.
5. Горбачева М. В., Тарасов В. Е., Сапожникова А. И. и др. Использование жира страуса и гидролизата белка из соединительной ткани как компонентов для повышения биологической активности косметического крема // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 5–6 (371–372). С. 66–70. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.17. EDN XXUESQ.
6. Гордиенко И. М., Белевцова Д. В., Сапожникова А. И. и др. Коллагеносодержащая продукция оленеводства: новые пути рационального использования // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 2. С. 52–63. DOI: 10.36107/spfp.2021.225. EDN OYANTQ.
7. Гюнтер Н. А., Пакина В. А., Перевезев В. Ю. и др. Применение коллагена в современной медицине // Флагман науки. 2024. № 7 (18). С. 34–38. EDN CCNBUA.
8. Патент № 2031597 С1 Российская Федерация, МПК А23J 1/10, С09Н 1/00, С14С 1/08. Способ получения коллагенового золя: № 5022810/13: заявл. 12.02.1992 : опубл. 27.03.1995 / С. А. Каспарьянц, А. И. Сапожникова, Н. В. Месропова и др. EDN ZKVIDF.
9. Патент № 2129805 С1 Российская Федерация, МПК А23J 1/10, С09Н 1/00, 3/00, С14С 1/08 Способ получения коллазоля: №97121210/13: заявл. 30.12.1997, опубл.: 10.05.1999 / А. И. Сапожникова, С. А. Каспарьянц, Д. В. Белевцова. 7 с.
10. Патент № 2789304 С1 Российская Федерация, МПК А61L 15/28, А61L 15/32, А61L 15/38. биоразлагаемая ранозаживляющая пленка: №2022114964: заявл. 01.06.2022 : опубл. 01.02.2023 / С. К. Куижева, Л. В. Антипова, З. Н. Хатко и др.; заявитель ФГБОУВО «Майкопский государственный технологический университет». EDN RRTVVI.
11. Патент № 2789758 С1 Российская Федерация, МПК С08Н 1/06, А61К 8/65, С07К 14/78. Способ получения раствора гидрата коллагенов пресноводных гидробионтов: №2021139828: заявл. 30.12.2021: опубл. 09.02.2023 / С. С. Антипов, В. Г. Артюхов, Л. В. Антипова, А. Ю. Языков; заявитель ФГБОУВО «Воронежский государственный университет». EDN YIOJGJ.

12. Прянишников В. В., Микляшевски П. Животные белки «Могунции» для антикризисной программы // Мясная индустрия. 2009. № 3. С. 46–47.
13. Пустыльник Я. И. Кожевенные отходы золотое дно // В мире оборудования. 2002. № 1. С. 12–13; № 2. С. 16–17.
14. Сапожникова А. И., Васенко С. В. Коллагеновые пленки «Стевиакол»: получение и возможности использования // Российский ветеринарный журнал. 2009. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kollagenovye-plenki-steviakol-poluchenie-i-vozmozhnosti-ispolzovaniya>.
15. Сапожникова А. И., Гордиенко И. М. Белоксодержащие отходы: инновации в рециклинге // Инновационные решения в товароведении сырья, продукции и рециклинг вторичных ресурсов АПК: сборник научных трудов. М., 2017. С. 4–7. EDN QIPZFF.
16. Шейхи К., Девришов Д. А., Полябин С. В. Использование стволовых клеток в регенерации раневых повреждениях у животных // 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.: Сельскохозяйственные технологии, 2024. С. 288–290. EDN IRLRAW.
17. Brown Ch., McKee Ch., Bakshi Sh. Mesenchymal Stem Cells: Cell Therapy and Regeneration Potential // Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine. 2019. Vol. 13 (9). Pp. 1738–1755.
18. Chen J., Gao K., Liu S. et al. Fish Collagen Surgical Compress Repairing Characteristics on Wound Healing Process In Vivo // Mar. Drugs. 2019. Vol. 17. P. 33.
19. Lee S. W., Kim S. G. Membranes for the guided bone regeneration // Maxillofac Plast Reconstr Surg. 2014. Vol. 36 (6). P. 239. DOI: 10.14402/jkampr.2014.36.6.239
20. León-López A., Morales-Peñaloza A., Martínez-Juárez V. M. et al. Hydrolyzed Collagen—Sources and Applications. Molecules. 2019. Vol. 24. P. 4031.
21. Wenqian Jiang, Youwen Tan, Mengjie Cai et al. Human Umbilical Cord MSC-Derived

Exosomes Suppress the Development of CCl4-Induced Liver Injury through Anti-oxidant Effect // Hindawi. 2018. Pp. 1–11.

References

1. Antipova L. V., Karakotov R. D., Romanuk T. I. (2022) The use of collagen in food and medical industries // Food safety: scientific, personnel and information support: Collection of scientific articles and reports of the IX International Scientific and Practical Conference (Voronezh, December 15–17). Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies. 2023. Pp. 227–229. EDN DVZHTI (In Russ.).
2. Antipova L. V., Khatko Z. N., Shirokova A. S. (2023) Prospects for the use of pectin – collagen substances as a component of a food moisture-retaining substrate // Food safety: scientific, personnel and information support: Collection of scientific articles and reports of the IX International Scientific and Practical Conference (Voronezh, December 15–17, 2022). Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies. Pp. 387–390 (In Russ.).
3. Belevtsova D. V. (2006) Assessment of the quality of collagen-containing waste and collagen sols obtained on their basis: dis. ... Candidate of Technical Sciences. Moscow. 141 p. (In Russ.).
4. Bobovich B. B. (1999) Processing of industrial waste: a textbook for universities. M.: JV Internet Engineering. 445 p. (In Russ.).
5. Gorbacheva M. V., Tarasov V. E., Sapozhnikova A. I. et al. (2019) Ostrich fat and hydrolysate of protein from connecting tissue as components for enhanced biological activity of cosmetic cream. *News of higher educational institutions. Food technology*, no. 5–6 (371–372), pp. 66–70. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.17. EDN XXUESQ (In Russ.).
6. Gordienko I. M., Belevtsova D. V., Sapozhnikova A. I. et al. (2021) Collagen-containing products of reindeer husbandry: new ways of rational use. *Storage and Pro-*

- cessing of Farm Products, no. 2, pp. 52–63. DOI: 10.36107/spfp.2021.225. EDN OYAHTQ (In Russ.).
7. Gunter N. A., Pakina V. A., Pereverzev V. Yu. et al. (2024) The use of collagen in modern medicine. *Flagship of Science*, no. 7 (18), pp. 34–38. EDN CCNBUA (In Russ.).
 8. Patent No. 2031597 C1 Russian Federation, IPC A23J 1/10, C09H 1/00, C14C 1/08. Method of obtaining collagen sol: №5022810/13: application 12.02.1992: 27.03.1995 / S. A. Kasparyan, A. I. Sapozhnikova, N. V. Mesropova et al. EDN ZKVIDF (In Russ.).
 9. Patent № 2129805 C1 Russian Federation, IPC A23J 1/10, C09H 1/00, 3/00, C14C 1/08 License request: № 97121210/13: application dated 12/30/1997, published: 05/10/1999 / A. I. Sapozhnikova, S. A. Kasparyants, D. V. Belevtsova. 7 p. (In Russ.).
 10. Patent № 2789304 C1 Russian Federation, IPC A61L 15/28, A61L 15/32, A61L 15/38. biodegradable wound healing film : № 2022114964 : application 06/01/2022 : published 02/01/2023 / S. K. Kuizheva, L. V. Antipova, Z. N. Khatko et al.; applicant «Maikop State Technological University». EDN RRTVVI (In Russ.).
 11. Patent No. 2789758 C1 Russian Federation, IPC C08H 1/06, A61K 8/65, C07K 14/78. Method for obtaining a solution of collagen hydrate from freshwater aquatic organisms: No. 2021139828: application no. 12/30/2021: published 02/9/2023 / S. S. Antipov, V. G. Artyukhov, L. V. Antipova, A. Yu. Yazykov; applicant “Voronezh State University”. EDN YEOJJ. (In Russ.).
 12. Pryanishnikov V. V., Miklyashevsky P. (2009) Animal proteins «Moguntia» for the anti-crisis program. *Meat industry*, no. 3, pp. 46–47 (In Russ.).
 13. Pustyl'nik Ya. I. (2002) Leather waste is a golden bottom. *In the world of equipment*, no. 1, pp. 12–13; no. 2, pp. 16–17 (In Russ.).
 14. Sapozhnikova A. I., Vasenko S. V. (2009) Production and potentialities of collagen films «steviacol». *Russian veterinary journal*, no. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kollagenovye-plenki-steviakol-poluchenie-i-vozmozhnosti-ispolzovaniya> (In Russ.).
 15. Sapozhnikova A. I., Gordienko M. (2017) Protein-containing waste: innovation in recycling // Innovative solutions in commodity science of raw materials, products and recycling of secondary resources of the agro-industrial complex: collection of scientific M. Pp. 4–7. EDN QIPZFF (In Russ.).
 16. Sheikhi K., Devrishov D. A., Pozyabin S. V. (2024) The use of stem cells in the regeneration of wound injuries in animals // Actual problems of veterinary medicine, animal science, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin : Proceedings of the 3rd Scientific and Practical Conference (Moscow, June 28, 2024). Moscow: Agricultural Technologies Publishing House, LLC. Pp. 288–290. EDN IRLRAW (In Russ.).
 17. Brown Ch., McKee Ch., Bakshi Sh. (2019) Mesenchymal Stem Cells: Cell Therapy and Regeneration Potential. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, vol. 13 (9), pp. 1738–1755.
 18. Chen J., Gao K., Liu S. et al. (2019) Fish Collagen Surgical Compress Repairing Characteristics on Wound Healing Process In Vivo. *Mar. Drugs*, vol. 17, p. 33.
 19. Lee S. W., Kim S. G. (2014) Membranes for the guided bone regeneration. *Maxillofac Plast Re-constr Surg.*, vol. 36 (6), p. 239. DOI: 10.14402/jkamprs.2014.36.6.239.
 20. León-López A., Morales-Peñaloza A., Martínez-Juárez V. M. et al. (2019) Hydrolyzed Collagen—Sources and Applications. *Molecules*, vol. 24, p. 4031.
 21. Wenqian Jiang, Youwen Tan, Mengjie Cai et al. (2018) Human Umbilical Cord MSC-Derived Exo-somes Suppress the Development of CCl4-Induced Liver Injury through Antioxidant Effect. *Hindawi*. Pp. 1–11.

Информация об авторах:

М. В. ГОРБАЧЕВА – доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой технологии и управления качеством продукции АПК имени С. А. Каспарьянца;

Д. В. БЕЛЕВЦОВА – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и управления качеством продукции АПК имени С. А. Каспарьянца;

И. М. ГОРДИЕНКО – кандидат технических наук.

Information about the authors:

M. V. GORBACHEVA – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology and Quality Management of Agricultural Products n. a. S. A. Kasparyants;

D. V. BELEVTCOVA – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Quality Management of Agricultural Products n. a. S. A. Kasparyants;

I. M. GORDIENKO – Candidate of Technical Sciences.

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 22.04.2025; одобрена после рецензирования 27.04.2025; принята к публикации 02.05.2025.

The article was submitted 22.04.2025; approved after reviewing 27.04.2025; accepted for publication 02.05.2025.

Научная статья

УДК: 579.62

DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202506115

Биотехнология противорожистых вакцин: перспективные решения

Андрей Дмитриевич Роенко¹, Николай Васильевич Пименов²

^{1,2}Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку:

Андрей Дмитриевич Роенко, rond900@gmail.com

Аннотация

Erysipelothrix spp. – это группа мелких грамположительных бактерий, которые могут заражать различных хозяев, включая млекопитающих, рыб, птиц, рептилий и насекомых. Из 8 видов *Erysipelothrix*, описанных на сегодняшний день, только *Erysipelothrix rhusiopathiae* является возбудителем рожи. При отсутствии профилактики и лечения рожа свиней может приводить к осложнениям и летальным исходам у свиней, что, в свою очередь, несет существенные финансовые убытки для свиноводческих предприятий. *E. rhusiopathiae* также обладает антропозоонозным потенциалом и может вызывать рожистое воспаление у людей, имеющих непосредственное отношение к мясной и рыбной промышленности. Хотя известно 28 серотипов *Erysipelothrix*, более 80 % выявленных изолятов относятся к серотипам 1 или 2. Поэтому на сегодняшний день большинство вакцинных штаммов, из которых производятся вакцинопрепараты против рожи свиней, в Российской Федерации представлены именно этими серотипами.

В работе представлен обзор вакцин против рожи в России для предложения более эффективных методов профилактики при борьбе с данным заболеванием на территории нашей страны.

Ключевые слова: вакцина, профилактика, рожа свиней, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, инфекционные болезни

Для цитирования: Роенко А. Д., Пименов Н. В. Биотехнология противорожистых вакцин: перспективные решения // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 144–152. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506115>

Original article

Biotechnology of erysipelas vaccines: perspective solutions

Andrey D. Roenko¹, Nikolay V. Pimenov²

^{1,2}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

© Роенко А. Д., Пименов Н. В., 2025

Corresponding

Andrey D. Roenko, rond900@gmail.com

author:

Abstract

Erysipelothrix species are a group of small Gram-positive bacteria that can infect a variety of hosts, including mammals, fish, birds, reptiles, and insects. Of the eight Erysipelothrix species described to date, only Erysipelothrix rhusiopathiae plays a major role in livestock production, where it is the causative agent of erysipelas. If left untreated, swine growth restriction can result in pig eliminations and deaths, which in turn imposes additional financial burden on swine production enterprises. E. rhusiopathiae also has anthroponozoonotic potential and can cause erysipelas in humans, which has direct implications for the meat and fish industries. Although 28 serotypes of Erysipelothrix are known, more than 80 % of the identified isolates belong to serotypes 1 or 2.

Therefore, today, most vaccine strains that are produced as vaccine preparations against swine erysipelas in the Russian Federation are these serotypes.

In this article, a review of vaccines against erysipelas in Russia is intended to offer more effective methods of prevention in the region against these diseases on the territory of our country.

Keywords: vaccine, prevention, pig erysipelas, Erysipelothrix rhusiopathiae, infectious diseases

For citation: Roenko A. D., Pimenov N. V. (2025) Biotechnology of erysipelas vaccines: perspective solutions. *Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 144–152. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506115>

Введение. Рожа – это острое бактериальное заболевание свиней и других видов животных, которое часто характеризуется появлением приподнятых красных пятен на коже. Возбудителем данного заболевания является грамположительная палочка *Erysipelothrix rhusiopathiae* [2, 12].

E. rhusiopathiae разделены на 16 серотипов; 1, 2, 4–6, 8, 9, 11, 12, 15–19, 21, 23 и N. Серотип N не реагирует с серотип-специфическими антигенами [20, 26, 28]. Серотипы 1 и 2 – основные патогены во всем мире; их подразделяют на 1a или 1b, а также 2a или 2b [15]. Серотип N имеет возможность перехода в другие серовары. Ряд поверхностных белков, таких как холинсвязывающие белки (Cbp) B, глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа (GAPDH), поверхностный белок *E. rhusiopathiae* (RSp) A и поверхностный защитный антиген (Spa) A, B и C, идентифицированы как защитные антигены *E. rhusiopathiae* [30]. Среди этих поверхностных белков наиболее изучен SpaA [13]. Карбоксильная область белка Spa имеет структурную гомологию с Cbps *Streptococcus pneumoniae*, которая содержит глицин-триптофановые повторы [18, 21]. Spa также прикрепляется к фосфорилхолину на эндотелиальных клетках через эту область [31].

Аминоацил-конец белка Spa имеет вариабельную область, необходимую для индукции защитного иммунитета.

Защитный иммунитет не ограничивается одним серотипом. При вакцинации одним серотипом могут наблюдаться различные уровни перекрестной защиты от других серотипов [5, 16, 27].

Лечение рожи, как правило, включает в себя применение антибиотиков, что является финансово затратным процессом, а также создает риски возникновения антибиотикорезистентности у бактерий *E. rhusiopathiae* [7, 9].

На сегодняшний день большинство вакцин против рожи свиней представлены серотипами 1a и 2, однако встречаются также вакцины из серотипа N (например, живые аттенуированные вакцины из штамма BP-2).

Цель исследования. Обзор противорожистых препаратов, представленных на рынке Российской Федерации, и предложение эффективной методики вакцинации поголовья на свиноводческих предприятиях.

Результаты и обсуждение. Согласно Государственному реестру лекарственных средств ветеринарного назначения [6] на сегодняшний день в Российской Федерации

зарегистрировано 18 вакцин против рожи свиней, из которых 10 – импортные, а 8 –

отечественные. Список вакцинопрепаратов представлен в табл.

Таблица

Список вакцинопрепаратов против болезни рожи свиней

Коммерческое название	Штамм	Форма выпуска	Производитель
Вакцина против рожи свиней из штамма BP-2 живая сухая	<i>E. rhusiopathiae</i> BP-2	Лиофилизат для приготовления суспензии (живая вакцина)	ФКП «Щелковский биокомбинат» (Россия)
Депонированная вакцина против рожи свиней	Культура бактерий рожи-стой палочки 2-го матрикса Конева	Суспензия (живая вакцина)	ФКП «Армавирская биофабрика» (Россия)
Вакцина против рожи свиней из штамма BP-2 живая сухая	<i>E. rhusiopathiae</i> BP-2	Лиофилизат для приготовления суспензии (живая вакцина)	ФКП «Армавирская биофабрика» (Россия)
«Рувак»	<i>E. rhusiopathiae</i> BP-2	Лиофилизат для приготовления суспензии (живая вакцина)	ФКП «Ставропольская фабрика»
Вакцина против болезни Ауески и рожи свиней	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> серовара 2a	Суспензия (инактивированная вакцина)	ООО «Ветбиохим» (Россия)
«ВЕРРЕС-ЛЭП»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> серовара 2a (штамм М-2)	Суспензия (инактивированная вакцина)	ООО «Ветбиохим» (Россия)
«ВЕРРЕС-ЭП»	Штаммы серовара 2a (М-2, 1933, 1893)	Суспензия (инактивированная вакцина)	ООО «Ветбиохим» (Россия)
Вакцина ассоциированная против лептоспироза, рожи и парвовирусной инфекции свиней инактивированная	Культура <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	Суспензия (инактивированная вакцина)	ФКП «Армавирская биофабрика» (Россия)
«Синпарв-МР»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> S-10R	Эмульсия (инактивированная вакцина)	«Laboratorios SYVA s.a.u.» (Испания)
«ЭРИСЕНГ ПАРВО/ЛЕПТО»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> R32E11	Суспензия (инактивированная вакцина)	«Hipra Saude Animal Ltda» (Испания)
«ЭРИСЕНГ»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> R32E11	Суспензия (инактивированная вакцина)	«Laboratorios Hipra, S. A.» (Испания)
«ЭРИСЕНГ®ПАРВО»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> R32E11	Суспензия (инактивированная вакцина)	«Laboratorios Hipra, S. A.» (Испания)
«ПАРВОСУИН-MR»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> R32E11	Эмульсия (инактивированная вакцина)	«Laboratorios Hipra, S. A.» (Испания)
«Порцилис® Ery+Parvo»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> M2, серотип 2	Суспензия (инактивированная вакцина)	«Intervet International B.V.» (Нидерланды)
«Порцилис® Ery»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> M2, серотип 2	Суспензия (инактивированная вакцина)	«Intervet International B.V.» (Нидерланды)
«Рувакс»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> , серотип 2	Суспензия (инактивированная вакцина)	«Boehringer Ingelheim Animal Health France SCS» (Франция)
«Парворувакс»	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> , серотип 2	Суспензия (инактивированная вакцина)	«Merial» (Франция)
«Фарошур Голд В»	Штамм CN 3342	Эмульсия (инактивированная вакцина)	«Zoetis LLC» (США)

Живые вакцины, используемые исключительно в моновариантах, успешно применяются для первичной и бустерной вакцинации молодняка, гарантируя защиту вакцинированного поголовья от заболевания. Это позволяет ремонтному молодняку перейти в группу свиноматок с высоким уровнем гуморальных антител. Однако такие вакцины плохо подходят для вакцина-

ции свиноматок, поскольку при этом имеется риск циркуляции живого возбудителя рожи в стаде маточного поголовья.

Также в последнее время стали доступны многие платформы вакцин, включая очищенные микробные компоненты, субъединичные вакцины на основе конъюгатов полисахарид-белок-носитель или рекомбинантных белков, ДНК-вакцины, нано-

вакцины и др. Были разработаны новые подходы и стратегии для создания вакцины против рожи свиней, которые достигли доклинической стадии. К ним относятся кандидаты на субъединичную вакцину и кандидаты на аттенуированную вакцину. Микрокристаллическая целлюлоза (Avice1 PH-101) в качестве носителя для доставки рекомбинантного белкового антигена была протестирована путем слияния SpaA с целлюлозосвязывающим доменом эндоглюканазы II гриба *Trichoderma harzianum* с помощью пептида S3N10 [17]. Слитный белок был экспрессирован в *E. coli* и впоследствии связан с Avice1 PH-101. Вакцина была протестирована на мышах и обеспечила 100 % защиту мышей от заражения изолятом серотипа 15 [17]. Хотя этот конкретный кандидат в вакцины и выглядит многообещающе, но его необходимо проверить на свиньях.

В свиноводстве, где крайне необходимы экономически эффективные вакцины, одной из наиболее сложных стратегий является разработка векторных вакцин, которые могут одновременно предотвращать различные заболевания и являются недорогими в производстве. Благодаря способности *E. rhusiopathiae* эффективно вызывать как гуморальный, так и клеточный иммунный ответ, для этой цели используются ослабленные изоляты *E. rhusiopathiae*.

Было показано, что ослабленные вакцины *E. rhusiopathiae*, экспрессирующие рекомбинантный белок P97-адгезина *Mycoplasma hyopneumoniae*, могут вызывать защитный иммунитет против смертельной инфекции *E. rhusiopathiae*, а также уменьшать микоплазменные поражения после экспериментального заражения вирулентной *M. hyopneumoniae* при интраназальном и пероральном введении. Также было обнаружено, что однократная внутрикожная инъекция векторной вакцины с помощью безыгольного инъектора эффективна против микоплазменной инфекции [1249].

Защита от *Erysipelothrix* spp. обычно обеспечивается антителами против антигенов, расположенных на поверхности бактерий, и некоторых антигенов, присутствующих в надосадочной жидкости культуры. Первая последовательность генома

E. rhusiopathiae стала доступна в 2011 г. и показала наличие полного набора генов биосинтеза пептидогликана, двухкомпонентных регуляторных систем и различных факторов вирулентности, связанных с клеточной стенкой, включая капсулу и адгезины [19]. Капсула прежде всего играет важную роль в уклонении от иммунного ответа, однако капсула *E. rhusiopathiae* плохо иммуногенна, и антитела против капсульного антигена не защищают [22].

Другие защитные антигены *E. rhusiopathiae*, о которых сообщалось до настоящего времени, включают RspA (*rhusiopathiae* с поверхностным р-белком А), CbpB (схоллин-б, индуцирующий р-белок) [23, 31] и GAPDH (глицер-альдегид-3-р-фосфат-дегидрогеназа) [32]. Эти защитные антигены участвуют в формировании биопленки (RspA) и адгезии к эндотелиальным клеткам свиней (SpaA и GAPDH) [14], а также к белкам внеклеточного матрикса, включая фибронектин (RspA и GAPDH), коллаген (RspA) и плазминоген (GAPDH) [32]. Все эти защитные антигены находятся на поверхности, и защитные функции этих белков обеспечиваются опсонифагоцитарным уничтожением макрофагами. Хотя все предложенные защитные антигены широко распространены в *E. rhusiopathiae* [25], неизвестно, приводят ли различия в этих антигенах к разной степени перекрестной защиты.

Закключение. О случаях неэффективности вакцины против рожи свиней сообщается не всегда либо очень редко. В течение последних десятилетий вспышки *E. rhusiopathiae* обычно наблюдались при прекращении программы вакцинации против рожи свиней в целях снижения производственных затрат. Документально подтверждено, что вакцинация свиней проводилась ненадлежащим образом. Вероятно, это также стало причиной последней крупной вспышки рожи свиней в США в 2000–2001 гг. Вероятно, так же, что зачастую инактивированные вакцины не всегда обеспечивают достаточно напряженный иммунитет по сравнению с живыми. При этом все зарубежные вакцины против рожи свиней за рубежом являются инактивированными, что так же могло являться причиной вспышек заболевания.

Для эффективной профилактики болезни рожи свиней необходимо комбинированное использование разных вакцинопрепаратов в зависимости от целевой группы, которую требуется вакцинировать [3, 10].

Помимо этого, применение моновалентных живых вакцин не всегда представляется возможным (в частности, в случае необходимости вакцинации сразу от нескольких возбудителей в неблагополучных хозяйствах). Однако живые вакцины по-прежнему превосходят инактивированные в напряженности иммунитета, а также отсутствии необходимости повторной вакцинации [1, 4, 8]. В Российской Федерации зарегистрированы 18 вакцинопрепаратов против рожи свиней, 8 из которых являются отечественными. Более того, отечественные препараты, в отличие от зарубежных, предоставляют выбор между вакцинацией живыми и инактивированными микроорганизмами, что позволяет говорить о возможности полного импортозамещения вакцин против рожи свиней на территории нашей страны.

Ослабленные изоляты *E. rhusiopathiae* могут использоваться в качестве векторов для доставки гетерологичных антигенов пероральным и парентеральным путями. Эти исследования помогут создать больше поливалентных вакцин, дающих иммунитет одновременно не только против рожи, но и других возбудителей, что в перспективе позволит вытеснить иностранные препараты не только с российского рынка, но и, возможно, с рынков других стран.

Последним важным фактором, влияющим на эффективность вакцины против *Erysipelothrix* spp., является совместимость вакцины с полевыми изолятами. Современные вакцины чаще всего основаны на штаммах *E. rhusiopathiae*, выделенных несколько десятилетий назад. Вопрос о том, остаются ли они эффективными для защиты от циркулирующих по всему миру изолятов, является важной областью для изучения.

Таким образом, в борьбе с возбудителем рожи разработано большое число перспективных биотехнологических направлений как по усовершенствованию уже имеющихся вакцин (например, повышение иммуногенности инактивированных, увеличение

эффективности производства биомассы для живых вакцин), так и по разработке совершенно новых препаратов против рожи свиней, в том числе рекомбинантных веторных и ДНК-вакцин [11].

Список источников

1. Алиев А. С., Данко Ю. Ю., Ещенко И. Д. и др. Эпизоотология с основами микробиологии: учебник для СПО. 2-е изд., стереотип. СПб.: Лань, 2021. 432 с. EDN ROIDIN.
2. Алипер Т. И., Сайф Л., Дрю Т. и др. Актуальные инфекционные болезни свиней: Руководство для студентов, научных и практических специалистов. М.: ЗооВетКнига, 2019. 400 с. DOI: 10.31016/viev-2019-1. EDN HDFROI.
3. Амельчаков Г. О., Сердюченко И. В. Особенности проведения профилактической вакцинации поросят против инфекционных заболеваний // Наукосфера. 2022. № 2-1. С. 97–101.
4. Бакулов И. А., Буткин Е. И., Ведерников В. А. и др. Эпизоотология с микробиологией. М., 1987. 415 с. EDN PTUNIF.
5. Варганов В. И. Динамика образования и роль отдельных классов антител у свиней, иммунизированных против рожи вакциной из штамма BP-2 разными способами: автореф. дис. ... канд. вет. наук. М., 1974. 20 с. EDN QGNXPH.
6. Государственный реестр лекарственных средств ветеринарного применения. URL: <https://galen.vetrfr.ru>.
7. 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.
8. Колычев Н. М., Госманов Р. Г. Ветеринарная микробиология и микология. СПб.: Лань, 2014. 624 с. EDN UGRPZV.
9. Лаишевцев А. И., Смирнов Д. Д., Ежова Е. Г. и др. Антибиотикозамещающие программы в животноводстве // Вете-

- ринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 2. С. 111–122. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202302015. EDN RJRGQX.
10. Панин А. Н., Душук Р. В. Состояние и перспективы профилактики рожистой инфекции // Состояние, пробл. и перспективы развития вет. науки России. М., 1999. С. 216–219.
11. Пименов Н. В., Капустин А. В., Роевко А. Д. Унификация классификационных групп вакцинопрепаратов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 9. С. 66–74. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202309008. EDN PRSFOH.
12. Толпыгин М. А., Капустин А. В. Харченко, В. Г. и др. Бактерии рода *Erysipelothrix* // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2022. № 10. С. 20–29. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202210003. EDN UKGRMD.
13. Borrathybay E. et al. Role of surface protective antigen A in the pathogenesis of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strain C43065 // Journal of microbiology and biotechnology. 2015. Vol. 25. No. 2. Pp. 206–216.
14. Harada T., Ogawa Y., Eguchi M. et al. Specific prevention of swine erysipelas: world practice // Phosphorylcholine and SpaA, a choline-binding protein, are involved in the adherence of *Erysipelothrix rhusiopathiae* to porcine endothelial cells, but this adherence is not mediated by the PAF receptor. 2014. No. 172. Pp. 22–27.
15. Imada Y. et al. Truncated surface protective antigen (SpaA) of *Erysipelothrix rhusiopathiae* serotype 1a elicits protection against challenge with serotypes 1a and 2b in pigs // Infection and immunity. 1999. Vol. 67. No. 9. Pp. 4376–4382.
16. Ingebritson A. L., Roth J. A., Hauer P. J. *Erysipelothrix rhusiopathiae*: association of Spa-type with serotype and role in protective immunity // Vaccine. 2010. Vol. 28. No. 13. Pp. 2490–2496.
17. Jeon W. et al. Microcrystalline Cellulose for Delivery of Recombinant Protein-Based Antigen against Erysipelas in Mice // BioMed Research International. 2018. Vol. 2018. No. 1. 7670505 p.
18. Makino S. et al. Properties of repeat domain found in a novel protective antigen, SpaA, of *Erysipelothrix rhusiopathiae* // Microbial pathogenesis. 1998. Vol. 25. No. 2. Pp. 101–109.
19. Ogawa Y., Ooka T., Shi F. et al. The genome of *Erysipelothrix rhusiopathiae*, the causative agent of swine erysipelas, reveals new insights into the evolution of firmicutes and the organism's intracellular adaptations // J Bacteriol. 2017. No. 193. Pp. 531–558.
20. Opriessnig T., Forde T., Shimoji Y. *Erysipelothrix* spp.: past, present, and future directions in vaccine research // Frontiers in veterinary science. 2020. No. 7. P. 174.
21. Rosenow C. et al. Contribution of novel choline-binding proteins to adherence, colonization and immunogenicity of *Streptococcus pneumoniae* // Molecular microbiology. 1997. Vol. 25. No. 5. Pp. 819–829.
22. Shi F., Harada T., Ogawa Y. et al. Specific prevention of swine erysipelas: world practice. Capsular polysaccharide of *Erysipelothrix rhusiopathiae*, the causative agent of swine erysipelas, and its modification with phosphorylcholine // Infect Immun. 2012. No. 80. Pp. 3993–4003.
23. Shi F., Ogawa Y., Sano A. et al. Characterization and identification of a novel candidate vaccine protein through systematic analysis of extracellular proteins of *Erysipelothrix rhusiopathiae* // Infect Immun. 2013. Dec. Vol. 81 (12). Pp. 4333–4340.
24. Shimoji Y. et al. Vaccine efficacy of the attenuated *Erysipelothrix rhusiopathiae* YS-19 expressing a recombinant protein of *Mycoplasma hyopneumoniae* P97 adhesin against mycoplasmal pneumonia of swine // Vaccine. 2003. Vol. 21. No. 5–6. Pp. 532–537.
25. Shimoji Y., Bito M., Shiraiwa K. et al. Specific prevention of swine erysipelas: world practice // Disassociation of Spa type and serovar of an *Erysipelothrix rhusiopathiae* serovar 6 strain isolated from a diseased pig. 2019. No. 31. Pp. 91–92.
26. To H. et al. Immunization with truncated recombinant protein SpaC of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strain 715 serovar 18 confers protective immunity against challenge with various serovars // Clinical and Vaccine Immunology. 2010. Vol. 17. No. 12. Pp. 1991–1997.

27. To H., Nagai S. Genetic and antigenic diversity of the surface protective antigen proteins of *Erysipelothrix rhusiopathiae* // Clinical and Vaccine Immunology. 2007. Vol. 14. No. 7. Pp. 813–820.
28. Wood G., Leman A., Straw B. et al. Porcine rotavirus infection, w: Diseases of swine. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 1986. 368 p.
29. Zhu W. et al. Characterization of roles of SpaA in *Erysipelothrix rhusiopathiae* adhesion to porcine endothelial cells // Microbial pathogenesis. 2017. No. 113. Pp. 176–180.
30. Zhu W. et al. Evaluation of the protective efficacy of four newly identified surface proteins of *Erysipelothrix rhusiopathiae* // Vaccine. 2018. Vol. 36. No. 52. Pp. 8079–8083.
31. Zhu W., Cai C., Huang J. et al. Characterization of pathogenic roles of two *Erysipelothrix rhusiopathiae* surface proteins // Microb Pathog. 2018. Jan. 114. Pp. 166–168.
32. Zhu W., Zhang Q., Li J. et al. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase acts as an adhesin in *Erysipelothrix rhusiopathiae* adhesion to porcine endothelial cells and as a receptor in recruitment of host fibronectin and plasminogen. 2017. No. 48. 16 p.
5. Varganov V. I. (1974) Dynamics of formation and the role of individual classes of antibodies in pigs immunized against erysipelas with a vaccine from the BP-2 strain in different ways: abstract of a dis. ... for the degree of candidate of veterinary sciences. Moscow. 20 p. EDN QGHXPH (In Russ.).
6. State Register of Veterinary Medicines: website. URL: <https://galen.vetrfr.ru>.
7. 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, animal science and biotechnology*, no. 11, pp. 16–26. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202111002. EDN BVXSNF (In Russ.).
8. Kolychev N. M., Gosmanov R. G. (2014) Veterinary microbiology and mycology. SPb.: Lan. 624 p. EDN UGRPZV (In Russ.).
9. Laishchev A. I., Smirnov D. D., Yezhova E. G. et al. (2023) Antibiotic substitution programs in animal husbandry. *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 2, pp. 111–122. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202302015. EDN RJRGQX (In Russ.).
10. Panin A. N., Dushuk R. V. (1999) Status and prospects of erysipelas infection prevention // Status, problems and prospects of development of veterinary science in Russia. Moscow. Pp. 216–219 (In Russ.).
11. Pimenov N. V., Kapustin A. V., Roenko A. D. (2023) Unification of classification groups of vaccines. *Veterinary, animal science and biotechnology*, no. 9, pp. 66–74. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202309008. EDN PRSFOH (In Russ.).
12. Tolpygin M. A., Kapustin A. V., Kharchenko V. G. et al. (2022) Bacteria of the genus *Erysipelothrix*. *Veterinary science, zootechnics and biotechnology*, no. 10, pp. 20–29. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202210003. EDN UKGRMD (In Russ.).
13. Borrathybay E. et al. (2015) Role of surface protective antigen A in the pathogenesis of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strain C43065. *Journal of microbiology and biotechnology*, vol. 25, no. 2, pp. 206–216.

References

1. Aliyev A. S., Danko Yu. Yu., Yeshchenko I. D. et al. (2021) Epizootology with the basics of microbiology: a textbook for secondary vocational education. 2nd ed., stereotyped. St. Petersburg: Lan Publishing House. 432 p. EDN POIDIH (In Russ.).
2. Aliper T. I., Saif L. Drew, T. et al. (2019) Actual infectious diseases of pigs: A guide for students, scientists and practitioners. M.: ZooVetKniga. 400 p. DOI: 10.31016/viev-2019-1. EDN HDFROI (In Russ.).
3. Amelchakov G. O., Serdyuchenko I. V. (2022) Features of preventive vaccination of piglets against infectious diseases. *Naukosphere*, no. 2-11, pp. 97–101 (In Russ.).
4. Bakulov I. A., Butkin E. I., Vedernikov V. A. et al. (1987) Epizootology

14. Harada T., Ogawa Y., Eguchi M. et al. (2014) Specific prevention of swine erysipelas: world practice. *Phosphorylcholine and SpaA, a choline-binding protein, are involved in the adherence of Erysipelothrix rhusiopathiae to porcine endothelial cells, but this adherence is not mediated by the PAF receptor*, no. 172, pp. 22–27.
15. Imada Y. et al. (1999) Truncated surface protective antigen (SpaA) of *Erysipelothrix rhusiopathiae* serotype 1a elicits protection against challenge with serotypes 1a and 2b in pigs. *Infection and immunity*, vol. 67, no. 9, pp. 4376–4382.
16. Ingebritson A. L., Roth J. A., Hauer P. J. (2010) *Erysipelothrix rhusiopathiae*: association of Spa-type with serotype and role in protective immunity. *Vaccine*, vol. 28, no. 13, pp. 2490–2496.
17. Jeon W. et al. (2018) Microcrystalline Cellulose for Delivery of Recombinant Protein-Based Antigen against Erysipelas in Mice. *BioMed Research International*, vol. 2018, no. 1, p. 7670505
18. Makino S. et al. (1998) Properties of repeat domain found in a novel protective antigen, SpaA, of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Microbial pathogenesis*, vol. 25, no. 2, pp. 101–109.
19. Ogawa Y., Ooka T., Shi F. et al. (2017) Specific prevention of swine erysipelas: world practice // The genome of *Erysipelothrix rhusiopathiae*, the causative agent of swine erysipelas, reveals new insights into the evolution of firmicutes and the organism's intracellular adaptations // *J Bacteriol.*, no. 193, pp. 531–558.
20. Opriessnig T., Forde T., Shimoji Y. (2020) *Erysipelothrix* spp.: past, present, and future directions in vaccine research. *Frontiers in veterinary science*, no. 7, p. 174.
21. Rosenow C. et al. (1997) Contribution of novel choline-binding proteins to adherence, colonization and immunogenicity of *Streptococcus pneumoniae*. *Molecular microbiology*, vol. 25, no. 5, pp. 819–829.
22. Shi F., Harada T., Ogawa Y. et al. (2012) Specific prevention of swine erysipelas: world practice. *Capsular polysaccharide of Erysipelothrix rhusiopathiae, the causative agent of swine erysipelas, and its modification with phosphorylcholine*. *Infect Immun.*, no. 80, pp. 3993–4003.
23. Shi F., Ogawa Y., Sano A. et al. (2013) Specific prevention of swine erysipelas: world practice. *Characterization and identification of a novel candidate vaccine protein through systematic analysis of extracellular proteins of Erysipelothrix rhusiopathiae*, no. 81, p. 40.
24. Shimoji Y. et al. (2003) Vaccine efficacy of the attenuated *Erysipelothrix rhusiopathiae* YS-19 expressing a recombinant protein of *Mycoplasma hyopneumoniae* P97 adhesin against mycoplasmal pneumonia of swine. *Vaccine*, vol. 21, no. 5–6, pp. 532–537.
25. Shimoji Y., Bito M., Shiraiwa K. et al. (2019) Specific prevention of swine erysipelas: world practice. *Disassociation of Spa type and serovar of an Erysipelothrix rhusiopathiae serovar 6 strain isolated from a diseased pig*, no. 31, pp. 91–92.
26. To H. et al. (2010) Immunization with truncated recombinant protein SpaC of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strain 715 serovar 18 confers protective immunity against challenge with various serovars. *Clinical and Vaccine Immunology*, vol. 17, no. 12. Pp. 1991–1997.
27. To H., Nagai S. (2007) Genetic and antigenic diversity of the surface protective antigen proteins of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Clinical and Vaccine Immunology*, vol. 14, no. 7, pp. 813–820.
28. Wood G., Leman A., Straw B. et al. (1986) Porcine rotavirus infection, w: Diseases of swine. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 368 p.
29. Zhu W. et al. (2018) Evaluation of the protective efficacy of four newly identified surface proteins of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Vaccine*, vol. 36, no. 52, pp. 8079–8083.
30. Zhu W. et al. (2017) Characterization of roles of SpaA in *Erysipelothrix rhusiopathiae* adhesion to porcine endothelial cells. *Microbial pathogenesis*, no. 113, pp. 176–180.
31. Zhu W., Cai C., Huang J. et al. (2018) Specific prevention of swine erysipelas: world practice. *Characterization of pathogenic*

roles of two *Erysipelothrix rhusiopathiae* surface proteins, no. 114, pp. 8–13.

32. Zhu W., Zhang Q., Li J. et al. (2017) Specific prevention of swine erysipelas: world practice. *Glyceraldehyde-3-phosphate de-*

hydrogenase acts as an adhesin in Erysipelothrix rhusiopathiae adhesion to porcine endothelial cells and as a receptor in recruitment of host fibronectin and plasminogen, no. 48, p. 16.

Информация об авторах:

А. Д. РОЕНКО – аспирант 1 курса факультета экологии и биотехнологии;

Н. В. ПИМЕНОВ – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой иммунологии и биотехнологии.

Information about the authors:

A. D. ROENKO – 1st grade PhD student of ecology and biotechnology faculty;

N. V. PIMENOV – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Immunology and Biotechnology.

Вклад авторов:

РОЕНКО А. Д. – сбор и обработка материала, написание статьи;

ПИМЕНОВ Н. В. – идея, научное руководство, научное редактирование текста, вклад в развитие методологии.

Contribution of authors:

ROENKO A. D. – collection and processing of material, writing an article;

PIMENOV N. V. – idea, scientific guidance, scientific editing of the text, contribution to the development of methodology.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.04.2025; одобрена после рецензирования 28.04.2025; принята к публикации 03.05.2025.

The article was submitted 23.04.2025; approved after reviewing 28.04.2025; accepted for publication 03.05.2025.

Отработка технологии производства бактериофага *Salmonella phage* SE40: от культивирования до получения очищенного фаголизата для фаготерапии

Екатерина Сергеевна Зубкова¹, Мария Антоновна Пасивкина²,
Алексей Максимович Воробьев³, Андрей Владимирович Алешкин⁴,
Эльдар Ринатович Зулькарнеев⁵, Николай Васильевич Пименов⁶

^{1, 2, 3} Московский научно-исследовательский институт эпидемиологии
и микробиологии имени Г. Н. Габричевского, Москва, Россия

⁴ ООО «Орфан-Био», Москва, Россия

^{5, 6} Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹ zubkova@gabrich.ru;

² pasivkina@gabrich.ru;

³ vorobjew.alex2010@yandex.ru;

⁴ andreialeshkin@googlemail.com;

⁵ elzz89@mail.ru;

⁶ pimenov-nikolai@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку:

Эльдар Ринатович Зулькарнеев, Elzz89@mail.ru

Аннотация

Бактериофаги рассматриваются как перспективная альтернатива антибиотикам, особенно в случаях, когда стандартная терапия оказывается неэффективной из-за антибиотикорезистентности возбудителей. Получаемые в производстве бактериофаги требуют эффективной очистки от остаточных белков, ДНК бактериальных клеток, эндотоксинов и других загрязнений для обеспечения их безопасности, качества и соответствия нормативным требованиям. Таким образом, целью данного исследования является отработка технологии получения бактериофага SE40 в высоком титре, разработка и оптимизация многоступенчатого процесса очистки и концентрирования фаголизата, направленного на получение высокоочищенных и стабильных концентратов с повышенным титром вирусных частиц, пригодных для дальнейшего использования в фаготерапии. В ходе работы определили оптимальную питательную среду для культивирования, кинетику роста штамм-хозяина и соотношение множественности инфицирования для высокого выхода фаговых частиц. С целью очистки и концентрирования фаголизата проведена многоступенчатая фильтрация. На первом этапе фаголизат пропускали через стекловолоконные фильтры с порами 1,2 и 0,65 мкм, затем через полиэфирсульфоновые мембраны 0,45/0,22 мкм при постоянном потоке и давлении до 1,0 бар. Далее применяли систему тангенциальной фильтрации Sartoflow Smart с полисульфоновым рециркуляционным стаканом (1 л) для удаления остаточных белков, ДНК и эндотоксинов. Подачу раствора обеспечивал мембранный поршневой насос, а контроль давления – датчики на линиях подачи, пермеата и ретентата. В резуль-

тате очистки фаголизата предложенным методом удалось снизить содержание эндотоксинов в 420 раз, остаточного белка – в 2,5 раза и остаточной ДНК бактерий-хозяев – в 15 раз. При этом концентрация бактериофагов составила 10^{11} – 10^{12} БОЕ/мл.

Ключевые слова: бактериофаг, фаготерапия, эндотоксин, TFF, антибиотикорезистентность

Для цитирования: Зубкова Е. С., Пасивкина М. А., Воробьев А. М. и др. Отработка технологии производства бактериофага *Salmonella phage SE40*: от культивирования до получения очищенного фаголизата для фаготерапии // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. № 6. С. 153–161. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506116>

Original article

Development of Salmonella phage SE40 production technology: from cultivation to obtaining purified phage lysate for phage therapy

Ekaterina S. Zubkova¹, Mariya A. Pasivkina², Alexey M. Vorobyev³,
Andrey V. Aleshkin⁴, Eldar R. Zulkarneev⁵, Nikolay V. Pimenov⁶

^{1, 2, 3} Gabrichievsky Moscow Research Institute of Epidemiology
and Microbiology, Moscow, Russia

⁴ Orfan-Bio LLC, Moscow, Russia

^{5, 6} Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

¹ zubkova@gabrich.ru;

² pasivkina@gabrich.ru;

³ vorobjew.alex2010@yandex.ru;

⁴ andreialeshkin@googlemail.com;

⁵ elzz89@mail.ru;

⁶ pimenov-nikolai@yandex.ru

Corresponding author:

Eldar R. Zulkarneev, elzz89@mail.ru

Abstract

Bacteriophages are considered as a promising alternative to antibiotics, especially in cases where standard therapy is ineffective due to antibiotic resistance of pathogens. Bacteriophages obtained in production require effective purification from residual proteins, bacterial cell DNA, endotoxins and other contaminants to ensure their safety, quality and compliance with regulatory requirements. Thus, the purpose of this study is to develop a technology for obtaining phage SE40 in high titer, develop and optimize a multi-stage process for purification and concentration of phage lysate aimed at obtaining highly purified and stable concentrates with an increased titer of viral particles suitable for further use in phage therapy. In the course of the work, the optimal nutrient medium for cultivation, the kinetics of host strain growth and the ratio of multiplicity of infection for a high yield of phage particles were determined. Multi-stage filtration was carried out to purify and concentrate the phage lysate. At the first stage, the phage lysate was passed through glass fiber filters with pores of 1.2 and 0.65 μm , then through polyethersulfone membranes of 0.45/0.22 μm at a constant flow and a pressure of up to 1.0 bar. Then, a Sartoflow Smart tangential filtration

system with a polysulfone recirculation cup (1 L) was used to remove residual proteins, DNA and endotoxins. The solution was supplied by a membrane piston pump, and the pressure was controlled by sensors on the feed, permeate and retentate lines. As a result of phage lysate purification by the proposed method, it was possible to reduce the endotoxin content by 420 times, residual protein – by 2.5 times and residual DNA of host bacteria – by 15 times. The concentration of bacteriophages was 10^{11} – 10^{12} PFU/ml.

Keywords: bacteriophage, phage therapy, endotoxin, TFF, antibiotic resistance.

For citation: Zubkova E. S., Pasivkina M. A., Vorobyev A. M. et al. (2025) Development of Salmonella phage SE40 production technology: from cultivation to obtaining purified phage lysate for phage therapy. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. No. 6. Pp. 153–161. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202506116>

Введение. В настоящее время широкое распространение антибиотикорезистентности у бактерий угрожает современному здравоохранению. Устойчивость бактерий к антибиотикам в первую очередь обусловлена растущим и неизбирательным использованием антибиотиков в медицине, ветеринарии и сельском хозяйстве. Чрезмерное применение антибиотиков создает селективное давление, уничтожающее чувствительные бактерии, и позволяет устойчивым штаммам развиваться [2, 4, 8]. Рост числа штаммов бактерий, устойчивых к традиционным антибиотикам, требует поиска альтернативных методов лечения инфекций. Одним из перспективных направлений является использование бактериофагов – вирусов, способных избирательно инфицировать и уничтожать бактериальные клетки. Фаготерапия рассматривается как эффективный подход в борьбе с поли- и панрезистентными возбудителями, особенно в случаях, когда стандартная антибиотикотерапия оказывается неэффективной [1, 3].

Полученные в ходе производственного процесса бактериофаги необходимо очищать от примесей для обеспечения соответствия чистоты и качества продукта требованиям действующих нормативных документов, предъявляемых к иммунобиологическим продуктам [9].

Среди различных методов очистки фаговых лизатов тангенциальная фильтрация зарекомендовала себя как эффективный и щадящий способ удаления примесей и концентрирования биотехнологических продуктов. Данная технология позволяет

эффективно отделять фаговые частицы от остаточных белков и ДНК бактериальных клеток, эндотоксинов и других загрязнений, обеспечивая высокую степень чистоты конечного продукта [6, 7].

Цель исследования. Отработка технологии получения бактериофага SE40 в высоком титре, разработка и оптимизация многоступенчатого процесса очистки и концентрирования фаголизата, направленного на получение высокоочищенных и стабильных концентратов с повышенным титром вирусных частиц, пригодных для дальнейшего использования в фаготерапии.

Материалы и методы. Бактериофаг, штамм-хозяин. В работе был использован вирулентный бактериофаг *Salmonella phage* SE40 из коллекции ФБУН МНИИЭМ имени Г. Н. Габричевского Роспотребнадзора. Бактериофаг культивировали на ГМФ-агаре (НИЦФ, Россия) с использованием штамма-хозяина *Salmonella enterica* (серотип Enteritidis M4) по описанной методике [5] и суспендировали в 0,9 % NaCl. Средний титр фага составлял $\geq 10^{11}$ БОЕ/мл.

Определение оптимальной питательной среды. При подборе оптимальной питательной среды, на которой в процессе культивирования титр биомассы бактерий был бы самый высокий, использовали следующие стандартные питательные среды промышленного производства: ГМФ (ГНЦ ПМБ), ГМФ (НИЦФ), бульон питательный сухой (СПБ) (НПО Микроген), питательный бульон (HiMedia). Определение концентрации бактериальных клеток проводили по изменению оптической плотности при длине волны OD=565 и высевом из 10-кратных

разведений на чашки Петри с 1,5%-м агаром Мюллера-Хинтон II (ГНЦ ПМБ).

Определение кинетики роста штамма-хозяина. Асептически засекали микробиологической петлей культуру второго пассажа в пробирку с 4,5 мл стерильного бульона ГМФ. Далее культивировали штамм в термостате 16–18 ч при 37 °С. Полученную бактериальную культуру титровали до 10^{-3} разведения и 100 мкл добавляли в 9,9 мл стерильного бульона ГМФ (рН=7,0) и культивировали при температуре 37 °С и скорости встряхивания 150 об./мин. Аликвоты по 100 мкл отбирали в течение 1–7 и 24 ч для 10-кратных разведений и высевали на чашки с агаром Мюллер-Хинтон. Чашки инкубировали при 37 °С в течение 24 ч, после чего проводили подсчет образовавшихся колоний.

Определение оптимального соотношения множественности инфицирования. Для достижения наилучшей продуктивности фаговых частиц определяли

оптимальное соотношение MOI. Множественность инфицирования (multiplicity of infection, MOI) – это отношение числа бактериофагов к числу клеток-мишеней, присутствующих в определенном пространстве. Для этого штамм-хозяин выращивали до $\sim 3 \times 10^8$ КОЕ/мл, как описано выше, и смешивали с раствором бактериофага в пропорциях 1; 0,1; 0,01 и 0,001. Смесь инкубировали в течение 6 ч при температуре 37 °С и скорости встряхивания 100 об./мин. Затем культивированную смесь центрифугировали при скорости 8000 об./мин в течение 10 мин, отбирали супернатант и фильтровали через мембранный фильтр из полиэфирсульфона с размером пор 0,22 мкм. Для определения титра бактериофага в фильтрате использовался метод двойных агаровых слоев с использованием 10-кратных разведений.

Очистка получаемого фаголизата. Очистку полученного фаголизата проводили по схеме (рис. 1).

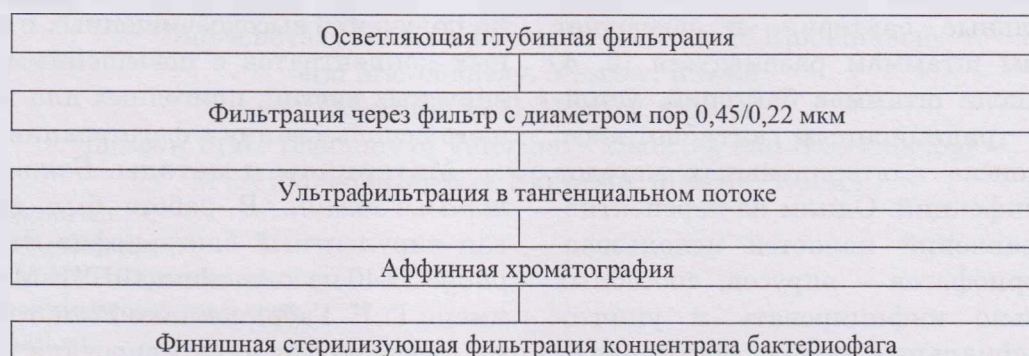


Рис. 1. Схема очистки фаголизата

Очистка бактериофагов включала в себя несколько последовательных стадий. На первом этапе проводили глубинную фильтрацию через каскад фильтров с диаметром пор от 3,0 до 0,45 мкм для осветления фаголизата. Затем выполняли стерилизующую фильтрацию через двойную мембрану из полиэфирсульфона с порами 0,45/0,22 мкм. На третьем этапе осуществляли диафильтрацию и концентрирование с использованием системы тангенциальной фильтрации Sartoflow Smart (Sartorius, Германия) на кассетах из полиэфирсульфона (граница отсечения 100 кДа) (Sartorius, Германия). Процесс включал в себя предварительное концентрирование в 2 раза, диафильтра-

цию против пяти объемов буферного раствора и финальное концентрирование, что позволило получить стабильные концентраты с высоким титром вирусных частиц. Затем проводили очистку от эндотоксинов методом аффинной хроматографии на колонке ENDO HD (Lionex, Germany). Завершающим этапом являлась стерилизующая фильтрация через мембрану из полиэфирсульфона с порами 0,22 мкм.

Контроль полупродукта на этапах очистки и готового продукта. Контроль осуществляли следующими методами. Титр очищенных бактериофагов определяли по методу двойных агаровых слоев. Определение содержания эндотоксинов проводи-

ли по ОФС.1.2.4.0006.15 «Бактериальные эндотоксины» с помощью турбидиметрического кинетического теста (Метод С) на базе ООО «НПО «ЛАЛ-центр» (Москва, Россия).

Остаточную ДНК штамма-хозяина в готовом продукте определяли методом ПЦР-РВ с помощью набора «АмплиСенс Shigella spp., EIEC/Salmonella spp./Campylobacter spp.-FL» (АмплиСенс, Россия) в соответствии с инструкцией производителя.

Определение содержания белка проводили по ОФС.1.2.3.0012.15 «Определение белка» колориметрическим методом при OD=540 нм с биуретовым реактивом (АГАТ-МЕД, Россия).

Результаты и обсуждение. Определение оптимальной питательной среды, обеспечивающей максимальный рост и метаболическую активность бактериального

штамма-хозяина, является одним из ключевых этапов в культивировании бактериофагов. В данном исследовании проведен сравнительный анализ различных питательных сред. Оценка роста бактерий проводилась путем измерения оптической плотности суспензии (OD565), а также анализа количества колониеобразующих единиц (КОЕ) на агаризованных средах.

Согласно результатам, представленным на рис. 2, видно, что использование среды ГМФ (НИЦФ) способствовало значительно увеличению биомассы. Концентрация клеток достигала $8,8 \times 10^8$ КОЕ/мл. Полученные данные позволяют использовать среду ГМФ для культивирования штамма-хозяина с целью получения достаточного субстрата для бактериофага.

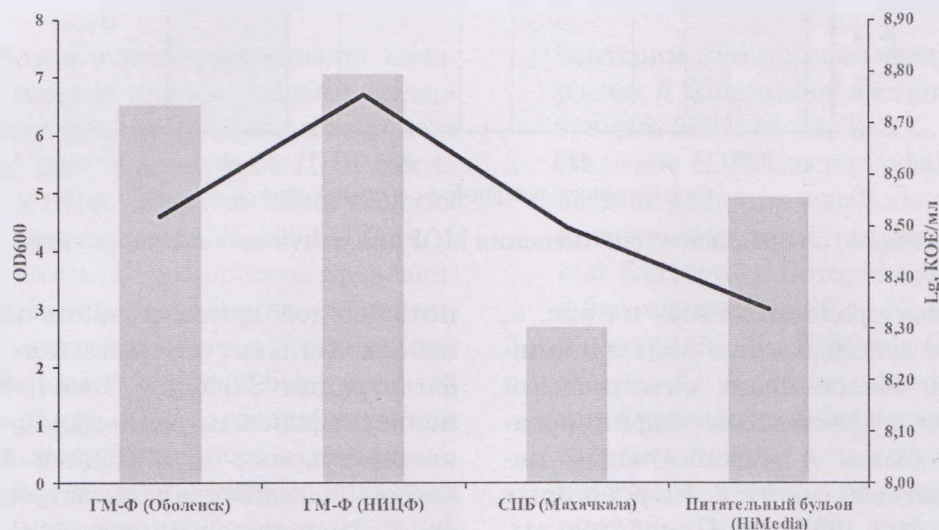


Рис. 2. Оценка продуктивности питательных сред

Определение кинетики роста бактериального штамма позволяет оптимизировать время добавления бактериофага с целью достижения максимальной эффективности лизиса и получения высокого титра вирусных частиц. На следующем этапе был проведен мониторинг роста бактериальной культуры в жидкой питательной среде с подсчетом колониеобразующих единиц (КОЕ) в различные временные интервалы.

Анализ кинетической кривой, представленной на рис. 3, позволил выделить ключевые фазы роста: лаг-фазу, логарифмическую фазу и стационарную

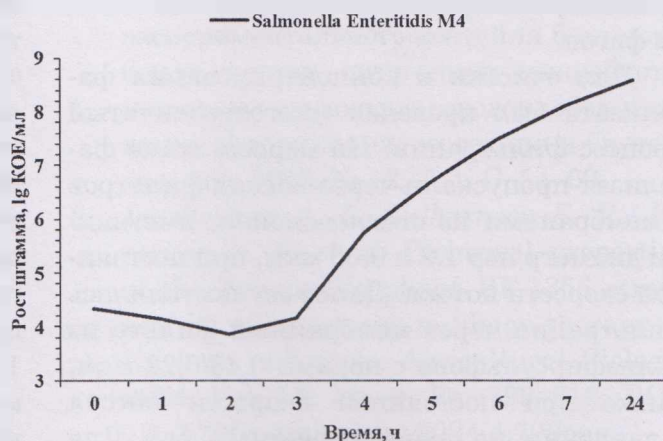


Рис. 3. Кинетика роста *S. enteritidis* M4 в ГМФ (НИЦФ) бульоне

фазу. Установлено, что добавление бактериофага в середине логарифмической фазы (4,5 ч), когда плотность бактериальной популяции достигает оптимального уровня, обеспечивает наиболее эффективное инфицирование и последующий лизис клеток. Полученные данные подчеркивают важность точного определения временных параметров для успешного применения бактериофагов в биотехнологических и медицинских целях.

Определение оптимальной множественности инфицирования (MOI, multiplicity of

infection) является еще одним важным этапом для получения бактериофагов в высоком титре. В данном исследовании проведен анализ влияния различных значений MOI (от 0,001 до 1) через определенный промежуток времени на эффективность репликации фага и конечный титр фаголизата. Для этого бактериальная культура в логарифмической фазе роста (4 ч) инфицировалась фагом при различных MOI, после чего проводился мониторинг кинетики лизиса клеток и определение титра фагов методом двойных агаровых слоев.

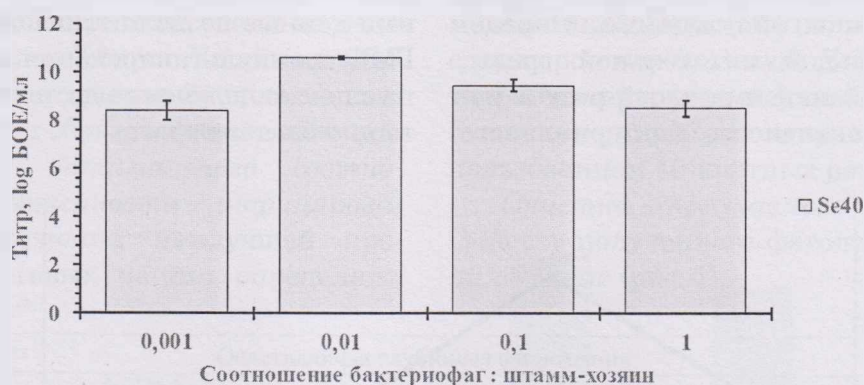


Рис. 4. Определение оптимального соотношения MOI для получения высокого титра фаголизата

Результаты, представленные на рис. 4, показали, что использование MOI в диапазоне 0,01–0,1 обеспечивает оптимальный баланс между эффективным инфицированием клеток-хозяев и максимальным накоплением фаговых частиц, титр которых достигал 10^9 – 10^{11} БОЕ/мл. При более высоких значениях MOI наблюдалось преждевременное истощение бактериальной популяции, что приводило к снижению выхода фагов.

Для очистки и концентрирования фаголизата был проведен многоступенчатый процесс фильтрации. На первом этапе фаголизат пропускали через каскад фильтров с мембранами из стекловолокна, имеющими диаметр пор 1,2 и 0,65 мкм, при постоянной скорости потока. Далее осуществлялась фильтрация через мембранный фильтр из полиэфирсульфона с порами 0,45/0,22 мкм, также при постоянной скорости потока и давлении, не превышающем 1,0 бар. Для дальнейшей очистки от остаточных белков и ДНК культуры клеток, а также от белков

питательной среды и части эндотоксинов использовалась система тангенциальной фильтрации Sartoflow Smart, оснащенная полисульфоновым рециркуляционным стаканом объемом 1 л. Подача раствора на кассеты обеспечивалась встроенным мембранным поршневым насосом с одноразовой головкой, а контроль давления осуществлялся с помощью датчиков, установленных на линиях подачи раствора, пермеата и ретентата.

Тангенциальная фильтрация проводилась с использованием кассет с мембранами из полиэфирсульфона, имеющих границу отсечения 100 кДа (3081466802E--SW) и площадь фильтрации 200 см². В рециркуляционную емкость загружали 180 мл фаголизата *Salmonella phage* E40. Процесс выполнялся при давлении на входе не более 1 бар и средней скорости потока 30–40 мл/мин. На этапе предварительного концентрирования объем фаголизата уменьшали до 80 мл, после чего проводили диафильтрацию против пяти объемов буферного раст-

вора (~420 мл). Финальное концентрирование осуществляли до достижения конечного объема 20 мл, что позволило увеличить концентрацию фаговых частиц в 9 раз.

На заключительном этапе проводили очистку от эндотоксинов с использовани-

ем аффинной хроматографии на колонке ENDO HD (Lionex, Germany). После этого выполняли стерилизующую фильтрацию через мембранный фильтр из полиэфирсульфона с диаметром пор 0,22 мкм. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Результаты очистки и концентрирования фаголизата по разработанной технологии

Стадия	Титр <i>Salmonella phage</i> SE40, БОЕ/мл	Содержание общего белка, мг/мл	Содержание эндотоксинов, ЕЗ/мл	Концентрация остаточной ДНК бактерий-хозяев, нг/мл
Фаголизат без очистки	2,3±0,6×10 ¹¹	5,76	750 000	5,42
Фаголизат, очищенный с помощью осветляющей и стерилизующей фильтрации	1,0±0,5×10 ¹⁰	2,34	64 000	2,78
Концентрат фаголизата (кассета 100 кДа)	1,6±0,4×10 ¹¹	2,58	659 400	3,04
Фаголизат, очищенный методом аффинной хроматографии на колонке после финишной стерилизующей фильтрации	1,8±0,2×10 ¹¹	2,56	3083	3,03

В результате очистки фаголизата предложенным методом удалось снизить содержание эндотоксинов в 420 раз, остаточного белка – в 2,5 раза и остаточной ДНК бактерий-хозяев – в 15 раз. При этом концентрация бактериофагов составила 10¹¹–10¹² БОЕ/мл.

Заключение. В результате проведенного исследования разработана и оптимизирована многоступенчатая технология культивирования и очистки бактериофага *Salmonella phage* SE40, обеспечивающая получение высокоочищенного и стабильного препарата с высоким титром вирусных частиц. Установлено, что последовательное применение глубинной, стерилизующей и тангенциальной фильтрации позволяет эффективно удалять примеси и концентрировать фаголизат, сохраняя его биологическую активность. Дополнительная очистка от эндотоксинов методом аффинной хроматографии и финишная стерилизующая фильтрация обеспечивают высокую степень чистоты препарата, что особенно важно для их дальнейшего применения в медицине, ветеринарии и биотехнологии.

Список источников

1. Городничев Р. Б., Корниенко М. А., Купцов Н. С. и др. Сравнение методов очистки фаговых лизатов грамотрицательных

бактерий для персонализированной терапии // Медицина экстремальных ситуаций. 2021. № 23. Т. 3. С. 30–37.
2. Пименов Н. В. Бактериофагия как основа для решения глобальной проблемы антибиотикорезистентности патогенных бактерий // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2020. № 1. С. 30–35.
3. Пименов Н. В., Редькин С. В., Амбражеевич Ю. В. Эффективность применения бивалентного бактериофага против сальмонеллеза для обезвреживания продуктов убоя в птицеводстве // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2014. № 1. С. 31–35.
4. Пустовит Е. А., Пименов Н. В., Позябин С. В. Антибактериальная активность экспериментального коктейля бактериофагов против патогенной микробиоты наружных слуховых проходов собак и кошек // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 12. Т. 1. С. 54–60.
5. Laishevtsev A. I., Zulkarneev E. R., Pimenov N. V. et al. Biological properties of the Salmonella phage BF-1356 strain and its effectiveness in phage therapy of chick-en pullorosis. Agricultural Biology. 2024. Vol. 59. No. 4. Pp. 799–813. DOI: 10.15389/agrobiology.2024.4.799eng.
6. Luong T., Salabarria A. C., Edwards R. A. et al. Standardized bacteriophage pu-

- rication for personalized phage therapy // *Nature Protocols*. 2020. Vol. 15 (9). Pp. 2867–2890. DOI: 10.1038/s41596-020-0346-0.
7. Merabishvili M., Pirnay J. P., Voge K. et al. Production of Phage Therapeutics and Formulations: Innovative Approaches // *Phage Therapy: A Practical Approach*. Springer International Publishing, 2019. Pp. 3–41. DOI: 10.1007/978-3-030-26736-0_1.
 8. Odonkor S. T., Addo K. K. Bacteria resistance to antibiotics: recent trends and challenges // *Int J Biol Med Res*. 2011. Vol. 2. No. 4. Pp. 1204–1210.
 9. Rebula L., Raspor A., Bavčar M. et al. CIM monolithic chromatography as a useful tool for endotoxin reduction and purification of bacteriophage particles supported with PAT analytics // *Journal of Chromatography B*. 2023. Vol. 1217. P. 123606. DOI: 10.1016/j.jchromb.2023.123606.
 10. Pustovit E. A., Pimenov N. V., Pozyabin S. V. (2023) Antibacterial activity of experimental cocktail of bacteriophages against pathogenic microbiota of external auditory passages of dogs and cats. *Veterinary, zootechnics and biotechnology*, vol. 12 (1), pp. 54–60. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202312107 (In Russ.).
 11. Laishevtsev A. I., Zulkarneev E. R., Pimenov N. V. et al. (2024). Biological properties of the Salmonella phage BF-1356 strain and its effectiveness in phage therapy of chicken pullorosis. *Agricultural Biology*, vol. 59 (4), pp. 799–813. DOI: 10.15389/agrobiology.2024.4.799eng.
 12. Luong T., Salabarria A. C., Edwards R. A. et al. (2020) Standardized bacteriophage purification for personalized phage therapy. *Nature Protocols*, vol. 15 (9), pp. 2867–2890. DOI: 10.1038/s41596-020-0346-0.
 13. Merabishvili M., Pirnay J. P., Voge K. et al. (2019) Production of Phage Therapeutics and Formulations: Innovative Approaches // *Phage Therapy: A Practical Approach*. Springer International Publishing. Pp. 3–41. DOI: 10.1007/978-3-030-26736-0_1.
 14. Odonkor S. T. and Addo K. K. (2011) Bacteria resistance to antibiotics: recent trends and challenges. *International Journal of Biological & Medical Research*. 2(4). Pp. 1204–1210 (In Russ.).
 15. Rebula L., Raspor A., Bavčar M. et al. (2023) CIM monolithic chromatography as a useful tool for endotoxin reduction and purification of bacteriophage particles supported with PAT analytics. *Journal of Chromatography B*, vol. 1217, p. 123606. DOI: 10.1016/j.jchromb.2023.123606.

References

1. Gorodnichev R. B., Kornienko M. A., Kuptsov N. S. et al. (2021) Comparison of methods for purification of phage lysates of Gram-negative bacteria for personalized therapy. *Medicine of Extreme Situations*, vol. 23 (3), pp. 30–37 (In Russ.).
2. Pimenov N. V. (2020) Bacteriophagy as a basis for solving the global problem of antibiotic resistance of pathogenic bacteria. *Veterinary, zootechnics and biotechnology*. no. 1, pp. 30–35. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202001004 (In Russ.).
3. Pimenov N. V., Redkin S. V., Ambrazheevich Y. V. (2014) Effectiveness of the use of bivalent bacteriophage against salmonellosis for decontamination of slaughter products in poultry. *Veterinary, zootech-*

Информация об авторах:

Е. С. ЗУБКОВА – научный сотрудник лаборатории клинической микробиологии и биотехнологии бактериофагов;

М. А. ПАСИВКИНА – младший научный сотрудник лаборатории клинической микробиологии и биотехнологии бактериофагов;

А. М. ВОРОБЬЕВ – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории клинической микробиологии и биотехнологии бактериофагов;

А. В. АЛЕШКИН – доктор биологических наук, член-корреспондент РАН;

Э. Р. ЗУЛЬКАРНЕЕВ – кандидат биологических наук, руководитель сектора коммерциализации научных разработок;

Н. В. ПИМЕНОВ – доктор биологических наук, почетный работник АПК РФ, профессор РАН, заведующий кафедрой иммунологии и биотехнологии.

Information about the authors:

E. S. ZUBKOVA – Researcher at the Laboratory of clinical microbiology and biotechnology of bacteriophages;

M. A. PASIVKINA – Junior Researcher at the Laboratory of clinical microbiology and biotechnology of bacteriophages;

A. M. VOROBYEV – PhD of Biological Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory of clinical microbiology and biotechnology of bacteriophages;

A. V. ALESHKIN – Doctor of Biological Sciences, Corresponding member of RAS;

E. R. ZULKARNEEV – PhD of Biological Sciences, Head of the Sector for Commercialization of Scientific Developments;

N. V. PIMENOV – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Immunology and Biotechnology.

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 24.04.2025; одобрена после рецензирования 29.04.2025; принята к публикации 04.05.2025.

The article was submitted 24.04.2025; approved after reviewing 29.04.2025; accepted for publication 04.05.2025.



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

ISSN 2311-455X



9 772311 455008