



**РОССИЙСКИЙ
ЖУРНАЛ**

**ПРОБЛЕМЫ
ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ,
ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ**



№ 1 (45) • 2023



ISSN 2075-1818

РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ, ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ

№ 1 (45), 2023

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-74156 от 29.10.2018). Выходит один раз в квартал. Распространяется в Российской Федерации и других странах. Статьи рецензируются.

Учредитель: ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ОГРН 1037700258870).

Адрес редакции: 123022, Россия,
Москва, Звенигородское шоссе, дом 5
Тел.: (499)256-35-81;
Факс: (499)256-35-81
E-mail: vniivshe@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Канцлер»:
г. Ярославль, ул. Полужкина Роща, 16, ст. 66а
E-mail: kancler2007@yandex.ru

Тираж 500 экз. Заказ №
Формат 60х84/8. Объем 16 п.л.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Ответственность за оригинальность статьи и научные заключения несут авторы.

Рукописи публикуются бесплатно.

Журнал индексируется в базах данных РИНЦ, RSCI, AGRIS; включен в утвержденный ВАК перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

© «Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»

Подписано в печать 20.02.2023 г.

ISSN 2075-1818

Подписной индекс ПН181

Редакционный совет:

Смирнов А. М. – главный редактор
Дорожкин В. И. – зам. главного редактора
Попов Н. И. – член редсовета
Попов П. А. – член редсовета
Гуненкова Н. К. – ответственный редактор
Ярных Е. В. – научный редактор

Редакционная коллегия:

Донник И.М., Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», акад. РАН;

Алиев А.Ю., Прикаспийский ЗНИВИ ФГБНУ «Дагестанский аграрный научный центр Республики Дагестан», д-р вет. наук, проф.;

Гарлыев Т., Туркменский с.-х. университет им. С.А. Ниязова, д-р вет. наук;

Денисова Е.А., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук;

Кононенко Г.П., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук проф.;

Мирзоев Д.М., Таджикский аграрный университет, д-р вет. наук, проф., акад. Таджикской академии СХН;

Серегин И.Г., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», канд. вет. наук, проф.;

Тутельян В.А., ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», акад. РАН;

Тюрин В.Г., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р вет. наук, проф.;

Удавляев Д.И., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», д-р биол. наук;

Уша Б.В., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», акад. РАН;

Шахмурзов М.М., ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», д-р биол. наук, проф.;

Ятусевич А.И., Витебская гос. академия ветеринарной медицины, д-р вет. наук, проф., иностранный член РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

Попов П.А., Смирнов А.М., Дорожкин В.И., Гуленкова Н.К., Попов Н.И. Итоги научной деятельности Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии за 2022 год	6
ВЕТЕРИНАРНАЯ САНИТАРИЯ (ДЕЗИНФЕКЦИЯ, ДЕЗИНСЕКЦИЯ, ДЕЗАКАРИЗАЦИЯ, ДЕРАТИЗАЦИЯ)	
Нефедова Е.В., Шкиль Н.Н. Влияние наночастиц серебра и дезинфектантов на бактерицидную активность <i>E. coli</i>	12
Смирнов А.М., Сохликов А.Б., Блинов А.В., Грузнов Д.В., Луганский С.Н., Игнатьева Г.И. Эффективность дезинфектантов на основе активного кислорода при американском гнильце пчел	18
Бабунова В.С., Осипова И.С., Попов П.А., Деменьтьева А.А. Коррозионная активность дезинфицирующих средств на основе надуксусной кислоты	24
Сайпуллаев М.С., Койчурев А.У., Гаджимурадова З.Т., Сайпуллаев У.М. Влияние растворов препарата «Пенокс-1» на бактериальную обсемененность помещения	33
Попов Н.И., Степанова С.П., Щербакова Г.Ш., Грузнов Д.В., Алиева З.Е., Шутеева Е.Н., Коняшкина А.В., Кувшинчиков Н.Н., Пирожихин В.А. Изучение эффективности дезинфицирующего средства «Вортекс» в лабораторных условиях	38
Удавлив Д.И., Шустова А.А., Башнин О.И., Попов Н.И., Абдуллаева А.М., Шихов С.С., Филипенкова Г.В., Куш И.В., Гуляева Ю.А. Изучение эффективности биологического ларвицидного препарата	46
ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНОЕ КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И КОРМОВ	
Василевич Ф.И., Бачинская В.М., Гончар Д.В. Ветеринарно-санитарная оценка продуктов животноводства при паразитарных зоонозах	55
Сатюкова Л.П., Седых Е.С., Грудев А.И., Шубина Е.Г., Шопинская М.И. Определение остаточного содержания хлорамфеникола в мясе птицы методом иммуноферментного анализа с использованием тест-системы Ингвар InCAP	61
Тюрин В.Г., Семенов В.Г., Вагин К.Н., Гайнутдинов Т.Р., Низамов Р.Н., Галлямова М.Ю., Авылов Ч.К. Санитарно-гигиенические показатели продуктов убоя при радиационных поражениях животных на фоне применения радиопротектора на основе веществ микробного происхождения	69

БИОБЕЗОПАСНОСТЬ

- Куршин Д.А., Абдуллаева А.М., Рябухина Н.Д., Медведева И.В.** Применение биопрепарата «Remedion» для комплексной биоремедиации каскадных биопрудов доочистки очистных сооружений 77
- Григорян Л.Н., Батаева Ю.В., Братилова Д.М.** Изучение безопасности актинобактерий рода *Streptomyces* на соответствие промышленным микроорганизмам сельскохозяйственного назначения 84

ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

- Шабунин С.В., Востроилова Г.А., Грицюк В.А., Шабанов Д.И., Хохлова Н.А., Корчагина А.А., Некрасов А.В.** Оценка специфической активности интерферонсодержащего препарата на модели каррагенинового воспаления 89
- Резниченко А.А., Дорожкин В.И., Резниченко Л.В., Нишанбаев А.А.** Влияние антиоксидантов на естественную резистентность и гистологическую структуру печени цыплят-бройлеров 95
- Задорожная М.В., Лыско С.Б., Сунцова О.А., Власенко В.С.** Влияние фитопрепарата на основе хвой на иммунитет цыплят-бройлеров при вакцинальном стрессе 101
- Бачинская В.М., Гончар Д.В., Райкова Л.Н.** Влияние жидкой витаминной добавки на прирост живой массы и гематологические показатели кроликов 107
- Петрова Ю.В., Бачинская В.М., Кондратов Г.В., Спивак М.А.** Анатомо-гистологические параметры мышц цыплят-бройлеров при использовании в рационе кормовой добавки «Максисорб®» с целью профилактики микотоксикозов 114
- Щербакова Г.Ш., Павленко Г.И., Павлова Н.С., Дорожкин В.И.** Изучение параметров острой токсичности и кумулятивных свойств дезинфицирующего средства «Дезинол Вет» 120
- Памяти В.М. Карташовой** 128

CONTENTS

- Popov P.A., Smirnov A.M., Dorozhkin V.I., Gunenkova N.K., Popov N.I.** The results of scientific activities of All-russian research institute of veterinary sanitation, hygiene and ecology for 2022 6

VETERINARY SANITATION (DISINFECTION, DISINSECTION, DISACARISATION, DERATIZATION)

- Nefedova E.V., Shkil N.N.** Influence of silver nanoparticles and disinfectants on the bactericidal activity of *E. coli* 12
- Smirnov A.M., Sokhlikov A.B., Blinov A.V., Gruzov D.V., Luganskiy S.N., Ignatieva G.I.** The effectiveness of active oxygen-based disinfectants in american foulbrood of bee 18
- Babunova V.S., Osipova I.S., Popov P.A., Dementieva A.A.** Corrosiveness of disinfectants based on peracetic acid 24
- Saypullayev M.S., Koichuev A.U., Hajimuradova Z.T., Saypullayev U.M.** The effect of solutions of the drug «Penox-1» on bacterial contamination of the room 33

Popov N.I., Stepanova S.P., Shcherbakova G.Sh., Gruznov D.V., Alieva Z.E., Shuteeva E.N., Konyashkina A.V., Kuvshinchikov N.N., Pirozhikhin V.A. Study of the effectiveness of the disinfectant preparation «Vortex» in laboratory conditions.....	38
Udavliev D.I., Shustova A.A., Bashnin O.I., Popov N.I., Abdullayeva A.M., Shikhov S.S. Filipenkova G.V., Kushch I.V., Gulyaeva J.A. Study of the effectiveness of a biological larvicidal drug	46
VETERINARY-SANITARY QUALITY AND SAFENESS OF FOOD PRODUCTS AND FEEDSTUFES	
Vasilevich F.I., Bachinskaya V.M., Gonchar D.V. Veterinary and sanitary evaluation of livestock products in parasitic zoonoses	55
Satyukova L.P., Sedykh E.S., Grudev A.I., Shubina E.G., Shopinskay M.I. Determination of the residual content of chloramphenicol in poultry meat by enzyme immunoassay using the Ingvar InCAP Test System.....	61
Tyurin V.G., Semenov V.G., Vagin K.N., Gaynutdinov T.R., Nizamov R.N., Gallyamova M.Y., Avylov Ch.K. Veterinary and sanitary examination of slaughter products in case of radiation lesions of animals against the background of the use of a radioprotector based on substances of microbial origin	69
BIOLOGICAL SAFETY	
Kurshin D.A., Abdullaeva A.M., Ryabukhina N.D., Medvedeva I.V. Usage bio-solution «Remedion» for complex bioremediation of cascade bio-ponds post-treatment of treatment facilities	77
Grigoryan L.N., Bataeva Y.V., Bratilova J.M. Safety study of actinobacteria of the genus <i>Streptomyces</i> for compliance with industrial microorganisms for agricultural purpose.....	84
PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY	
Shabunin S.V., Vostroilova G.A., Gritsyuk V.A., Shabanov D.I., Khokhlova N.A., Korchagina A.A., Nekrasov A.V. Evaluation of the specific activity of interferon-containing drug on the model of carrageenan inflammation.....	89
Reznichenko A.A., Dorozhkin V.I., Reznichenko L.V., Nishanbayev A.A. The effect of antioxidants on the natural resistance and histological structure of the liver of broiler chickens.....	95
Zadorozhnaya M.V., Lysko S.B., Suntsova O.A., Vlasenko V.S. The effect of a phytopreparation based on needles on the immunity of broiler chickens under vaccine stress.....	101
Bachinskaya V.M., Gonchar D.V., Raikova L.N. Influence of the medicinal drinking additive on the increase in live weight and hematological parameters of rabbits	107
Petrova Y.V., Bachinskaya V.M., Kondratov G.V., Spivak M.A. Anatomical and histological parameters of the muscles of broiler chickens when using the «Maxisorb®» feed additive in the diet to prevent mycotoxicoses.....	114
Sheherbakova G.Sh., Pavlenko G.I., Pavlova N.S., Dorozhkin V.I. Study of the parameters of acute toxicity and cumulative properties of the disinfectant «Dezinol Vet»	120
In the memory of V.M. Kartashova	128

ПРАВИЛА

оформления статей для опубликования в «Российском журнале «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»

В журнале публикуются научные статьи по результатам экспериментальных исследований, а также обзоры литературы по фундаментальным и прикладным вопросам ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.

Статьи по экспериментальным материалам должны включать:

заглавие; имя, отчество фамилию автора (полностью); наименование учреждения(й), где работают авторы; его адрес: название города, почтовый индекс, название страны; контактные телефоны или адрес электронной почты; аннотацию на русском языке (не более 250 слов); ключевые слова (от 3 до 15); введение; материалы и методы; результаты и обсуждение; заключение; для обзорных статей разделы по обсуждаемым вопросам; список источников.

На английском языке повторяют следующие издательские элементы: заглавие статьи; основные сведения об авторах, ключевые слова;

сведения об авторах. наименование учреждения(й), где работают авторы; его адрес: название города, почтовый индекс, название страны.

Надписи и подписи к иллюстрационному материалу (таблицы, рисунки, графики) приводятся на русском и английском языках.

Сведения об авторах на русском и английском языках: полные имена, отчества фамилии, учёные звания, ученые степени, должности, контактный телефон или адрес электронной почты, открытый идентификатор автора (ORCID в форме электронного адреса в сети «Интернет») (при наличии).

Сведения о личном вкладе каждого автора (если несколько авторов) в написание статьи (научное руководство, формулировка цели, сбор и обработка материала, постановка опытов и т.д. или все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации); указание об отсутствии или наличии конфликта интересов. Приводятся только на русском языке.

Статьи представляют на русском языке на белой бумаге формата А4 в печатном (1 экз.) и электронном виде в редакторе Word 2003 и выше, объемом не более 10 стр. (обзорные статьи не более 14 стр.), включая таблицы, схемы, рисунки и список источников; шрифт Times New Roman, размер 14, интервал 1,5.

К статье должен быть приложен отчет о проверке текста в программе «Антиплагиат». При оригинальности текста менее 75% статья возвращается на доработку.

Библиографические ссылки в тексте статьи даются в квадратных скобках в соответствии с нумерацией в списке источников. В списке источников в алфавитном порядке должны быть перечислены фамилии и инициалы сначала отечественных авторов, затем зарубежных, далее дано название статьи, наименование издания, указаны место и год издания, номер тома, выпуска, а также число страниц (от и до). Доля самоцитирования не должна превышать 20% от числа всех источников, указанных в списке. Источники на русском языке, кроме того, должны быть представлены в транслитерированном виде.

Статья, подписанная всеми авторами, с визой руководителя учреждения «В печать» на первой странице, заключение экспертной комиссии о возможности публикации в открытой печати, официальное направление учреждения, в котором выполнена данная работа, а также письменное согласие авторов на переиздание (копирование, в том числе путем создания электронной копии) их статьи в «РУНЭБ» направляют в редакцию журнала на- рочным или почтой.

Статьи, оформленные не по правилам, не рассматриваются.

Все статьи, поступившие в редакцию, подлежат внешнему рецензированию.

Присланные рукописи обратно не возвращаются.

Статьи следует направлять по адресу: 123022, Москва, Звенигородское шоссе, дом 5, ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, редакция «Российского журнала «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии».

Справки по телефону: 499-256-35-81

Обзорная статья

УДК 619:614.31

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202301001

EDN: ABXQUX

ИТОГИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВСЕРОССИЙСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ, ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ ЗА 2022 ГОД

*Петр Александрович Попов¹, Анатолий Михайлович Смирнов²,
Василий Иванович Дорожкин³, Нина Константиновна Гуненкова⁴,
Николай Иванович Попов⁵*

*^{1, 2, 3, 4, 5} Всероссийский научно-исследовательский институт
ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал
ФНЦ ВИЭВ им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН
Москва 123022, Российская Федерация, E-mail: vniivshe@mail.ru*

¹ popov.petr18@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4155-0386>

² smirnov_am@inbox.ru, ORCID: 0000-0001-7021-3237

³ tox.dor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1188-4449>

⁴ gunenkova_nk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6763-6121>

⁵ dezlab@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6020-2534>

Аннотация. В статье приведены результаты НИР за 2022 г., направленные на обеспечение устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия, биологической и продовольственной безопасности животноводческой продукции и кормов и охрану окружающей среды от загрязнений экотоксикантами.

В отчетном году сотрудники института опубликовали 91 научную работу, в том числе в изданиях WoS – 5, Scopus – 5, ядра РИНЦ – 63, перечня ВАК – 51, издано 2 монографии и 4 учебных пособия (в соавторстве).

Ключевые слова: НИР, дезинфектанты, биопленки, циклопиазоновая кислота, зерновые и травяные корма, американский гнилец пчел, экотоксиканты, кормовые добавки, минеральные сорбенты, чага, навоз крупного рогатого скота, органоминеральные удобрения

Для цитирования: Попов П.А., Смирнов А.М., Дорожкин В.И., Гуненкова Н.К., Попов Н.И. Итоги научной деятельности Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии за 2022 год // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 1 (45). С. 6–11.

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202301001

EDN: ABXQUX

Review article

THE RESULTS OF SCIENTIFIC ACTIVITIES OF ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF VETERINARY SANITATION, HYGIENE AND ECOLOGY FOR 2022

*Petr A. Popov¹, Anatoliy M. Smirnov², Vasily I. Dorozhkin³,
Nina K. Gunenkova⁴, Nikolay I. Popov⁵*

^{1,2,3,4,5} All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – Branch of Federal Scientific Center – K.I. Skryabin, Ya.R. Kovalenko
All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine, Russian Academy of Sciences,
Moscow 123022, Russian Federation. E-mail: vniivshe@mail.ru

¹ popov.petr18@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4155-0386>

² smirnov_am@inbox.ru, ORCID: 0000-0001-7021-3237

³ tox.dor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1188-4449>

⁴ gunenkova_nk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6763-6121>

⁵ dezlab@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6020-2534>

Abstract. The article presents the results of research for 2022 aimed at ensuring sustainable veterinary and sanitary well-being, biological and food safety of livestock products and feed, and environmental protection from ecotoxicant pollution. In the reporting year, the Institute's staff published 91 scientific papers, including in the publications WoS – 5, Scopus – 5, the core of the RSCI – 63, the list of HAC – 51, 2 monographs and 4 textbooks (co-authored).

Keywords: research, disinfectants, biofilms, cyclopiazonic acid, grain and herbal feeds, American bee rot, ecotoxicants, feed additives, mineral sorbents, chaga, cattle manure, organomineral fertilizers

For citation: Popov P.A., Smirnov A.M., Dorozhkin V.I., Gunenkova N.K., Popov N.I. The results of scientific activities of All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology for 2022 // Russian Journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology». 2023. № 1 (45). P. 6–11 (In Russ.). doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202301001
EDN: ABXQUX

Значительную роль в комплексе ветеринарных наук играет ветеринарная санитария, направленная на обеспечение устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства, получение безопасных в санитарном отношении продуктов и сырья животного происхождения и кормов, охрану окружающей среды от загрязнений антропогенными и естественными токсикантами.

Институт ветеринарной санитарии гигиены и экологии в 2022 г. выполнял научно-исследовательские работы в соответствии с Государственным заданием по теме FGUG-2022-0008 «Научно обосновать и разработать новые методы, средства и технологии обеспечения устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства», состоящей из восьми разделов, по трем традиционным для института основным направлениям.

Первое направление: обеспечение устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства.

Одной из важнейших задач ветеринарно-санитарной науки является разработка мероприятий, направленных на сохранение и обеспечение ветеринарно-санитарного благополучия. В условиях жесткого санкционного давления на нашу страну извне особенно необходимы активный поиск и внедрение новых высокоэффектив-

ных дезинфицирующих средств, обладающих широким спектром антимикробного действия.

В лаборатории ветеринарной санитарии в результате проведенного поиска для исследований были отобраны отечественные препараты «Алма-Вет», «Бактеридез Вет» и «Дезиол Вет», в лабораторных и производственных условиях изучена эффективность их дезинфицирующего действия в отношении тест-культур микроорганизмов различной степени устойчивости к действию дезинфицирующих средств. (*E. coli* штамм 1257, *S. aureus* штамм 209-Р, *Mycobacterium* штамм В5, *B. cereus* штамм 96). Более выраженным бактерицидным и спорицидным действием отличался композиционный препарат «Дезиол Вет».

На основании проведенных испытаний определены эффективные режимы применения дезинфицирующих средств «АлмаВет», «Бактеридез Вет» и «Дезиол Вет» и разработаны технологии их применения для проведения профилактической и вынужденной дезинфекции объектов ветеринарного надзора при инфекционных болезнях, вызванных возбудителями I...IV групп устойчивости к химическим дезинфицирующим средствам.

В связи с тем, что в рецептуры всех изученных препаратов входит глутаровый альдегид, обладающий стойким и специфическим запахом, они не

могут быть использованы для проведения дезинфекционных мероприятий на предприятиях мясо- и птицеперерабатывающей промышленности и молокозаводах, а также на других объектах, имеющих контакт с продуктами питания и кормами.

Для аэрозольной дезинфекции предложен новый препарат «Вадесепт». По результатам исследований изысканы эффективные режимы, разработана и утверждена «Технология дезинфекции объектов ветеринарного надзора объемными аэрозолями препарата «Вадесепт», предназначенная для ветеринарных специалистов птицефабрик, животноводческих, звероводческих и фермерских хозяйств, мясокомбинатов, мясо- и птицеперерабатывающих предприятий и др.

В лаборатории санитарной микробиологии проведено комплексное исследование воздействия метаболитов пробиотиков на формирование биопленок условно-патогенными и патогенными микроорганизмами. Проведенные эксперименты позволили определить активность метаболитов пробиотических штаммов бактерий *B. subtilis* ТНП-3 и *B. licheniformis* В-8610 по отношению к четырем резистентным клиническим изолятам *E. faecium* 323. Установлены морфологические особенности биопленок микроорганизмов разных таксономических групп, сформированных под воздействием исследуемых веществ. Определены чувствительность тест-штаммов к исследуемым веществам и степень подавления биопленкообразования.

Изучен препарат «АРЭМДИ (RMD)», основу которого составляют кристаллы хлоргексидина основания и неионогенное ПАВ. С применением метода сканирующей электронной микроскопии установлено, что препарат оказывает бактерицидное воздействие на популяции *E. coli*, *Ps. aeruginosa* и *St. aureus*. Согласно полученным результатам можно говорить о возможном использовании метаболитов пробиотических штаммов в качестве противомикробных средств для лечения инфекционных заболеваний, вызываемых исследованными микроорганизмами.

Второе направление: обеспечение качества и безопасности продукции животного происхождения и кормов.

Актуальность исследований по данному направлению обусловлена необходимостью создать современную систему ветеринарно-санитарного контроля при получении животноводческой продукции и производстве кормов.

Во ВНИИВСГЭ накоплен большой опыт проведения научных исследований, направленных на

решение стратегических вопросов обеспечения биологической и продовольственной безопасности страны.

В связи с наличием на российском рынке большого количества антибактериальных препаратов становится актуальной проблема обнаружения их остаточного количества в продукции животноводства.

Сотрудниками лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы изучена возможность применения различных методов определения остаточных количеств антибактериальных веществ в креветках, проведены комплексные исследования по вариации, верификации и определению специфичности тест-набора Anti Microbial Array II по выявлению антибиотиков методом иммуномикрочиповой технологии.

Получены экспериментальные данные, показавшие перспективность иммуномикрочиповой технологии с помощью панели Anti Microbial Array II для выявления остаточных количеств антимикробных веществ в креветках в целях оценки их санитарного качества. Выявлена строгая специфичность тест-набора Anti Microbial Array II при определении антибиотиков из разных подгрупп тетрациклинов: окситетрациклина гидрохлорида, хлортетрациклина, тетрациклина, доксициклина. Следует отметить, что все антибиотики определяются в образце одновременно. Таким образом, подтверждена возможность применения иммуномикрочиповой технологии Randox® Biochip для скрининга остаточных количеств тетрациклинов в креветках.

Также была определена чувствительность микробиологического метода обнаружения антибактериальных препаратов группы фторхинолонов в креветках с использованием тест-культуры *Bacillus stearothermophilus*. С помощью данного метода выявляется с высокой чувствительностью (0,1 мкг/л) широкий спектр антибактериальных препаратов из группы фторхинолонов.

Целью НИР лаборатории микотоксикологии и санитарии кормов была оценка распространенности циклопиазоновой кислоты (ЦПК) в зерновых и травяных кормах и способности грибов *Aspergillus* и *Penicillium* продуцировать этот токсин.

Негативное действие ЦПК проявляется в способности изменять усвоение клетками кальция, что приводит к усилению сокращения мышц, а также вызывает у животных патологические изменения в печени, желудочно-кишечном тракте и сердце. В ходе многолетних исследований полу-

чены убедительные данные, указывающие на редкое выявление ЦПК в зерновых кормах и обширную распространенность в консервированных зеленых кормах и дикорастущих бобовых, злаковых, крестоцветных травах. Оценивать встречаемость этого токсина в зеленой массе и семенах хозяйственно-значимых сельскохозяйственных растений, в частности зернофуражных и масличных культур, начали только в последние годы.

Впервые установлена распространенность и способность продуцировать ЦПК, хотя и в разной степени, для двух видов грибов *Aspergillus* секции *Flavi* – *A. flavus* L., *A. tamarii* Kita, и двух видов грибов *Penicillium* – *P. griseofulvum* Dierckx и *P. cyclopium* Westl., ассоциированных с травяными кормами, и получены сведения о частоте встречаемости ЦПК в зерновых и травяных кормах.

В результате проведенных фундаментальных исследований в 2022 г. получены новые сведения по оценке рисков, связанных с контаминацией зерновых и травяных кормов циклопиазоновой кислотой и потенциально токсигенными грибами *Aspergillus* секции *Flavi* и рода *Penicillium*.

Полученные результаты позволят повысить эффективность мер профилактики интоксикаций сельскохозяйственных животных.

Сотрудниками лабораторий ветеринарной санитарии и экологической безопасности в пчеловодстве отобраны современные дезинфицирующие препараты отечественного производства, перспективные для применения в пчеловодстве: Оксигран, Дезинбак супер, Медифокс Дез, озон. Определены эффективные режимы их применения на пасеках при американском гнильце пчел, гарантирующие получение биологически безопасной продукции пчеловодства в условиях риска распространения данного заболевания пчел.

Чтобы получать чистую товарную продукцию пчеловодства, целесообразно применять в качестве дезинфектантов пероксидные препараты с повышенной биоцидной активностью, обладающие короткой экспозицией и способностью разлагаться до воды и кислорода.

Третье направление посвящено решению проблем экологии: охране здоровья животных и окружающей среды от воздействия естественных и антропогенных токсикантов.

С каждым годом возрастает антропогенная нагрузка на окружающую среду, растет уровень образования токсичных отходов; хозяйственная деятельность человека способствует образованию биогео-

химических зон с аномально высоким содержанием тяжелых металлов (ТМ), радиоактивных веществ (РВ), пестицидов и других токсикантов. Многие экотоксиканты представляют серьезную опасность для человека и животных даже в очень незначительных концентрациях, могут накапливаться в организме, а также вызывать негативные изменения через длительное время после поступления (отдаленные последствия). Все чаще обнаруживается гораздо более опасное комбинированное воздействие токсикантов.

В связи с этим обостряется проблема поиска и разработки антидотов, сорбентов и других детоксицирующих средств, способствующих нейтрализации и элиминации токсикантов без нанесения ущерба организму при длительном или постоянном их применении.

Среди веществ, обладающих сорбционными свойствами, одними из наиболее эффективных и экономически доступных являются минеральные сорбенты природного происхождения. К числу перспективных лекарственных, в частности сорбирующих, средств природного происхождения относится березовый гриб *Inonotus obliquus* (чага, или трутовик скошенный). Весьма эффективно также применение сорбентов в комбинации с другими биологически активными веществами (БАВ) в форме комплексных кормовых добавок.

Целью работы сотрудников лаборатории фармакологии и токсикологии было изыскание энтеросорбентов и других биологически активных веществ, перспективных для снижения негативного действия ТМ, пестицидов, антибиотиков и предотвращения их накопления в организме животных.

Были получены новые знания об энтеросорбентах и протекторных биологически активных веществах, перспективных для предотвращения кумуляции и снижения негативного действия экотоксикантов на организм животных и повышения безопасности продукции животноводства.

Изучено биологическое и сорбционно-детоксицирующее действие кормовой добавки «Фитодок» и минеральных сорбентов: шивыртуина, смектита, вермикулита, препаратов аморфного диоксида кремния и чаги для выведения кадмия и свинца из организма животных.

При применении комплексных сорбционно-детоксицирующих препаратов наблюдалась тенденция к повышению уровней гемоглобина и эритроцитов, однако полной компенсации токсического влияния ТМ на гематологические показатели белых крыс не выявлено.

В условиях *in vitro* установлена высокая эффективность чаги в качестве сорбента кадмия (89%) и свинца (95,1%), причем образцы чаги разных производителей по сорбционной способности оказались практически одинаковыми. Полученные результаты позволяют считать чагу перспективным природным сорбентом для дальнейших исследований при разработке технологий снижения негативного действия кадмия и свинца на организм животных при хроническом отравлении тяжелыми металлами.

Установлено, что изученные препараты перспективны для предотвращения кумуляции и снижения негативного действия экотоксикантов на организм животных и повышения безопасности продукции животноводства, особенно при комбинированном применении сорбционных и биологически активных веществ в составе композиционных сорбционно-детоксицирующих препаратов.

В лаборатории зоогигиены и охраны окружающей среды проведено сравнительное изучение химического состава нативного навоза крупного рогатого скота на соломенной подстилке, переработанного навоза и гранулированного органоминерального удобрения, определено содержание тяжелых металлов в различных видах навоза и в органоминеральном удобрении.

Установлено, что переработанный навоз в виде компостов и нативный навоз крупного рогатого скота на соломенной подстилке характеризуются низким содержанием органического вещества, которое составляет 20,3 и 55,1% соответственно.

Органоминеральные удобрения имеют высокое содержание питательных веществ: при влаж-

ности 2% содержат свыше 80% органического вещества. Уровень содержания тяжелых металлов в органоминеральных удобрениях на основе отходов животноводства не превышает предельно допустимых концентраций, предусмотренных национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 53117-2008.

Государственное задание на 2022 г. выполнено полностью.

По результатам НИР разработаны и утверждены заместителем академика-секретаря Отделения сельскохозяйственных наук РАН В.В. Калашниковым шесть технологий, заместителем министра сельского хозяйства Российской Федерации М.И. Увайдовым две методические рекомендации.

«Технология применения дезинфицирующих средств “Дезон Вет”, “Дезон Триавет”, “Дезон Ветклин”» отмечена золотой медалью и дипломом участника выставки «Золотая осень-2022».

В отчетном году сотрудники института опубликовали 91 научную работу, в том числе в изданиях WoS – 5, Scopus – 5, ядра РИНЦ – 63, перечня ВАК – 51, издано 2 монографии и 4 учебных пособия (в соавторстве).

Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием по теме: FGUG-2022-0008 «Научно обосновать и разработать новые методы, средства и технологии обеспечения устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства».

Регистрационный номер НИОКТР в ЦИТИС 122042700106-1.

Информация об авторах

Попов П.А. – д-р вет. наук, руководитель института.

Смирнов А.М. – д-р вет. наук, проф., акад. РАН, руководитель I и II научных направлений.

Дорожкин В.И. – д-р биол. наук, проф., акад. РАН, руководитель III научного направления института.

Гуненкова Н.К. – канд. биол. наук, научный консультант.

Попов Н.И. – д-р вет. наук, проф., зам. руководителя института, заведующий лабораторией.

Information about the authors

Popov P.A. – Dr. Vet. Sci., Head of the Institute.

Smirnov A.M. – Dr. Vet. Sci., Prof., Acad. of the Russ. Acad. of Sciences, Head of the I and II scientific direction.

Doroshkin V.I. – Dr. Biol. Sci., Prof., Acad. of the Russ. Acad. of Sciences, Head of the III scientific direction.

Gunenкова N.K. – Cand. Biol. Sci., Scientific adviser.

Popov N.I. – Dr. Vet. Sci., Prof., Deputy head of the Institute, Head of laboratories.

Вклад авторов

Попов П.А. – руководство работой по выполнению Государственного задания, формирование сводного отчета НИР института.

Смирнов А.М. – научное руководство НИР по I и II направлениям НИР института.

Дорожкин В.И. – руководство работой по выполнению Государственного задания, научное руководство НИР по III направлению НИР института.

Гуненкова Н.К. – составление сводного отчета НИР института, написание статьи.

Попов Н.И. – составление сводного отчета по направлению «Обеспечение ветеринарно-санитарного благополучия животноводства».

Contribution of the authors

Popov P.A. – management of the work on the implementation of the State task, the formation of a summary report of the research of the institute.

Smirnov A.M. – scientific leadership of research in I and II directions of research of the institute.

Dorozkin V.I. – management of work on the implementation of the State assignment, scientific supervision of research in the III direction of the research of the institute.

Gunenкова N.K. – compiling a summary report of the research of the institute, writing an article.

Popov N.I. – drawing up a summary report in the direction of «Ensuring the veterinary and sanitary well-being of animal husbandry».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.12.2022; одобрена после рецензирования 23.01.2023. Дата опубликования: 28.03.2023.

The article was submitted 08.12.2022; approved after reviewing 23.01.2023. Date of publication: 28.03.2023.

**ВЕТЕРИНАРНАЯ САНИТАРИЯ (ДЕЗИНФЕКЦИЯ, ДЕЗИНСЕКЦИЯ,
ДЕЗАКАРИЗАЦИЯ, ДЕРАТИЗАЦИЯ)**

VETERINARY SANITATION (DISINFECTION, DISINSECTION, DISACARISATION, DERATIZATION)

Научная статья

УДК 619:616.775.26

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202301002

EDN: CFGKXV

**ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ДЕЗИНФЕКТАНТОВ
НА БАКТЕРИЦИДНУЮ АКТИВНОСТЬ *E. COLI***

Екатерина Владимировна Нефедова¹, Николай Николаевич Шкиль²

^{1,2} Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
Новосибирская область, п. Краснообск 630501, Российская
Федерация, E-mail: filll555@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования по определению синергического эффекта при применении комбинаций дезинфектантов и наночастиц серебра. Выявлен значительный рост бактерицидной активности при сочетанном применении с AgNPs в отношении *E. coli* ATCC 25922 у Algavit 25 в 64 (с 200 до 3,12 мкг/мл) и Dairy EcoGex в 66,6 (с 100 до 1,5 мкг/мл) раза соответственно. При культивировании изолята *E. coli* с Senso Dip 50, Ital Mast up blue, Algavit 25, Dairy EcoGex совместно с AgNPs установлен рост бактерицидной активности в 8 раз.

Ключевые слова: наночастицы серебра, *E. coli*, антибиотики, антибиотикорезистентность, AgNPs

Для цитирования: Нефедова Е.В., Шкиль Н.Н. Влияние наночастиц серебра и дезинфектантов на бактерицидную активность *E. coli* // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 1 (45). С. 12–17.

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202301002

EDN: CFGKXV

Original article

**INFLUENCE OF SILVER NANOPARTICLES AND DISINFECTANTS ON
THE BACTERICIDAL ACTIVITY OF *E. COLI***

Ekaterina V. Nefedova¹, Nikolay N. Shkil²

^{1,2} Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk Region, Krasnoobsk settlement 630501, Russian Federation
E-mail: filll555@mail.ru

Abstract. Studies have been carried out to determine the synergistic effect of using combinations of disinfectants and silver nanoparticles. A significant increase in bactericidal concentration was revealed when combined with AgNPs against *E. coli* ATCC 25922 in Algavit 25 in 64 (from 200 to 3.12 µg / ml) and Dairy EcoGex in 66.6 (from 100 to 1.5 µg / ml) times, respectively. When cultivating the *E. coli* isolate with Senso Dip 50, Ital Mast up blue, Algavit 25, Dairy EcoGex together with AgNPs, an 8-fold increase in bactericidal concentration was established.

Keywords: silver nanoparticles, *E. coli*, antibiotics, antibiotic resistance, AgNPs

For citation: Nefedova E.V., Shkil N.N. Influence of silver nanoparticles and disinfectants on the bactericidal activity of *E.coli* // Russian Journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2023. № 1 (45). P. 12–17 (In Russ.). doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202301002
EDN: CFGKXV

Введение

В последние годы большинство антибактериальных препаратов становятся неэффективными при терапии бактериальных инфекций [2, 3]. Приобретение микроорганизмами устойчивости к антибактериальным препаратам связано с циркуляцией генов антибиотикорезистентности в окружающей среде. Бесконтрольное применение лекарственных веществ приводит к формированию антибиотикорезистентности, обусловленной мутациями в хромосомной ДНК, а также к получению плазмид, интегров от других бактерий при горизонтальном переносе генов [4, 6, 7].

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.09.2017 г. № 2045-р (ред. от 11.09.2021) утверждена «Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности», в которой обозначен комплекс мер, направленных на ограничение распространения феномена антибиотикорезистентности [1].

Мультирезистентность микроорганизмов становится растущей проблемой в лечении инфекционных заболеваний, а широкое использование антибиотиков широкого спектра действия привело к развитию устойчивости к антибиотикам со стороны многочисленных бактериальных патогенов человека и животных. При этом гены устойчивости к антибактериальным препаратам обнаруживаются во фруктах, овощах, мясных продуктах и молоке [7...9], в связи с чем существует острая необходимость в разработке альтернативных, экономически эффективных противомикробных агентов, которые преодолевают устойчивость к противомикробным препаратам.

Наночастицы серебра (AgNPs) широко используются в различных сферах медицины в качестве биомаркеров, средств диагностики, противомикробных, противовирусных и противоопухолевых средств, а также меток клеток и систем доставки лекарственных средств для лечения различных заболеваний. Многочисленные исследования свидетельствуют о стимулирующем влиянии серебра как при пероральном, так и парентеральном введении на ретикуло-эндотелиальную систему организма, а также об активном антивирусном

действии и выраженной противовоспалительной активности [10, 11].

Нашими исследованиями показана возможность увеличить бактерицидную активность: так, при лечении послеродового гнойно-катарального эндометрита коров препаратом арговит установлен рост антибиотикочувствительности изолированной микрофлоры к 21 (87,5%) исследуемому препарату от 1,2 до 100%, при этом в контрольной группе отмечено снижение антибиотикочувствительности выделенной микрофлоры к 18 (75,0%) изучаемым препаратам – от 1,1 до 28,7% [4].

Сочетание AgNPs и антибиотиков: энрофлоксацина, гентамицина, цефтимага, ципромага, окситетрациклина, ампициллина показало наибольший рост бактерицидной активности в отношении как *E. coli* ATCC 25922, так и изолята *E. coli*, чем в комбинации AgNPs+антибиотик+ДМСО, за исключением клоксациллина при исследовании с изолятом *E. coli* [5].

Цель работы – определить бактерицидную активность сочетаний наночастиц серебра и дезинфектантов на штамме *E. coli* ATCC 25922 и изоляте *E. coli*, выделенном при инфекционной патологии крупного рогатого скота.

Материалы и методы

Для изучения действия наночастиц серебра использовали препарат арговит (ООО НПЦ «Вектор-Вита» г. Новосибирск), содержащий AgNPs в дозе 13 мкг/мл; в качестве дезинфектантов – Eco Dol-I, Krionite, Farmos, GEA Salvo Dip B, Oxy Cite Pre, Senso Dip 50, Ital Mast up blue, Algavit 25, Dairy EcoHex.

GEA Salvo Dip B – моющее средство, содержащее в качестве действующего вещества синтетическую молочную кислоту (GEA Farm Technologies, Германия).

Oxy Cite Pre – средство для обработки сосков перед доением, содержащее в составе пероксид водорода, глицерин (GEA Farm Technologies, Германия).

Farmos – моющее и дезинфицирующее средство, содержащее хлор, композицию ПАВ, целевые добавки, воду очищенную (GEA Farm Technologies, Германия).

Krionite – моющее и дезинфицирующее средство, содержащее комплекс неорганических кислот, ПАВ, целевые добавки, воду очищенную (GEA Farm Technologies, Германия).

Senso Dip 50 R – комплексное моющее и дезинфицирующее средство, в 100 г которого содержатся 0,5 г хлоргексидина, 0,5 г диэтилбензамида, ланолин, глицерин (GEA Farm Technologies, Германия).

Ital Mast up blue – дезинфицирующее средство, содержащее хлоргексидина биглюконат, воду деионизированную (GEA Farm Technologies, Германия).

Dairy EcoHex – дезинфицирующее средство, содержащее хлоргексидина биглюконат, смягчающие и увлажняющие вещества и вспомогательные компоненты (GEA Farm Technologies, Германия).

Senso Dip 50 – средство для обработки сосков перед доением, в составе содержит 5000 мкг/мл хлоргексидина биглюконата (GEA Farm Technologies, Германия).

Algavit 25 – средство для ухода за выменем после доения, содержащее воду, аллантоин, глицерин, сорбитол, пленкообразующие поверхностно-активные вещества и комплекс йода (0,25%) с массовой долей 2500 мкг/мл (GEA Farm Technologies, Германия).

Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным веществам и их сочетаниям проводили методом последовательных серийных разведений в МПБ путем внесения 0,2 мл $1,5 \cdot 10^6$ КОЕ/мл референтного штамма *E. coli* ATCC 25922 или изолята *E. coli*, выделенного при инфекционном заболевании от крупного рогатого скота, и последующего инкубирования в течение 24 ч при температуре $36,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ [5].

Результаты исследований и обсуждений

При культивировании изолята *E. coli* с Eco Dol-I и AgNPs установлен рост бактерицидной активности Eco Dol-I в 16 раз, (эффективная концентрация Eco Dol-I составляла 100 мкг/мл, а эффективная концентрация комбинации Eco Dol-I+ AgNPs составила менее 6,25 мкг/мл, т.е. была меньше в 16 раз) а у *E. coli* ATCC 25922 – в 1143 раза (с 200,0 до 0,175 мкг/мл). Бактерицидные свойства Eco Dol-I в отношении изолята *E. coli* в 2 раза (100 мкг/мл) больше, чем к референтному штамму *E. coli* ATCC 25922 (200 мкг/мл).

Изучение изменения бактерицидных свойств Krionite в отношении изолята *E. coli* и штамма *E. coli* ATCC 25922 показало, что в комбинации с AgNPs происходит их увеличение в 2 раза (с 12,5 до 6,25 мкг/мл и 6,25 до 3,12 мкг/мл соответственно).

Препарат Farnos обладал бактерицидной активностью к изоляту *E. coli* в концентрации 25 мкг/мл, но она повышалась в комбинации с AgNPs в 4 раза (с 25 до 6,25 мкг/мл). Бактерицидная активность этого дезинфектанта к референтному штамму *E. coli* ATCC 25922 характеризовалась аналогичным повышением в присутствии AgNPs в 4 раза (с 50 до 12,5 мкг/мл).

Бактерицидные свойства GEA Salvo Dip B и Oxy Cite Pre в отношении изолята *E. coli* в сочетании с AgNPs повысились в 2 раза (с 100 до 50 мкг/мл), сходными были показатели для референтного штамма *E. coli* ATCC 25922, где также отмечено увеличение бактерицидной активности в 2 раза (с 50 до 12,5 мкг/мл и с 12,5 до 6,25 мкг/мл) (таблица).

Таблица. Антибиотикочувствительность референтного штамма *E. coli* ATCC 25922 и изолята *E. coli* к различным комбинациям дезинфицирующих средств

Table. Antibiotic susceptibility of *E. coli* reference strain ATCC 25922 and *E. coli* isolate to various combinations of disinfectants

Название препаратов	Бактерицидная концентрация комбинаций антибактериальных веществ, мкг/мл			
	<i>E. coli</i> ATCC 25922		<i>E. coli</i>	
	AgNPs	дезинфектант	AgNPs	дезинфектант
1	2	3	4	5
Арговит	0,312	–	0,019	–
Eco Dol-I	–	200	–	100
Eco Dol-I + Арговит	0,0025	0,175	0,078	6,25
Krionite	–	6,25	–	12,5
Krionite + Арговит	0,039	3,12	0,078	6,25
Farnos	–	25	–	50

1	2	3	4	5
Farmos + Арговит	0,078	6,25	0,156	12,5
GEA Salvo Dip B	–	50	–	100
GEA Salvo Dip B + Арговит	0,156	12,5	0,625	50
Oxy Cite Pre	–	12,5	–	100
Oxy Cite Pre + Арговит	0,078	6,25	0,625	50
Senso Dip 50	–	50	–	200
Senso Dip 50 + Арговит	0,039	3,12	0,312	25
Ital Mast up blue	–	100	–	100
Ital Mast up blue+Арговит	0,078	6,25	0,156	12,5
Algavit 25	–	200	–	100
Algavit25 + Арговит	0,039	3,12	0,156	12,5
Dairy EcoHex	–	100	–	200
Dairy EcoHex +Арговит	0,019	1,5	0,312	25

Senso Dip 50, Ital Mast up blue обладали бактерицидной активностью по отношению к референтному штамму *E. coli* ATCC 25922, которая в комбинации с AgNPs увеличивалась в 16 раз (с 50 до 3,12 мкг/мл и 100 до 6,25 мкг/мл соответственно).

Значительный рост бактерицидных свойств установлен у Algavit 25 при совместном использовании с AgNPs (в 64 раза – с 200 до 3,12 мкг/мл) и Dairy EcoHex (в 66,6 раза – с 100 до 1,5 мкг/мл) в отношении референтного штамма *E. coli* ATCC 25922.

При культивировании изолята *E. coli* с Senso Dip 50, Ital Mast up blue, Algavit 25, Dairy EcoHex установлен рост бактерицидной активности в присутствии AgNPs в 8 раз.

Заключение

В результате исследований установлено, что наибольшей чувствительностью ко всем исследу-

емым дезинфицирующим средствам и их сочетаниям с AgNPs обладал референтный штамм *E. coli* ATCC 25922. AgNPs при сочетанном применении со всеми изученными дезинфектантами вызывал рост бактерицидной активности, что открывает перспективы для дальнейшего изучения и применения подобных комбинаций препаратов. Наибольший рост бактерицидной активности при сочетанном применении с AgNPs в отношении *E. coli* ATCC 25922 показали Eco Dol-I и AgNPs, установлен рост бактерицидной активности Eco Dol-I в 16 раз (с 100 до 6,25 мкг/мл), а у *E. coli* ATCC 25922 – в 1143 раза (с 200 до 0,175 мкг/мл), а также Algavit 25 в 64 раза (с 200 до 3,12 мкг/мл) и Dairy EcoHex в 66,6 раза (с 100 до 1,5 мкг/мл). При культивировании изолята *E. coli* с Senso Dip 50, Ital Mast up blue, Algavit 25, Dairy EcoHex совместно с AgNPs установлено увеличение бактерицидной активности в 8 раз.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности: распоряжение Правительства Российской Федерации № 2045-р от 25.09.2017 (ред. от 11.09.2021).
2. Нестеров Н. Комбикормовой отраслью можно гордиться // Животноводство России. 2014. № 2. С. 2-4.
3. Лозовой Д.А., Рахманов А.М. Сотрудничество ветеринарных служб государств – участников СНГ // Ветеринария сегодня. 2015. № 2. С. 8–10.
4. Нефедова Е.В., Шкиль Н.Н. Влияние наночастиц серебра на антибиотикорезистентность микроорганизмов при лечении послеродового гнойно-катарального эндометрита коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 55–62.
5. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: методические указания МУК 4.2. 1890-04, ЦНИИЭ. М., 2004. 101 с.
6. Шкиль Н.Н., Нефедова Е.В. Влияние антибиотиков и наночастиц серебра на изменение чувствительности *E. coli* к антибактериальным препаратам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 84–91.

7. Anand M. Phenotypic & molecular characterization of AmpC β -lactamases among *Escherichia coli* *Klebsiella* spp. & *Enterobacter* spp from five Indian Medical Centers / M. Anand, S. Madhan, K. Anil, J. Hepzibah // *Indian J Med Res.* 2012. №135(3). P. 359–364.
8. Yuan Y.G. Effects of silver nanoparticles on multiple drug-resistant strains of *staphylococcus aureus* and *pseudomonas aeruginosa* from mastitis-infected goats: an alternative approach for antimicrobial therapy / Y.G. Yuan, Q.L. Peng, S. Gurunathan // *Int. J. Mol. Sci.* 2017. Vol.6. N.18 (3). Doi: 10.3390/ijms18030569.
9. Yu, L. The anti-biofilm effect of silver-nanoparticle-decorated quercetin nanoparticles on a multi-drug resistant *Escherichia coli* strain isolated from a dairy cow with mastitis / L. Yu, X. Chen, F. Shang, J. Ni // *Peer J.* 2018. N.16. Doi: 10.7717/peerj.5711.
10. Nefedova E.V. The Infectious Bronchitis Coronavirus Pneumonia Model Presenting a Novel Insight for the SARS-CoV-2 Dissemination Route / E.V. Nefedova, V. Yu., Koptev, A.S. Bobikova // *Vet. Sci.* 2021. 8. P. 239. Doi.org/10.3390/vetsci8100239
11. Nefedova E.V. AgNPs Targeting the drug resistance problem of *staphylococcus aureus*: susceptibility to antibiotics and efflux effect / E.V. Nefedova, N. Shkil, R.L. Vazquez-Gomez, D. Garibo, A. Pestryakov, N. Bogdanchikova // *Pharmaceutics.* 2022. N. 14. P. 763. Doi.org/10.3390/pharmaceutics14040763

REFERENCES

1. Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance: Decree of the Government of the Russian Federation No. 2045-r of 25.09.2017 (ed. of 11.09.2021).
2. Nesterov N. You can be proud of the feed industry // *Animal Husbandry of Russia.* 2014. No. 2. p. 2–4.
3. Lozovoy D.A., Rakhmanov A.M. Cooperation of veterinary services of the CIS member states // *Veterinary medicine today.* 2015. No. 2. pp. 8–10.
4. Nefedova E.V., Shkil N.N. Influence of silver nanoparticles on antibiotic resistance of microorganisms in the treatment of postpartum purulent-catarrhal endometritis of cows // *Siberian Bulletin of Agricultural Science.* 2022. No. 3. pp. 55–62.
5. Determination of the sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs: methodological guidelines of the MUC 4.2. 1890-04, TSNIIE. M., 2004. 101 p.
6. Shkil N.N., Nefedova E.V. The influence of antibiotics and silver nanoparticles on the change in the sensitivity of *E. coli* to antibacterial drugs // *Siberian Bulletin of Agricultural Science.* 2020. Vol. 50. No. 2. pp. 84–91.
7. Anand M. Phenotypic & molecular characterization of AmpC β -lactamases among *Escherichia coli* *Klebsiella* spp. & *Enterobacter* spp from five Indian Medical Centers / M. Anand, S. Madhan, K. Anil, J. Hepzibah // *Indian J Med Res.* 2012. №135(3). P. 359–364.
8. Yuan Y.G. Effects of silver nanoparticles on multiple drug-resistant strains of *staphylococcus aureus* and *pseudomonas aeruginosa* from mastitis-infected goats: an alternative approach for antimicrobial therapy / Y.G. Yuan, Q.L. Peng, S. Gurunathan // *Int. J. Mol. Sci.* 2017. Vol.6. N.18 (3). Doi: 10.3390/ijms18030569.
9. Yu, L. The anti-biofilm effect of silver-nanoparticle-decorated quercetin nanoparticles on a multi-drug resistant *Escherichia coli* strain isolated from a dairy cow with mastitis / L. Yu, X. Chen, F. Shang, J. Ni // *Peer J.* 2018. N.16. Doi: 10.7717/peerj.5711.
10. Nefedova E.V. The Infectious Bronchitis Coronavirus Pneumonia Model Presenting a Novel Insight for the SARS-CoV-2 Dissemination Route / E.V. Nefedova, V. Yu., Koptev, A.S. Bobikova // *Vet. Sci.* 2021. 8. P. 239. Doi.org/10.3390/vetsci8100239
11. Nefedova E.V. AgNPs Targeting the drug resistance problem of *staphylococcus aureus*: susceptibility to antibiotics and efflux effect / E.V. Nefedova, N. Shkil, R.L. Vazquez-Gomez, D. Garibo, A. Pestryakov, N. Bogdanchikova // *Pharmaceutics.* 2022. N. 14. P. 763. Doi.org/10.3390/pharmaceutics14040763

Информация об авторах

Нефедова Е.В. – канд. вет. наук, старший научный сотрудник.

Шкиль Н.Н. – д-р вет. наук, ведущий научный сотрудник.

Author information

Nefedova E.V. – Cand. Vet. Sci, Senior researcher associate.

Shkil N.N. – Dr. Vet. Sci, Leading research associate.

Вклад авторов

Нефедова Е.В. – подготовка и проведение экспериментов, анализ данных, написание статьи.

Шкиль Н.Н. – сбор литературы, постановка цели работы, обсуждение данных.

Contribution of the authors

Nefedova E.V. – preparation and conduct of experiments, data analysis, writing an article.

Shkil N.N. – collection of literature, setting the goal of the work, discussion of the data.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 31.08.2022; одобрена после рецензирования 19.09.2022. Дата опубликования: 28.03.2023.

The article was submitted 31.08.2022; approved after reviewing 19.09.2022. Date of publication: 28.03.2023.



**РОССИЙСКИЙ
ЖУРНАЛ**

**ПРОБЛЕМЫ
ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ,
ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ**



№ 2 (46) • 2023



ISSN 2075-1818

РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ ПРОБЛЕМЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ, ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ

№ 2 (46), 2023

**Материалы научно-практической конференции с международным участием
«Актуальные проблемы ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарной экспертизы
и биологической безопасности сельскохозяйственной продукции»**

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-74156 от 29.10.2018). Выходит один раз в квартал. Распространяется в Российской Федерации и других странах. Статьи рецензируются.

Учредитель: ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ОГРН 1037700258870).

Адрес редакции: 123022, Россия,
Москва, Звенигородское шоссе, дом 5
Тел.: (499)256-35-81;
Факс: (499)256-35-81
E-mail: vniivshe@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Канцлер»:
г. Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, ст. 66а
E-mail: kancler2007@yandex.ru

Тираж 500 экз. Заказ №
Формат 60х84/8. Объем 16 п.л.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Ответственность за оригинальность статьи и научные заключения несут авторы.

Рукописи публикуются бесплатно.

Журнал индексируется в базах данных РИНЦ, RSCI, AGRIS; включен в утвержденный ВАК перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

© «Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»

Подписано в печать 16.05.2023 г.

ISSN 2075-1818

Подписной индекс ПН181

Редакционный совет:

Смирнов А. М. – главный редактор
Дорожкин В. И. – зам. главного редактора
Попов Н. И. – член редсовета
Попов П. А. – член редсовета
Гуненкова Н. К. – ответственный редактор
Ярных Е. В. – научный редактор

Редакционная коллегия:

Донник И.М., Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», акад. РАН;
Алиев А.Ю., Прикаспийский ЗНИВИ ФГБНУ «Дагестанский аграрный научный центр Республики Дагестан», д-р вет. наук, проф.;
Гарлыев Т., Туркменский с.-х. университет им. С.А. Ниязова, д-р вет. наук;
Денисова Е.А., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук;
Кононенко Г.П., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук проф.;
Мирзоев Д.М., Таджикский аграрный университет, д-р. вет. наук, проф., акад. Таджикской академии СХН;
Серегин И.Г., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», канд. вет. наук, проф.;
Тутельян В.А., ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», акад. РАН;
Тюрин В.Г., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р вет. наук, проф.;
Удавляев Д.И., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», д-р биол. наук;
Уша Б.В., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», акад. РАН;
Шахмурзов М.М., ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», д-р биол. наук, проф.;
Ятусевич А.И., Витебская гос. академия ветеринарной медицины, д-р вет. наук, проф., иностранный член РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕТЕРИНАРНАЯ САНИТАРИЯ (ДЕЗИНФЕКЦИЯ, ДЕЗИНСЕКЦИЯ, ДЕЗАКАРИЗАЦИЯ, ДЕРАТИЗАЦИЯ)

Горяинова Г.М., Скрипникова А.С., Шалагинова А.Д., Гуненкова Н.К. Перспективы применения дезинфицирующих средств при проведении ветеринарно-санитарных мероприятий на объектах ветеринарного надзора	134
Грузнов Д.В., Грузнова О.А., Попов Н.И., Щербакова Г.Ш., Степанова С.П., Лобанов А.В. Перспективы использования дезинфицирующего средства на основе порфиринового макроцикла	142
Бабунова В.С., Осипова И.С., Попов П.А., Дементьева А.А. Оценка содержания действующих веществ в дезинфектантах на основе надуксусной кислоты, используемых на промышленных линиях птицепереработки	148
Куш И.В., Удавлиев Д.И., Попов Н.И., Кабардиев С.Ш. Изучение дезинфицирующей активности препарата «Тектумдез» в производственных условиях	154
Козак С.С., Козак Ю.А., Радаев И.Ф. Применение дезинфицирующего средства «ТМ-Формодез» в цехе санитарного убоя птицы	161
Щербакова Г.Ш., Павлова И.Б., Попов Н.И. Исследование устойчивости спор <i>B. cereus</i> штамм 96 к новому композиционному средству «Хлортаб»	167

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНОЕ КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И КОРМОВ

Мишина Н.Н., Семенов Э.И., Маланьев А.В., Ямалова Г.Р., Алеев Д.В., Халикова К.Ф., Галляутдинова Г.Г., Валиев А.Р. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса цыплят-бройлеров при использовании в кормах четырехкомпонентного сорбента на фоне микотоксикоза	174
Бачинская В.М., Василевич Ф.И., Дельцов А.А. Показатели качества мяса кур-несушек при применении препарата на основе гидролизата белка отечественного производства	180
Серегин И.Г., Волков А.Т., Терехин Р.В. Ветеринарно-санитарная характеристика мяса диких лосей	186
Денисова Е.А., Бабунова В.С., Горяинова Г.М., Арсеньева Л.В. Обоснование параметров чувствительности биOLUMИнесцентного метода определения антибактериальных веществ при скрининговом анализе рыбной продукции	191
Кудрявцева А.Д., Субботина Ю.М., Шопинская М.И., Филатова Е.Е. Ветеринарно-санитарная экспертиза карпа, выращенного в рыбохозяйственном водоеме	200

ЭКОЛОГИЯ

- Тюрин В.Г., Родионова Н.В., Бирюков К.Н., Обухов И.Л., Авылов Ч.К.** Особенности экосистемы биологических прудов в процессе естественной очистки животноводческих стоков 208
- Ефимов Д.С., Абдуллаева А.М.** Влияние выбросов мусоросжигательных заводов на окружающую среду 212

БИОБЕЗОПАСНОСТЬ

- Брандорф А.З., Сохликов А.Б.** Тропилеласоз пчел – новая угроза российскому пчеловодству 217

ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

- Тюрин В.Г., Семенов В.Г., Лузова А.В., Бирюкова Д.Э.** Повышение эффективности молочного скотоводства за счет профилактики и лечения мастита коров иммуностимулирующими препаратами 227
- Никанова Л.А., Артемьева О.А.** Протеин микробиологического синтеза в кормлении свиней и его влияние на резистентность организма 234
- Павлова Н.С., Павленко Г.И., Дорожкин В.И.** Изучение влияния кормовой добавки «Фитодок нейро» на показатели крови белых крыс в хроническом эксперименте (сообщение 1) 241
- Бабенко А.Н., Дмитриева О.П., Крепкова Л.В.** Влияние цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) на репродуктивную функцию крыс 249

CONTENTS

VETERINARY SANITATION (DISINFECTION, DISINSECTION, DISACARISATION, DERATIZATION)

- Goryainova G.M., Skripnikova A.S., Shalaginova A.D., Gunenkova N K.** The prospects of using of disinfectants in veterinary and sanitary measures at the objects of veterinary supervision 134
- Gruznov D.V., Gruznova O.A., Popov N.I., Shcherbakova G.Sh., Stepanova S.P., Lobanov A.V.** Prospects for the use of disinfectant based on the porphyrin macrocycle 142
- Babunova V.S., Osipova I.S., Popov P.A., Dementieva A.A.** Evaluation of the content of active substances in disinfectants based on peracetic acid used on industrial poultry processing lines 148
- Kushch I.V., Udavliev D.I., Popov N.I., Kabardiev S.Sh.** Study of the disinfecting activity of the drug «Tektumdez» in production conditions 154
- Kozak S.S., Kozak Yu.A., Radayev I.F.** «TM-Formodez» disinfectant usage in sanitary poultry slaughtering department 161
- Shcherbakova G. Sh., Pavlova I.B., Popov N.I.** Investigation of the resistance of spores of *B. cereus* strain 96 to a new composite agent «Chlortab» 167

VETERINARY-SANITARY QUALITY AND SAFENESS OF FOOD PRODUCTS AND FEEDSTUFFS

- Mishina N.N., Semenov E.I., Malaniev A.V., Yamalova G.R., Aleev D.V., Khalikova K.F., Galyautdinova G.G., Valiev A.R.** Veterinary and sanitary examination of broiler chicken meat when using a fourcomponent sorbent in feed for mycotoxicosis 174

Bachinskaya V.M., Vasilevich F.I., Deltsov A.A. Quality indicators of meat of laying hens when using a preparation based on domestically produced protein hydrolyzate.....	180
Seregin I.G., Volkov A.T., Terekhin R.V. Veterinary and sanitary characteristics of meat of wild elks.....	186
Denisova E.A., Babunova V.S., Goryainova G.M., Arsenyeva L.V. Substantiation of the sensitivity parameters of the bioluminescent method for the determination of antibacterial substances in the screening analysis of fish products	191
Kudryavtseva A.D., Subbotina Yu.M., Shopinskay M.I., Filatova E.E. Veterinary and sanitary examination of carp grown in a fishery reservoir	200

ECOLOGY

Tyurin V.G., Rodionova N.V., Biryukov K.N., Obukhov I.L., Avylov Ch.K. Features of the ecosystem of biological ponds in the process of natural treatment of livestock wastewater.....	208
Efimov D.S., Abdullayeva A.M. Impact of emissions from incineration plant on the environment....	212

BIOLOGICAL SAFETY

Brandorf A.Z., Sokhlikov A.B. Tropilelapsosis of bees – a new threat to Russian beekeeping.....	217
--	-----

PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY

Tyurin V.G., Semenov V.G., Luzova A.V., Biryukova D.E. Improving the efficiency of dairy cattle breeding through the prevention and treatment of cow mastitis with immunotropic drugs	227
Nikanova L.A., Artemyeva O.A. Protein of microbiological synthesis in feeding pigs and its effect on the body's resistance	234
Pavlova N.S., Pavlenko G.I., Dorozhkin V.I. Study of the effect of the feed additive «Phytodoc neuro» on the blood parameters of white rats in a chronic experiment (massage 1).....	241
Babenko A.N., Dmitrieva O.P., Krepkova L.V. The effect of chicory (<i>Cichorium intybus</i> L.) on the reproductive function of rats.....	249

Научная статья

УДК 619:614.48

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202302002

EDN: DBJNDJ

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ ПОРФИРИНОВОГО МАКРОЦИКЛА

Дмитрий Вячеславович Грузнов¹, Ольга Александровна Грузнова², Николай Иванович Попов³,
Гулизар Шахбановна Щербакова⁴, Светлана Петровна Степанова⁵,
Антон Валерьевич Лобанов⁶

^{1,3,4,5} Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной
санитарии, гигиены и экологии – филиал ФНЦ ВИЭВ РАН
Москва 123022, Российская Федерация, E-mail: vniivshe@mail.ru

^{2,6} ФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова РАН,
Москва 119991, Российская Федерация

⁶ Московский педагогический государственный университет,
Москва 119991, Российская Федерация

¹ 79164422245@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6679-9466>

² gruznova_olga@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0241-1482>

³ dezlab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6020-2534>

⁴ Rabadanova2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1324-5341>

⁵ s.s.p.2036@mail.ru

⁶ av.lobanov@mpgu.su, <https://orcid.org/0000-0003-4205-7630>

Аннотация. В статье описан метод включения FeCl-тетрафенилпорфирина (FeClТФП) в полимерную матрицу поли-N-винилпирролидона (ПВП). Полученный комплекс FeClТФП-ПВП был разведен до конечных концентраций 10, 20, 40, 60, 80 и 100 мкмоль и распылен на внутренние стенки стеклянных флаконов с целью имитации поверхностей объектов ветеринарно-санитарного контроля, требующих периодической дезинфекции. Продемонстрирована антибактериальная активность FeClТФП-ПВП указанных концентраций в отношении антибиотикорезистентных грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов – *Escherichia coli* (шт. 1257) и *Staphylococcus aureus* (шт. 209-P), являющихся представителями наиболее часто встречаемых контаминантов. Из суточных культур *E. coli* и *S. aureus* были приготовлены бактериальные взвеси в разведениях от 10^8 до 10^4 м.к/мл, после чего проведена искусственная контаминация внутренних поверхностей тест-объектов. Антибактериальную активность определяли по степени ингибирования и регистрировали визуально и спектрофотометрически ($OD_{600\text{ nm}}$). Показано ингибирующее действие на рост *E. coli* и *S. aureus*, прямо пропорциональное концентрации FeClТФП-ПВП и обратно пропорциональное степени разведения микроорганизмов. Наибольший эффект (около 87% снижения бактериального роста) достигался при действии максимальной концентрации FeClТФП-ПВП – 100 мкмоль.

Ключевые слова: дезинфицирующее средство, Fe^{III}Cl-тетрафенилпорфирин (FeClТФП), поли-N-винилпирролидон (ПВП), *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, антибактериальная активность

Для цитирования: Грузнов Д.В., Грузнова О.А., Попов Н.И., Щербакова Г.Ш., Степанова С.П., Лобанов А.В. Перспективы использования дезинфицирующего средства на основе порфиринового макроцикла // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 2 (46). С. 142–147. doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202302002
EDN: DBJNDJ

Original article

PROSPECTS FOR THE USE OF DISINFECTANT BASED ON THE PORPHYRIN MACROCYCLE

Dmitry V. Gruznov¹, Olga A. Gruznova², Nicolay I. Popov³,
Gulizar Sh. Shcherbakova⁴, Svetlana P. Stepanova⁵, Anton V. Lobanov⁶

^{1,3,4,5} All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – Branch of Federal Scientific Center – K. I. Skryabin, Ya. R. Kovalenko All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine, Russian Academy of Sciences, Moscow 123022, Russian Federation. E-mail: vniivshe@mail.ru

^{2,6} N. N. Semenov Federal Research Center of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences, Moscow 119991, Russian Federation

⁶ Moscow Pedagogical State University, Moscow 119991, Russian Federation

¹ 79164422245@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6679-9466>

² gruznova_olga@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0241-1482>

³ dezlab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6020-2534>

⁴ Rabadanova2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1324-5341>

⁵ s.s.p.2036@mail.ru

⁶ av.lobanov@mpgu.su, <https://orcid.org/0000-0003-4205-7630>

Abstract. The paper presents the incorporating method of Fe^{III}Cl-tetraphenylporphyrin (FeCITPP) into the poly-N-vinylpyrrolidone (PVP) polymeric matrix. The resulting FeCITPP-PVP complex was diluted to final concentrations of 10, 20, 40, 60, 80 and 100 mmol and deposited on the inner surfaces of glass vessels. These vessels were used to simulate the surfaces of objects of veterinary and sanitary control that require periodic disinfection. The antibacterial activity of indicated concentrations of FeCITPP-PVP against antibiotic-resistant gram-negative and gram-positive microorganisms – *Escherichia coli* (strain 1257) and *Staphylococcus aureus* (strain 209-P) was demonstrated. As these microorganisms are also representatives of the most frequently encountered contaminants, we have studied the prepared bacterial suspensions from daily cultures of *E. coli* and *S. aureus* in dilutions from 10⁸ to 10⁴ CFU/mL. After that, the artificial contamination of the inner surfaces of the test objects was carried out. Antibacterial activity was determined by the degree of inhibition and was recorded visually and spectrophotometrically (OD_{600 nm}). The inhibitory effect on the growth of *E. coli* and *S. aureus* was directly proportional to the concentration of FeCITPP-PVP and inversely proportional to the degree of microorganism's dilution. The greatest effect (about 87% reduction in bacterial growth) was achieved by the influence of FeCITPP-PVP maximum concentration.

Key words: disinfectant, Fe^{III}Cl-tetraphenylporphyrin (FeCITPP), poly-N-vinylpyrrolidone (PVP), *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, antibacterial activity.

For citation: Gruznov D.V., Gruznova O.A., Popov N.I., Shcherbakova G.Sh., Stepanova S.P., Lobanov A.V. Prospects for the use of disinfectant based on the porphyrin macrocycle // Russian Journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology» 2023. № 2 (46). P. 141–147 (In Russ.). doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202302002
EDN: DBJNDJ

Введение

Дезинфицирующие средства играют огромную роль в обеспечении экологической безопасности, а также здоровья человека и животных. Они нашли широкое применение в медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве и других областях. Однако отсутствие надлежащего планирования и научного контроля приводит к их чрезмерному использованию и злоупотреблению, увеличивая устойчи-

вость бактерий за счет фенотипической адаптации, генных мутаций и горизонтального переноса генов и тем самым снижая эффективность дезинфицирующих средств. Частота случаев обнаружения бактерий с множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ) представляет серьезную угрозу для здоровья человека, животных и экосистемы в целом [1...7].

Решить данную проблему можно путем поиска и внедрения новых подходов, обеспечивающих

преодоление МЛУ микроорганизмов, в частности, за счет применения фотодинамической (ФДТ) и светонезависимой терапии, основанной на использовании порфириновых макроциклов. Яркими представителями макроциклов являются металлопорфирины [8, 9]. Они обладают низкой токсичностью в отношении эукариотических клеток, что дает им преимущество при применении как в терапевтических целях, так и для проведения дезинфекции различных объектов. Согласно литературным данным, механизм светонезависимого антибактериального действия металлопорфиринов предположительно основан на их способности ингибировать некоторые метаболические пути бактериальной клетки, нарушать клеточное дыхание, а также вызывать окислительный стресс [10, 11].

Сложность разработки препаратов на основе металлопорфиринов обусловлена их гидрофобностью. Повышение растворимости металлопорфиринов в полярных растворителях (в частности, в водных системах) достигается за счет включения их в полимерные носители [12].

В статье представлены результаты исследования антибактериальной активности *in vitro* представителя группы металлопорфиринов – FeCl-тетрафенилпорфирина (FeClТФП), включенного в полимерную матрицу поли-N-винилпирролидона (ПВП) – FeClТФП-ПВП в отношении тест-культур *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*.

Материалы и методы

В работе был использован FeCl-тетрафенилпорфирин (FeClТФП), любезно предоставленный коллегами из МИРЭА – Российского технологического университета, а также поли-N-винилпирролидон (ПВП, 10 000 г/моль) и N,N-диметилформамид (ДМФА, Sigma), подвергнутые двойной перегонке. Исходный маточный раствор FeClТФП концентрацией 10^{-2} моль/л готовили растворением сухой навески FeClТФП в ДМФА при интенсивном перемешивании. После этого разбавлением получали серию растворов FeClТФП в ДМФА концентрацией 1, 2, 4, 6, 8 и 10 ммоль. Затем готовили раствор ПВП в дистиллированной воде (10 масс.%). К серии порций этого раствора по 1 мл добавляли 10 мкл раствора FeClТФП в ДМФА для получения конечных концентраций FeClТФП 10, 20, 40, 60, 80 и 100 мкмоль, а также 10 мкл чистого ДМФА для получения контрольного образца. Полученные смеси помещали в цилиндрические стеклянные сосуды вместимостью 10 мл, которые вращали в го-

ризонтальном положении со скоростью 10 об/мин до полного высыхания смесей и получения пленок.

Для получения суточных культур были использованы штаммы из коллекции ВНИИВСГЭ – филиала ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН: *E. coli* (штамм 1257) и *S. aureus* (штамм 209-Р). Их пересекали (ламинар Lamsystems) и в дальнейшем культивировали на скошенном МПА в термостате (24 ч, 37°C, термостат суховоздушный ТВ-80-1). Из суточных культур в стерильном физиологическом растворе готовили взвеси концентрацией 10^9 м.к/мл по стандарту мутности. Полученные концентрации взвесей подтверждали спектрофотометрически ($\lambda = 600$ нм, спектрофотометр ПЭ5400УФ, Экросхим). Далее из взвесей суточных культур *E. coli* и *S. aureus* (10^9 м.к/мл) готовили последовательные 10-кратные разведения: 10^8 , 10^7 , 10^6 , 10^5 и 10^4 м.к/мл путем титрования в стерильном физиологическом растворе. Все разведения проводили в стерильных пробирках, закрытых стерильными пробками. Для имитации бактериальной контаминации поверхности в пенициллиновые флаконы с напыленным комплексом FeClТФП-ПВП помещали 5 мл стерильного МПБ. После этого вносили 50 мкл указанных разведений бактериальной взвеси *E. coli* и *S. aureus*. Пенициллиновые флаконы закрывали стерильными пробками и помещали в термостат (24 ч, 37°C). Полученные результаты учитывали визуально и спектрофотометрически ($\lambda = 600$ нм, спектрофотометр ПЭ5400УФ, Экросхим).

Результаты исследований и обсуждение

На начальном этапе эксперимента были получены водные растворы ПВП, содержащие FeClТФП различной концентрации: 10, 20, 40, 60, 80 и 100 мкмоль. Выбор ПВП был обусловлен его водорастворимостью, нетоксичностью и широким применением в фармакологии и медицине в качестве биосовместимого полимера. Представляло интерес изучить бактерицидное действие FeClТФП в сочетании с ПВП на твердой поверхности. Для достижения поставленной цели полученные растворы FeClТФП-ПВП наносили на внутренние поверхности цилиндрических стеклянных сосудов (объем 10 мл), имитирующих поверхности объектов ветеринарно-санитарного контроля. В процессе высыхания FeClТФП-ПВП на обработанных поверхностях образовывалась пленка FeClТФП-ПВП с различным содержанием FeClТФП. После этого проводили искусственную контаминацию этих объектов приго-

товленными суспензиями суточных культур *E. coli* и *S. aureus* в разведениях от 10^8 до 10^4 м.к/мл.

Первичный учет антибактериальной активности проводили путем визуальной регистрации мутности МПБ относительно контрольного сосуда, содержащего стерильные МПБ без добавления пробы и бактериальной взвеси. Повышение мутности зависело от интенсивности роста микроорганизмов. Было проведено спектрофотометрическое исследование ($\lambda = 600$ нм) содержимого стеклянных сосудов для определения степени ингибирования роста микроорганизмов FeCITФП в полимерной пленке. Результаты для различных концентраций FeCITФП и количества бактериальных клеток представлены в таблице.

Таблица. Ингибирование роста *E. coli* и *S. aureus* FeCITФП-ПВП

Table. The inhibition of growth of *E. coli* and *S. aureus* FeCITPP-PVP

Разведение тест-культуры	OD _{600 нм}	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
1	2	3
Концентрация FeCITФП – 0 мкмоль		
10^8	$1,03 \pm 0,052$	$1,056 \pm 0,04$
10^7	$0,71 \pm 0,031$	$0,803 \pm 0,04$
10^6	$0,58 \pm 0,029$	$0,666 \pm 0,033$
10^5	$0,408 \pm 0,02$	$0,479 \pm 0,02$
10^4	$0,254 \pm 0,012$	$0,291 \pm 0,011$
Концентрация FeCITФП – 10 мкмоль		
10^8	$0,951 \pm 0,036$	$0,962 \pm 0,031$
10^7	$0,644 \pm 0,025$	$0,731 \pm 0,034$
10^6	$0,528 \pm 0,025$	$0,611 \pm 0,026$
10^5	$0,369 \pm 0,014$	$0,434 \pm 0,019$
10^4	$0,231 \pm 0,01$	$0,264 \pm 0,011$
Концентрация FeCITФП – 20 мкмоль		
10^8	$0,809 \pm 0,034$	$0,836 \pm 0,033$
10^7	$0,562 \pm 0,02$	$0,632 \pm 0,032$
10^6	$0,463 \pm 0,018$	$0,528 \pm 0,026$
10^5	$0,319 \pm 0,013$	$0,379 \pm 0,014$
10^4	$0,203 \pm 0,013$	$0,231 \pm 0,007$
Концентрация FeCITФП – 40 мкмоль		
10^8	$0,633 \pm 0,026$	$0,649 \pm 0,032$
10^7	$0,436 \pm 0,022$	$0,516 \pm 0,02$
10^6	$0,358 \pm 0,018$	$0,407 \pm 0,018$
10^5	$0,308 \pm 0,013$	$0,292 \pm 0,015$
10^4	$0,154 \pm 0,006$	$0,181 \pm 0,009$
Концентрация FeCITФП – 60 мкмоль		
10^8	$0,451 \pm 0,02$	$0,462 \pm 0,021$
10^7	$0,314 \pm 0,009$	$0,352 \pm 0,018$

1	2	3
10^6	$0,259 \pm 0,01$	$0,292 \pm 0,015$
10^5	$0,184 \pm 0,007$	$0,209 \pm 0,008$
10^4	$0,115 \pm 0,005$	$0,127 \pm 0,006$
Концентрация FeCITФП – 80 мкмоль		
10^8	$0,32 \pm 0,016$	$0,335 \pm 0,017$
10^7	$0,22 \pm 0,01$	$0,247 \pm 0,009$
10^6	$0,182 \pm 0,006$	$0,204 \pm 0,008$
10^5	$0,127 \pm 0,006$	$0,148 \pm 0,007$
10^4	$0,081 \pm 0,004$	$0,093 \pm 0,005$
Концентрация FeCITФП – 100 мкмоль		
10^8	$0,132 \pm 0,007$	$0,137 \pm 0,005$
10^7	$0,094 \pm 0,005$	$0,104 \pm 0,005$
10^6	$0,08 \pm 0,004$	$0,088 \pm 0,004$
10^5	$0,06 \pm 0,003$	$0,066 \pm 0,003$
10^4	$0,033 \pm 0,002$	$0,038 \pm 0,002$

По полученным данным можно предположить, что нанесенный на поверхность стекла комплекс FeCITФП-ПВП оказывает ингибирующее действие на рост *E. coli* и *S. aureus*, которое прямо пропорционально концентрации препарата и обратно пропорционально степени разбавления бактериальной взвеси. Также есть основания считать, что молекулы FeCITФП, закрепленные в полимерной матрице, действуют как катализаторы активных форм кислорода и их бактерицидное действие осуществляется в пристеночном слое [11].

При действии препарата в минимальной концентрации (10 мкмоль) степень торможения роста была незначительной и составила 8,9 и 9% соответственно. В максимальной концентрации (100 мкмоль) FeCITФП снижает рост микроорганизмов на обработанных поверхностях на 86,5% и 86,8% для *E. coli* и *S. aureus* соответственно.

Закключение

Полученные данные позволяют заключить, что молекулы FeCITФП в пленке ПВП оказывают значительное ингибирующее действие на рост тест-культур *E. coli* и *S. aureus*. Эффективность действия FeCITФП зависит от его содержания в полимерной матрице, а также от исходного количества бактериальных клеток. Данное исследование может быть полезным при разработке новых препаратов для дезинфекции объектов ветеринарно-санитарного надзора и борьбы с антибиотикорезистентными грамотрицательными и грамположительными микроорганизмами.

Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием по теме: FGUG-2022-0008 «Научно обосновать и разработать новые методы, средства и технологии обеспечения устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства».

Регистрационный номер НИОКТР в ЦИТИС 122042700106-1.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований Российской Федерации – Государственное задание на НИР (тема № FFZE-2022-0009).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Tong Ch, Hu H., Chen G., et al. Disinfectant resistance in bacteria: Mechanisms, spread, and resolution strategies // Environmental Research. 2021. 195. 110897 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110897>
2. Zachary M., Joelle W., Alexander S. Bacteriophage applications for food production and processing // Viruses. 2018. 10. 205. <https://doi.org/10.3390/v10040205>
3. Afifi Z.M., Blatchley E.R. Effects of of uv-based treatment on volatile disinfection byproducts in a chlorinated, indoor swimming pool // Water Res. 2016. 105. 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.08.064>.
4. Аржаков П.В., Попов Н.И. Оценка дезинфицирующей эффективности нового биоцидного средства // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2022. № 4 (44). С. 416-419. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202204001
5. Щербакова Г.Ш., Дорожкин В.И., Попов Н.И. и др. Изучение дезинфекционных свойств препарата «Дезон Вет» // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2022. № 4 (44). С. 425-431. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202204003
6. Закомырдин А.А., Ваннер Н.Э., Грузнов Д.В. Дезинфекция: компромисс между экономикой и экологией // Ветеринарная жизнь. 2009. № 16. С. 7.
7. Грузнов Д.В. Применение термомеханических аэрозолей в ветеринарии // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2004. Т. 116. С. 75.
8. Skwor T.A., Klemm S., Zhang H. et al. Photodynamic inactivation of methicillin-resistant Staphylococcus aureus and Escherichia coli: A metalloporphyrin comparison // Journal of Photochemistry and Photobiology B. 2016. 165, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.10.016>
9. Alenezi K., Tovmasyan A., Batinic-Haberle I. et al. Optimizing Zn porphyrin-based photosensitizers for efficient antibacterial photodynamic therapy // Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. 2017. 17. 154-159. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2016.11.009>
10. Tovmasyan A., Batinic-Haberle I., Benov L. Antibacterial Activity of Synthetic Cationic Iron Porphyrins // Antioxidants. 2020. 9 (972). 1-14. <https://doi.org/10.3390/antiox9100972>
11. Stojiljkovic I., Kumar V., Srinivasan N. Non-iron metalloporphyrins: potent antibacterial compounds that exploit haem/Hb uptake systems of pathogenic bacteria // Molecular Microbiology. 1999. 31(2). 429-442. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.1999.01175.x>
12. Lobanov A.V., Nevrova O.V., Ilatovskii V.A., et al. Coordination and Photocatalytic Properties of Metal Porphyrins in Hydrogen Peroxide Decomposition // Macrocyclics. 2011. 4(2). 132-134.

REFERENCES

1. Tong Ch, Hu H., Chen G., et al. Disinfectant resistance in bacteria: Mechanisms, spread, and resolution strategies // Environmental Research. 2021. 195. 110897 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110897>
2. Zachary M., Joelle W., Alexander S. Bacteriophage applications for food production and processing // Viruses. 2018. 10. 205. <https://doi.org/10.3390/v10040205>
3. Afifi Z.M., Blatchley E.R. Effects of of uv-based treatment on volatile disinfection byproducts in a chlorinated, indoor swimming pool // Water Res. 2016. 105. 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.08.064>.
4. Arzhakov P.V., Popov N.I. Otsenka dezinficiruyushhej effektivnosti novogo biocidnogo sredstva // Rossijskij zhurnal «Problemy` veterinarnoj sanitarii, gigieny` i e`kologii». 2022. № 4 (44). S. 416-419. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202204001
5. Shherbakova G.Sh., Dorozhkin V.I., Popov N.I. i dr. Izuchenie dezinfekcionny`kx svoystv preparata «Dezon Vet» // Rossijskij zhurnal «Problemy` veterinarnoj sanitarii, gigieny` i e`kologii». 2022. № 4 (44). S. 425-431. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202204003
6. Zakomy`rdin A.A., Vanner N.E`, Gruznov D.V. Dezinfekciya: kompromiss mezhdu e`konomikoj i e`kologiej // Veterinarnaya zhizn`. 2009. № 16. S. 7.
7. Gruznov D.V. Primenenie termomekhanicheskikx ae`rozolej v veterinarii // Problemy` veterinarnoj sanitarii, gigieny` i e`kologii. 2004. T. 116. S. 75.

8. Skwor T.A., Klemm S., Zhang H. et al. Photodynamic inactivation of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*: A metalloporphyrin comparison // *Journal of Photochemistry and Photobiology B*. 2016. 165, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.10.016>
9. Alenezi K., Tovmasyan A., Batinic-Haberle I. et al. Optimizing Zn porphyrin-based photosensitizers for efficient antibacterial photodynamic therapy // *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2017. 17. 154-159. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2016.11.009>
10. Tovmasyan A., Batinic-Haberle I., Benov L. Antibacterial Activity of Synthetic Cationic Iron Porphyrins // *Antioxidants*. 2020. 9 (972). 1-14. <https://doi.org/10.3390/antiox9100972>
11. Stojiljkovic I., Kumar V., Srinivasan N. Non-iron metalloporphyrins: potent antibacterial compounds that exploit haem/Hb uptake systems of pathogenic bacteria // *Molecular Microbiology*. 1999. 31(2). 429-442. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.1999.01175.x>
12. Lobanov A.V., Nevrova O.V., Ilatovskii V.A., et al. Coordination and Photocatalytic Properties of Metal Porphyrins in Hydrogen Peroxide Decomposition // *Macrocyclic Chemistry*. 2011. 4(2). 132-134.

Информация об авторах

Грузнов Д.В. – канд. вет. наук, старший научный сотрудник.
Грузнова О.А. – канд. биол. наук, старший научный сотрудник.
Попов Н.И. – д-р вет. наук, проф., зам. руководителя института, зав. лабораторией.
Щербакова Г.Ш. – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник.
Степанова С.П. – научный сотрудник.
Лобанов А.В. – д-р хим. наук, зав. лабораторией, профессор кафедры.

Information about the authors

Gruznov D.V. – Cand. Vet. Sci., senior researcher.
Gruznova O.A. – Cand. Biol. Sci, senior researcher.
Popov N.I. – Dr. Vet. Sci., Prof., Deputy head of the Institute, Head of the laboratory.
Sherbakova G.Sh. – Cand. Biol. Sci., Leading research associate.
Stepanova S.P. – Research associate.
Lobanov A.V. – Dr. Chem. Sci, Head of Laboratory, department professor.

Вклад авторов

Грузнов Д.В. – организация и участие в проведении экспериментов, написание статьи.
Грузнова О.А. – написание статьи, анализ литературных источников.
Попов Н.И. – определение цели и методов выполнения работы.
Щербакова Г.Ш. – организация и участие в проведении экспериментов.
Степанова С.П. – участие в проведении экспериментов.
Лобанов А.В. – определение цели и методов выполнения работы, организация и участие в проведении экспериментов.

Contribution of the authors

Gruznov D.V. – organization of experiments and conducting experiments, writing an article.
Gruznova O.A. – writing an article, analysis of literary sources.
Popov N.I. – aim and methods of work.
Sherbakova G.Sh. – organization of experiments and conducting experiments.
Stepanova S.P. – conducting experiments.
Lobanov A.V. – aim and methods of work, organization of experiments and conducting experiments.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.03.2023; одобрена после рецензирования 28.03.2023. Дата опубликования 30.06.2023.

The article was submitted 13.03.2023; approved after reviewing 28.03.2023. Date of publication 30.06.2023.

БИОБЕЗОПАСНОСТЬ
BIOLOGICAL SAFETY

Обзорная статья
УДК 638.162:669.018.674
doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202302014
EDN: ZEQPND

ТРОПИЛЕЛАПСОЗ ПЧЕЛ – НОВАЯ УГРОЗА РОССИЙСКОМУ ПЧЕЛОВОДСТВУ

Анна Зиновьевна Брандорф¹, Алексей Борисович Сохликов²

¹ Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого
г. Киров 610007, Российская Федерация

² Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии,
гигиены и экологии – филиал ФНЦ ВИЭВ РАН
Москва 123022, Российская Федерация, E-mail: vniivshe@mail.ru

¹ gordenchuk@mail.ru

² asohlikov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6402-4624>

Аннотация. В настоящее время на территории Российской Федерации складывается тяжелая эпизоотическая ситуация по распространению опасного заразного заболевания медоносных пчел тропилеллапсоз. Тропилеллапсоз – болезнь расплода медоносных пчел, вызываемая клещом рода *Tropilaelaps*. В статье приведен обзор научных данных по изучению биологии возбудителя, распространению по странам мира, патогенезу, клинической картине и методам диагностики заболевания. Описаны существующие методы лечения и профилактики тропилеллапсоза пчел. Приведены данные по распространению тропилеллапсоза на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: тропилеллапсоз, инфеcтация *Tropilaelaps*, *Tropilaelaps clareae*, *Tropilaelaps mercedesae*, *Apis mellifera*, клещи

Для цитирования: Брандорф А.З., Сохликов А.Б. Тропилеллапсоз пчел – новая угроза российскому пчеловодству // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 2 (46). С. 217–226. doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202302014
EDN: ZEQPND

Review article

TROPILELAPSOSIS OF BEES – A NEW THREAT TO RUSSIAN BEEKEEPING

Anna Z. Brandorf¹, Alexey B. Sokhlikov²

¹ Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky
Kirov 610007, Russian Federation E-mail: rybnoebee@mail.ru

² All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – Branch
of Federal Scientific Center “K.I. Skryabin, Ya.R. Kovalenko All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary Medicine”, Russian Academy of Sciences,
Moscow 123022, Russian Federation. E-mail: vniivshe@mail.ru

¹ gordenchuk@mail.ru

² asohlikov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6402-4624>

Abstract. Currently, a severe epizootic situation is developing on the territory of the Russian Federation for the spread of the dangerous infectious disease of honey bees tropilaelapsosis. Tropilaelapsosis is a disease of honeybee brood caused by a tick of the genus *Tropilaelaps*. The article provides an overview of scientific research on the biology of the pathogen, its spread around the world, pathogenesis, clinical picture and methods of diagnosis of the disease. The existing methods of treatment and prevention of bee tropilaelapsosis are described. Data on the spread of tropilaelapsosis on the territory of the Russian Federation are given.

Key words: tropilaelapsosis, infestation of *Tropilaelaps*, *Tropilaelaps clareae*, *Tropilaelaps mercedesae*, *Apis mellifera*, ticks

For citation: Brandorf A.Z., Sokhlikov A.B. Tropilaelapsosis of bees – a new threat to Russian beekeeping // Russian Journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology». 2023. № 2 (46). P. 217–226 (In Russ.). doi: 10.36871/vet.san.hygy.ecol.202302014
EDN: ZEQPND

Тропилелатоз – болезнь расплода медоносных пчел, вызываемая клещом рода *Tropilaelaps*. Клещи *Tropilaelaps* spp. принадлежат к классу *Arachnida*, подклассу *Acari*, виду *Parasitiformes*, подотряду *Mesostigmata*, семейству *Laelapidae*, роду *Tropilaelaps* [8]. Впервые этот клещ описан на Филиппинах по сборам с погибших пчел и полевых крыс, гнездящихся около ульев [13]. Однако последующие попытки обнаружить клещей *Tropilaelaps* на грызунах были безуспешными [7]. В дальнейшем он обнаружен в гнездах медоносной и гигантской пчел в Гонконге, Малайзии, Индонезии (Дельфинадо М., 1963), Китае (Пань Цзунвэнь, Дэн Гофань, 1966), Индии (Бхарадвай Р., 1968; Атвал А., 1971), Вьетнаме (Стефан В., 1968), Бирме, Пакистане, Таиланде, Тайване, Афганистане [6, 7]. В настоящее время выявлено четыре вида в роде *Tropilaelaps*. Каждый вид ассоциируется с гигантской медоносной пчелой в Азии *Apis dorsata*. Два вида (*T. clareae* и *T. mercedesae*) поражают популяции медоносных пчел *Apis mellifera*. Другие два вида (*T. koenigerum* и *T. thaili*), по мнению исследователей, являются безвредными для *Apis mellifera*. [3]

По данным Chantawannakul и соавт. (2018), *T. clareae* проявляет наибольшую инвазивность по отношению к *Apis mellifera*. *Apis dorsata* *T. clareae* не наносит значительных потерь, потому что пчелы этого вида постоянно находятся в движении, после миграции у них не сразу развивается расплод, и паразиты в течение первого времени, пока не появится пчелиный расплод, не могут выжить на взрослых насекомых. Наиболее устойчивым видом пчел является *Apis cerana*, поскольку он обладает большой способностью к самоочищению. Из-за изменения климата, неконтролируемого импорта и перемещения пчел и продуктов пчеловодства су-

ществует большая опасность того, что вскоре этот паразит распространится на Европу [11].

Первым признаком инфекации *Tropilaelaps* часто служит появление красно-коричневых, вытянутых клещей на сотах или на пчелах, взрослые клещи видны невооруженным глазом. Длина тела клещей больше ширины, что обеспечивает им большую подвижность в сотах и между волосками на теле пчелы [3]. Дорсальный щиток красновато-коричневого цвета, покрыт большим количеством коротких жестких щетинок, задние краевые щетинки длинные и более упругие. Отличительная черта клещей рода *Tropilaelaps* – щетинки на дорсальной и вентральной поверхностях и бахромчатость лабрума у обоих полов, подвижная хела изменена в длинный извилистый сперматодактиль, клада пальп простая. С брюшной стороны имеются четыре пары ног, состоящих из сегментов и заканчивающихся амбулакрами (аппарат фиксации на дистальном конце лапок, состоящий из перепончатого дистального членика и крючковидного коготка). Клещи удерживают первую пару ног в вертикальном положении. С дорсальной стороны у них есть дорсальный щит, а с вентральной стороны находится анальная пластинка эллипсоидной формы, обрамляющая анальное отверстие округлой формы [3, 15]. Длина туловища зависит от вида и различается у самцов и самок. *T. koenigerum* – самый маленький клещ рода. Длина его туловища составляет менее 0,7 мм для самок и около 0,575 мм для самцов. Самки видов *T. mercedesae*, *T. clareae* и *T. thaili* намного длиннее (около 0,95...0,99; 0,87...0,885 и 0,89 мм, соответственно), в то время как длина туловища самцов *T. mercedesae* и *T. clareae* немного меньше, чем их самок, и составляет 0,907...0,927 и 0,852...0,858 мм, соответственно. Самцы *T. thaili* до сих пор не обнаружены [9].



Рис. 1. Клеши *Varroa destructor* и *Tropilaelaps* spp.
(источник: Наземное руководство МЭБ за 2018 г.)

Fig. 1. Ticks *Varroa destructor* and *Tropilaelaps* spp.
(source: OIE Ground Handbook, 2018)

Tropilaelaps можно легко отличить от клеща *Varroa*, используя увеличительное стекло $\times 10$. Туловище *Varroa* скорее широкое, чем длинное, и клещ перемещается медленно, в то время как туловище *Tropilaelaps* вытянутое; клещи очень подвижны, передвигаются быстро (рис. 1). *Tropilaelaps* также не следует путать с другими эктопаразитами медоносных пчел, такими как *Braula*, другими клещами семейства *Laelapidae*, обитающими в мусоре на дне ульев, такими как *Mellitiphis alvearius* [12] (рис. 2), или клещами *Neocyphophthalmus apicola* семейства *Ameroseiidae* [14].

Биология клеща изучена недостаточно. По данным L.I. Guzman и соавт. (2018), оплодотворенная самка откладывает на стенку пчелиной ячейки перед запечатыванием три-четыре яйца, из которых



Рис. 2. *Braula coeca* (сверху), *Varroa destructor* (справа), *Tropilaelaps* spp. (внизу в центре), *Mellitiphis alvearius* (слева) (вид сверху)

(источник: Наземное руководство МЭБ за 2018 г.)

Fig. 2. *Braula coeca* (top), *Varroa destructor* (right), *Tropilaelaps* spp. (bottom center), *Mellitiphis alvearius* (left) (top view) (source: OIE Ground Guide, 2018)

через 24 ч выходят протонимфы. Внутри ячеек протонимфы линяют в дейтонимф, а последние – в имаго. Только нимфы и взрослые клещи питаются гемолимфой. Весь цикл развития клеща в запечатанной ячейке продолжается 7...9 сут [16].

Существуют расхождения относительно продолжительности цикла развития *T. clarea* на медоносной пчеле. В Китае он составляет 4,7...5 сут; во Вьетнаме – 5,5...6; в Афганистане – 6; в Таиланде – 8,7 сут (Delfinado-Baker M., Peng C., 1995; Stanghellini M., Ambrose J., Hopkins D., 2000) [7]. Цикл развития самца примерно на 24 ч короче, чем самки (Kumar N., Kumar R., 1993). Соотношение самцов и самок в ячейке 1:1. Половой зрелости паразит достигает через 2...3 сут. На пчелах при отсутствии в семье расплода *T. clarea* живет не более 2 сут [21, 22]. По данным W. Rath, M. Delfinado-Baker, W. Drescher (1991), в семье с расплодом клещ живет без контакта с ним до 5 сут с момента выхода из ячейки на вышедшей пчеле. Пчел и трутней (последние предпочтительнее) паразит использует как транспортное средство, прикрепляясь к задней стороне головы насекомого или между грудью и брюшком (форезия). Знать срок форезии *Tropilaelaps* spp. важно для понимания их жизненного цикла, недавние исследования показали, что такой период может составлять от 5 до 10 сут [24, 25]. Самки клеща умирают через 2 сут, если не откладывают яйца [22]. *T. clarea* чаще встречается в жаркое время года. Г. Пигноль (1910) предполагал, что яйца, отложенные самкой в холодное время года, способны длительное время находиться в диапаузе [5].

В результате поражения семей пчел клещами *Tropilaelaps* spp. погибают личинки и куколки рабочих пчел и трутней, рождаются нежизнеспособные пчелы. У погибших личинок отмечают утрату блеска, изменение формы тела, у некоторых мертвых личинок передний конец выдается из ячейки. Если клещ поражает личинок в более поздний срок, последние превращаются в куколок. Пчелы, выходящие из куколок, бывают без ног, крыльев, с деформированными грудью и брюшком. Такие, не способные к полету пчелы, покидают улей и ползают по земле. При слабом поражении клещом *Tropilaelaps* spp. пчелы выходят с деформированными конечностями и крыльями, они не способны к внутриульевым работам. Сильно пораженная пчелиная семья практически обречена на гибель [4, 6, 10].

Возможно одновременное поражение семей варроатозом и тропилелапсозом. Основным источни-

ком инвазии служат больные тропилелапсозом пчелиные семьи. Распространение паразита за пределы неблагополучного пункта происходит при перевозке (пересылке) пораженных пакетов и пчелиных семей, пчелиных маток, кочевке, слете роев и др. На пасеке семьи заражаются при воровстве, слетах пчел, перестановке сотов из больных семей в здоровые.

С целью выявить это заболевание на пасеках страны, ГУВ МСХ СССР 14 мая 1981 г. утверждены «Методические указания по диагностике тропилелапсоза пчел», которые являются действующими и в настоящее время. Диагноз на заболевание ставят при обнаружении клещей *T. clarea* на взрослых пчелах, расплоде, сотах, в мусоре или других местах улья. Для лабораторного исследования высылают патологический материал, взятый от 20% пчелиных семей каждой пасеки. Зимой это мертвые пчелы и сор со дна улья в количестве не менее 200 г с пасеки; весной–осенью – запечатанный расплод, лучше трутневый, размером 3x15 см, 100...200 живых внутриульевых пчел, собранных в середине гнезда, и сор со дна ульев. Сор со дна ульев и мертвых пчел упаковывают в бумажные пакеты; соты с пчелиным и трутневым расплодом – в фанерные ящики, к их дну и крышке прибавляют деревянные планки 0,5x1 см; живых пчел отправляют в стеклянных банках. Срок доставки проб на исследование в лабораторию не должен превышать 1 сут с момента их взятия.

В лаборатории нагретым ножом осторожно срезают крышечки запечатанного расплода и тонким слоем раскладывают их на крышку чашки Петри, куколок извлекают из ячеек сотов и помещают в чашки Петри. Живые клещи *T. clarea* очень подвижны, для их сбора используют мокрую кисточку. Пчел умерщвляют эфиром в стеклянной банке. Через 4...5 мин их высыпают в кювету с белым дном, заливают теплой (температурой 40...50°C) водой и затем под десятикратным увеличением внимательно осматривают на наличие клещей воду, внутренние поверхности банки и кюветы. Собранных клещей помещают в пробирки с 70%-м спиртом, после обездвиживания кладут на предметное стекло и просматривают под малым увеличением микроскопа (объектив x10, окуляр x5, 7 или 10).

Согласно «Руководству по стандартам диагностических тестов и вакцин для наземных животных ВОЗЖ» (гл. 3.2.6., 2018) инфеcтацию *Tropilaelaps* можно распознать либо на пчелах, либо путем обследования ульевого мусора. Решетчатый расплод, наличие мертвых или уродливых

неполовозрелых особей, пчел с изуродованными крыльями, которые ползут ко входу в улей, и наличие быстро бегающих, мелких красно-коричневых вытянутых клещей на пчелиных сотах говорит о наличии *T. clarea*. Диагностику на ранней стадии можно провести, открыв печатный расплод и обнаружив там незрелых и взрослых клещей. Семью пчел можно обрабатывать различными химическими веществами (акарициды, табак), которые способствуют отсоединению клещей от сот и пчел. Липкие доски, сетчатые поддоны можно использовать для осмотра загрязнений в улье и осыпавшихся клещей. Доказательная диагностика в лаборатории основана на морфологическом исследовании под микроскопом.

Морфологическая идентификация *Tropilaelaps* spp. затруднительна по причине их схожести с другими клещами, которых можно обнаружить в ульях, поэтому для подтверждения подозрения на инфеcтацию чаще используют метод ПЦР [3].

По мнению большинства исследователей, клещи *Tropilaelaps* spp. – более опасный паразит, короткий жизненный цикл означает, что популяция способна размножаться в 25 раз быстрее, чем клещ *Varroa destructor*. Гибель семей пчел может наступить в течение 3...4 мес с момента заражения [7]. Согласно Инструкции о мероприятиях по борьбе с тропилелапсозом пчел (утв. ГУВ Госагропрома СССР от 01.10.1986), если заболевание регистрируется на пасеке района (области, края) впервые, то принимается решение о немедленном уничтожении больных семей. Если поражено значительное число пасек, в семьях пчел, зараженных клещом и подозреваемых в заражении, весь расплод (кроме сотов с засевом только яиц) удаляют из гнезд и перетапливают на воск, а семьи дважды обрабатывают концентрированной муравьиной кислотой. Одновременно на неблагополучной пасеке проводят ветеринарно-санитарные мероприятия: подвергают дезинфекции предлетковые площадки, ульи, рамки, соты, инвентарь, спецодежду.

Для борьбы с тропилелапсозом в странах Юго-Восточной Азии применяют эфирные масла, обладающие акарицидным свойством и сдерживающие размножение клещей. Эфирные масла базилика, лемонграсса, орегано, лимона и тимьяна показали эффективное акарицидное действие на клещей *Tropilaelaps* [18, 19]. Также высока эффективность против клещей *Tropilaelaps* муравьиной кислоты, тимола, комбинации тимола и щавелевой кислоты. Мелкокапельное опрыскивание раство-

ром тимола и D-лимонена обеспечивает уменьшение количества этих клещей. Масло лемонграсса, нанесенное через пористую керамику, привело к эффективному сокращению численности этих клещей в Таиланде [16]. Было обнаружено, что 2%-й раствор экстракта чеснока уменьшает численность этого паразита на 72,39% и не влияет на органолептические свойства меда в семьях, обработанных этим экстрактом [18, 19]. Средства для лечения при *Varroa destructor* также эффективны в борьбе с *Tropilaelaps*, но частота обработки должна быть больше, чем при варроатозе, из-за более высокой скорости размножения клещей *Tropilaelaps* [24]. Поскольку клещ полностью зависит от присутствия пчелиного расплода, чтобы уничтожить его, используют методы изоляции пчелиных маток сроком на 21 сут или более [4, 6, 16, 18].

До настоящего времени данное заболевание не диагностировалось на территории бывшего СССР и в Российской Федерации. Летом 2021 г. на некоторых пасеках Краснодарского края отмечали слабое развитие пчелиных семей, в которых наблюдался пестрый расплод, часто на сотах с расплодом встречались погибшие взрослые рабочие пчелы с вытянутыми хоботками. Пчелиные семьи постепенно слабели, на ячейках с печатным расплодом появлялись круглые отверстия. При вскрытии печатного расплода были обнаружены клещи серо-коричневого цвета, длина тела которых составила в среднем 0,93 мм (0,87...1,05 мм), ширина – 0,48 мм (0,40...0,58 мм). При идентификации клеща было установлено, что это клещ *Tropilaelaps* spp. На ри-

сунках 3 и 4 представлены клещи *Tropilaelaps* spp., полученные с помощью обычной (МБС-10, оборудованного видеокамерой CANON) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, с использованием настольного сканирующего (растровый) электронного микроскопа серии CUBE II, Корея).

В 2022 г. были продолжены наблюдения за пчелиными семьями, пораженными клещом *Tropilaelaps* spp. Степень поражения расплода определяли по модифицированной нами методике: для изучения вырезали участок сота (100 ячеек) с печатным расплодом, затем под микроскопом МБС-10 при увеличении $\times 10$ вскрывали ячейки сота с расплодом,



Рис. 3. Клещи *Tropilaelaps* spp, световая микроскопия, ув. $\times 10$ (Брандорф А.З., 2021)

Fig. 3. Ticks *Tropilaelaps* spp, light microscopy $\times 10$ (Brandorf A.Z., 2021)

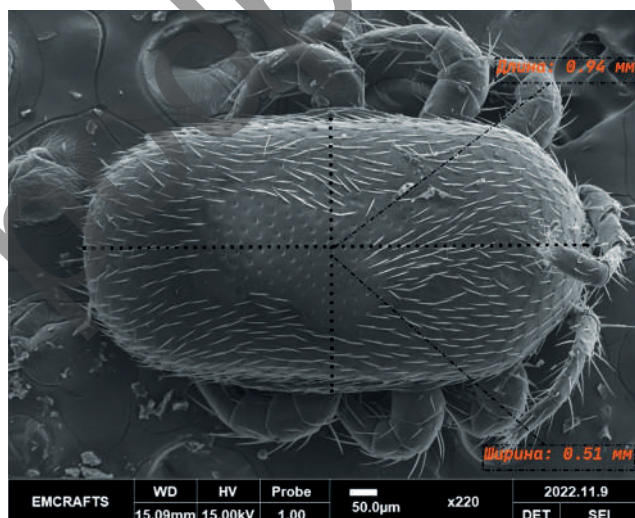
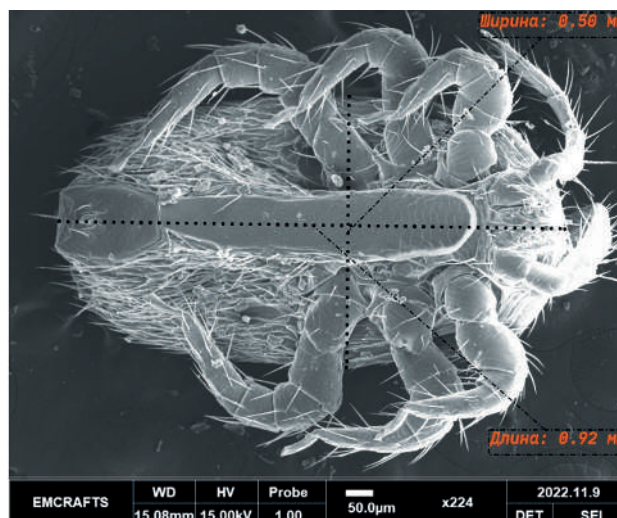


Рис. 4. Размеры клещей *Tropilaelaps* spp., СЭМ (Брандорф А.З., 2022)

Fig. 4. SEM sizes of *Tropilaelaps* spp. (Brandorf A.Z., 2022)



выбегающих клещей собирали смоченной в спирте кисточкой и помещали в 70%-й этиловый спирт для дальнейшего изучения. В результате проведенных исследований было установлено изменение степени поражения расплода клещами *Tropilaelaps* spp. в течение года. В период с мая по июнь степень поражения печатного расплода находилась на уровне 28%, с июня по сентябрь увеличилась в среднем до 69,3%, при максимальном поражении расплода до 92%, при этом среднее количество разновозрастных особей клеща *Tropilaelaps* spp. составляло $2,8 \pm 1,5$ шт/ячейка, в некоторых ячейках обнаружено до 14 разновозрастных особей. В декабре 2022 – январе 2023 г. степень поражения расплода состав-

ляла в среднем 15%, максимальную степень поражения в данный период регистрировали на уровне 32%, при среднем числе клещей $1,8 \pm 0,5$ шт/ячейка, максимальное количество клещей в этот период составило 3 шт/ячейка. Следует отметить, что в летний период на одну взрослую самку клеща в ячейке расплода насчитывалось около трех-четыре нимф разных стадий развития. В декабре 2022 – январе 2023 г. на одну ячейку приходилась одна взрослая самка клеща и одна нимфа.

Существенные различия наблюдались у взрослых самок клеща *Tropilaelaps* spp. в летний и зимний периоды, к декабрю самки стали более крупными, с увеличенным размером тела (идиосома) (рис. 5).

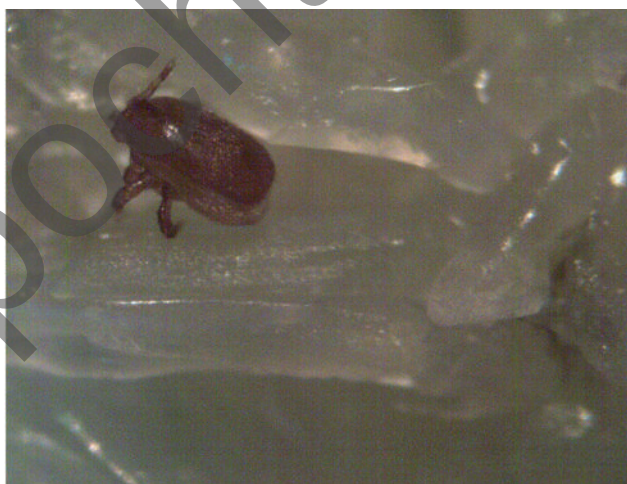


Рис. 5. Самки клещей *Tropilaelaps* spp. с увеличенной идиосомой. (Брандорф А.З., 2022)
Fig. 5. Female ticks of *Tropilaelaps* spp. with an enlarged idiomorph. (Brandorf A.Z., 2022)

В летний период взрослых самок и нимф обнаруживали на личинках рабочих пчел открытого расплода, что свидетельствует о возможности питания клещей на открытом расплоде медоносных пчел. В некоторых ячейках печатного расплода, но еще в стадии личинки были обнаружены дейтонифы, в результате чего можно предполагать, что самки клеща *Tropilaelaps* spp. откладывают яйца на личинках пчел в стадии открытого расплода (рис. 6)

Следует отметить, что за весь период исследований не было обнаружено ни одного клеща *Tropilaelaps* spp. на взрослых пчелах. В осенний период при 95%-м поражении расплода *Tropilaelaps* spp. на живых рабочих пчелах не было обнаружено ни одного клеща. Это указывает на то, что клещи постоянно находятся как в запечатанном, так и на открытом расплоде.

В период проведения исследований осуществляли контроль за естественной гибелью клеща *Tropilaelaps* spp., в результате было установлено,

что естественная гибель составляет в среднем от 0,7 до 10,9 шт/сут, а в сентябре–октябре может достигать 53 шт/сут.

При изучении влияния муравьиной кислоты на снижение степени инвазии клещом *Tropilaelaps* spp. было установлено, что при испарении 85%-й муравьиной кислоты (5 г/сут) количество осыпавшихся клещей составляет в первую неделю от 30 до 85 шт/сут, с последующим сокращением до 20...28 шт/сут, в среднем в первые 12 сут наблюдений осыпание клеща *Tropilaelaps* spp. составило 26 шт/сут.

При разработке мер лечения и профилактики тропилелатоза пчел следует учитывать короткий период нахождения взрослых клещей *Tropilaelaps* spp. вне печатного расплода, в связи с чем действие препаратов будет ограничено.

Обнаружение и распространение на территории Российской Федерации тропилелатоза пчел



а



б

Рис. 6. Нимфа *Tropilaelaps* spp.: а – на личинке открытого расплода; б – на куколке рабочей пчелы
(Брандорф А.З., 2022).

Fig. 6. Nymph *Tropilaelaps* spp.: а – on the larva of an open brood; б – on a worker bee pupa
(Brandorf A.Z., 2022).

вызывает тревогу пчеловодного сообщества. Ранее считалось, что длительный безрасплодный период зимой обеспечивает надежную защиту от распространения этого клеща. Но сейчас ситуация меняется, происходит потепление климата, многие пчеловоды содержат пчел разных пород, некоторые из них, например бакфаст, очень рано начинают воспитание расплода и поздно его заканчивают, что сокращает разрыв между прекращением и появлением расплода в гнездах пчел. В южных регионах в семьях пчел отсутствует безрасплодный период, в гнездах пчел всегда имеется разновозрастный расплод. Регулярный, неконтролируемый завоз пчелиных пакетов из стран, где встречается тропилелатоз, также будет наносить ущерб пасакам Российской Федерации в летний период ввоза; в зимний безрасплодный период клещ может погибать, но при завозе на следующий год пораженных пчел тропилелатоз вновь будет проявляться в течение всего летнего периода, что приведет к ослаблению семей, снижению их продуктивности и даже к гибели. Опасность инвазии заключается еще в том, что ветеринарные специалисты и пчеловоды раньше не сталкивались с данным заболеванием, никогда не видели клеща *Tropilaelaps* spp., не могут его идентифицировать, поэтому не в состоянии правильно установить диагноз и провести лечебные обработки.

Необходимые мероприятия, направленные на предотвращение распространения тропилелатоза на территории Российской Федерации, следующие:

– включение тропилелатоза пчел в Перечень заразных, в том числе особо опасных, болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин) (Приказ Минисельхоза России № 476 от 19.12.2011);

- соблюдение Приказа Минисельхоза России от 14 декабря 2015 г. № 635 «Об утверждении Ветеринарных правил проведения регионализации территории Российской Федерации» (с изменениями на 22 ноября 2021 г.). В Перечень заразных болезней животных, по которым проводится регионализация территории России (с изменениями на 8 декабря 2020 г.), согласно п. 80 включена «Инфекция медоносных пчел *Tropilaelaps*»;
- строгое соблюдение карантинных мероприятий при ввозе пчел (пчелиных семей, пчелопакетов, пчелиных маток) из стран Средней Азии; при невозможности выполнения необходимых карантинных мероприятий, вести полный запрет на ввоз пчел из неблагополучных по тропилелатозу стран;
- обеспечение ветеринарных лабораторий, ветеринарных станций по борьбе с болезнями животных нормативно-методической документацией по диагностике тропилелатоза пчел;
- изучение биологии популяций клещей *Tropilaelaps* spp. на территории Российской Федерации, разработка методов лечения и профилактики данного заболевания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания по диагностике тропилеласпоза пчел. Утв. Главным управлением ветеринарии МСХ СССР 14 мая 1981 г.
2. Инструкция о мероприятиях по борьбе с тропилеласпозом пчел. Утв. Главным управлением ветеринарии Госагропрома СССР от 01.10.1986.
3. Руководство по стандартам диагностических тестов и вакцин для наземных животных ВОЗЖ. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals (глава 3.2.6., 2018).
4. Гробов О.Ф., Смирнов А.М., Попов Е.Т. Болезни и вредители медоносных пчел: Справочник. М.: Агропромиздат, 1987.
5. Гробов О.Ф. Клеши: паразиты пчел и вредители их продукции. М.: Агропромиздат, 1991.
6. Гробов О.Ф., Иванов Ю.А., Попов Е.Т. Тропилеласпоз пчел // Пчеловодство. 1981. № 10.
7. Соловьева Л.Ф. Тропилеласпоз // Пчеловодство. 2008. № 5.
8. Anderson D.L., Morgan M.J. Genetic and morphological variation of bee-parasitic Tropilaelaps mites (Acari: Laelapidae): New and re-defined species // Experimental and Applied Acarology. 2007. 43. P. 1-24.
9. Anderson D.L., Roberts J.M.K.. Standard methods for Tropilaelaps mites research. In: The Coloss Beebook, Volume II: Standard methods for Apis mellifera pest and pathogen research, Dietemann V., Ellis J.D., Neumann P., eds. J. Apicultural Res. 2013. 52 (4).
10. Atwal A.S., Goyal N.P. Infestations of honeybee colonies with Tropilaelaps, and its control // J. Apic. Res. 1971. 10. P. 137-142.
11. Chantawannakul P., Ramsey S., Engelsdorp D. et al. Tropilaelaps mite: an emerging threat to European honey bee // Current Opinion in Insect Science. 2018. V. 26. P. 69-75.
12. Cook V.A., Bowman C.E. Mellitiphis alvearius, a little-known mite of the honeybee colony, found on New Zealand bees imported into England // Bee World. 1983. 64. 62-64.
13. Delfinado M.D., Baker E.W. Tropilaelaps, a new genus of mite from the Philippines (Laelapidae, Acarina) // Fieldiana Zoology 1961. 44. 53-56.
14. Delfinado-Baker M., Baker E.W. A new species of Tropilaelaps parasitic on honey bees // Am. Bee J. 1982. 122, 416-417.
15. Manić M., Đuričić B., Raičević Z. Tropilaelaps of bees – Epizootiological picture with special emphasis on the first description of the parasite in bumblebees and bees in Serbia (in Serbian) // Vet. glasnik. 2014. 68, (5-6), P. 371-378.
16. de Guzman L.I., Williams G.R., Khongphinitbunjong K., Chantawannakul P. Ecology, Life History, and Management of Tropilaelaps Mites // Journal of Economic Entomology. 2017. 110 (2), P. 319-332.
17. de Guzman L.I., Phokasem P., Khongphinitbunjong K. et al. Successful reproduction of unmated Tropilaelaps mercedesae and its implication on mite population growth in Apis mellifera colonies // Journal of Invertebrate Pathology. 2018. V. 153. P. 35-37.
18. Hosamani R.K., Gulati R., Sharma S.K., Kumar R. Efficacy of some botanicals against ectoparasitic mite, Tropilaelaps clareae (Acari: Laelapidae) in Apis mellifera colonies. Systematic and Applied Acarology. 2007.
19. Hosamani R.K., Gulati R., Sharma S.K. Bioecology and management of honeybee mite, Tropilaelaps clareae Delfinado and Baker – A review // Agricultural Reviews. 2006. 27 (3). P. 191-199.
20. Islam N., Amjad M., Haq E. et al. Efficacy of Essential Oils and Formic Acid in the Management of Tropilaelaps clareae in Apis mellifera Linnaeus Colonies in Relation to Honey Production // Pakistan Journal of Agricultural Research. 2017. 30, (2). P. 194-201.
21. Pettis J., Rose R., Lichtenberg E. M. et al. A rapid Survey technique for Tropilaelaps Mite (Mesostigmata: Laelapidae) (Detection) // J. of Economic Entomology. 2012. 106, (4). P. 1535-1545.
22. Woyke J. Length of stay of the parasitic mite Tropilaelaps clareae outside sealed honeybee brood cells as a basis for its effective control // J. Apic. Res. 1987. 26. 104-109.
23. Woyke J. Tropilaelaps clareae females can survive for four weeks when given open bee brood of Apis mellifera // Journal of Apicultural Research. 1994. 33, 1. P. 21-25.
24. Wilde J. Varroa destructor and Tropilaelaps clareae in Apis mellifera colonies in Nepal. In: Proceedings of the Euroconference on Molecular Mechanisms of Disease Tolerance in Honeybees (MOMEDITO), held in Kralupy near Prague, Czech Republic, 17-19 October 2000. Bee Research Institute, Dol. Czech Republic. 2000. 223-238.
25. Wilde J. How long can Tropilaelaps clareae survive on adult honeybee workers? In: Proceedings of the Euroconference on Molecular Mechanisms of Disease Tolerance in Honeybees (MOMEDITO), held in Kralupy near Prague, Czech Republic, 17-19 October 2000. Bee Research Institute, Dol, Czech Republic. 2000. 217-221.

REFERENCES

1. Metodicheskie ukazaniya po diagnostike tropilelapsoza pchel. Utv. Glavny'm upravleniem veterinarii MSKX SSSR 14 maya 1981 g.
2. Instrukciya o meropriyatiyakh po bor'be s tropilelapsozom pchel. Utv. Glavny'm upravleniem veterinarii Gosagroproma SSSR ot 01.10.1986.
3. Rukovodstvo po standartam diagnosticheskikh testov i vakezin dlya nazemny'kh zhivotny'kh VOZZH. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals (glava 3.2.6., 2018).
4. Grobov O.F., Smirnov A.M., Popov E.T. Bolezni i vrediteli medonosny'kh pchel: Spravochnik. M.: Agropromizdat, 1987.
5. Grobov O.F. Kleshhi: parazity pchel i vrediteli ikh produkcii. M.: Agropromizdat, 1991.
6. Grobov O.F., Ivanov Yu.A., Popov E.T. Tropilelapsoz pchel // Pchelovodstvo. 1981. № 10.
7. Solov'eva L.F. Tropilelapsoz // Pchelovodstvo. 2008. № 5.
8. Anderson D.L., Morgan M.J. Genetic and morphological variation of bee-parasitic Tropilaelaps mites (Acari: Laelapidae): New and re-defined species // Experimental and Applied Acarology. 2007. 43. P. 1-24.
9. Anderson D.L., Roberts J.M.K.. Standard methods for Tropilaelaps mites research. In: The Coloss Beebook, Volume II: Standard methods for Apis mellifera pest and pathogen research, Dietemann V., Ellis J.D., Neumann P., eds. J. Apicultural Res. 2013. 52 (4).
10. Atwal A.S., Goyal N.P. Infestations of honeybee colonies with Tropilaelaps, and its control // J. Apic. Res. 1971. 10. P. 137-142.
11. Chantawannakul P., Ramsey S., Engelsdorp D. et al. Tropilaelaps mite: an emerging threat to European honey bee // Current Opinion in Insect Science. 2018. V. 26. P. 69-75.
12. Cook V.A., Bowman C.E. Mellitiphis alvearius, a little-known mite of the honeybee colony, found on New Zealand bees imported into England // Bee World. 1983. 64. 62-64.
13. Delfinado M.D., Baker E.W. Tropilaelaps, a new genus of mite from the Philippines (Laelapidae, Acarina) // Fieldiana Zoology 1961. 44. 53-56.
14. Delfinado-Baker M., Baker E.W. A new species of Tropilaelaps parasitic on honey bees // Am. Bee J. 1982. 122, 416-417.
15. Manić M., Đuričić B., Raičević Z. Tropilaelaps of bees – Epizootiological picture with special emphasis on the first description of the parasite in bumblebees and bees in Serbia (in Serbian) // Vet. glasnik. 2014. 68, (5-6), P. 371-378.
16. de Guzman L.I., Williams G.R., Khongphinitbunjong K., Chantawannakul P. Ecology, Life History, and Management of Tropilaelaps Mites // Journal of Economic Entomology. 2017. 110 (2), P. 319-332.
17. de Guzman L.I., Phokasem P., Khongphinitbunjong K. et al. Successful reproduction of unmated Tropilaelaps mercedesae and its implication on mite population growth in Apis mellifera colonies // Journal of Invertebrate Pathology. 2018. V. 153. P. 35-37.
18. Hosamani R.K., Gulati R., Sharma S.K., Kumar R. Efficacy of some botanicals against ectoparasitic mite, Tropilaelaps clareae (Acari: Laelapidae) in Apis mellifera colonies. Systematic and Applied Acarology. 2007.
19. Hosamani R.K., Gulati R., Sharma S.K. Bioecology and management of honeybee mite, Tropilaelaps clareae Delfinado and Baker – A review // Agricultural Reviews. 2006. 27 (3). P. 191-199.
20. Islam N., Amjad M., Haq E. et al. Efficacy of Essential Oils and Formic Acid in the Management of Tropilaelaps clareae in Apis mellifera Linnaeus Colonies in Relation to Honey Production // Pakistan Journal of Agricultural Research. 2017. 30, (2). P. 194-201.
21. Pettis J., Rose R., Lichtenberg E. M. et al. A rapid Survey technique for Tropilaelaps Mite (Mesostigmata: Laelapidae) (Detection) // J. of Economic Entomology. 2012. 106, (4). P. 1535-1545.
22. Woyke J. Length of stay of the parasitic mite Tropilaelaps clareae outside sealed honeybee brood cells as a basis for its effective control // Journal of Apicultural Research. 1987. 26. 104-109.
23. Woyke J. Tropilaelaps clareae females can survive for four weeks when given open bee brood of Apis mellifera // Journal of Apicultural Research. 1994. 33, 1. P. 21-25.
24. Wilde J. Varroa destructor and Tropilaelaps clareae in Apis mellifera colonies in Nepal. In: Proceedings of the Euroconference on Molecular Mechanisms of Disease Tolerance in Honeybees (MOMEDITO), held in Kralupy near Prague, Czech Republic, 17-19 October 2000. Bee Research Institute, Dol. Czech Republic. 2000. 223-238.
25. Wilde J. How long can Tropilaelaps clareae survive on adult honeybee workers? In: Proceedings of the Euroconference on Molecular Mechanisms of Disease Tolerance in Honeybees (MOMEDITO), held in Kralupy near Prague, Czech Republic, 17-19 October 2000. Bee Research Institute, Dol, Czech Republic. 2000. 217-221.

Информация об авторах

Брандорф А.З. – д-р с.-х. наук, заведующая лабораторией.
Сохликов А.Б. – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the authors

Брандорф А.З. – Dr. Agricul. Sci., Head of the Laboratory.
Sokhlikov A.B. – Cand. Biol. Sci., leading scientific researcher.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.03.2023; одобрена после рецензирования 27.04.2023. Дата опубликования 30.06.2023.

The article was submitted 23.03.2023; approved after reviewing 27.04.2023. Date of publication 30.06.2023.



РОССИЙСКИЙ
ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ
ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ,
ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ



№ 3 (47) • 2023



ISSN 2075-1818

РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ, ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ

№ 3 (47), 2023

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-74156 от 29.10.2018). Выходит один раз в квартал. Распространяется в Российской Федерации и других странах. Статьи рецензируются.

Учредитель: ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ОГРН 1037700258870).

Адрес редакции: 123022, Россия,
Москва, Звенигородское шоссе, дом 5
Тел.: (499)256-35-81;
Факс: (499)256-35-81
E-mail: vniivshe@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Канцлер»:
г. Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, ст. 66а
E-mail: kancler2007@yandex.ru

Тираж 500 экз. Заказ №
Формат 60х84/8. Объем 16,25 п.л.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Ответственность за оригинальность статьи и научные заключения несут авторы.

Журнал индексируется в базах данных РИНЦ, RSCI, AGRIS; включен в утвержденный ВАК перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

© «Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»

Подписано в печать 25.08.2023 г.

ISSN 2075-1818

Подписной индекс ПН181

Редакционный совет:

Смирнов А. М. – главный редактор
Дорожкин В. И. – зам. главного редактора
Попов Н. И. – член редсовета
Попов П. А. – член редсовета
Гуненкова Н. К. – ответственный редактор
Ярных Е. В. – научный редактор

Редакционная коллегия:

Донник И.М., Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», акад. РАН;
Алиев А.Ю., Прикаспийский ЗНИВИ ФГБНУ «Дагестанский аграрный научный центр Республики Дагестан», д-р вет. наук, проф.;
Гарлыев Т., Туркменский с.-х. университет им. С.А. Ниязова, д-р вет. наук;
Денисова Е.А., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук;
Кононенко Г.П., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук проф.;
Мирзоев Д.М., Таджикский аграрный университет, д-р вет. наук, проф., акад. Таджикской академии СХН;
Серегин И.Г., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», канд. вет. наук, проф.;
Тутельян В.А., ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», акад. РАН;
Тюрин В.Г., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р вет. наук, проф.;
Удавляев Д.И., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», д-р биол. наук;
Уша Б.В., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», акад. РАН;
Шахмурзов М.М., ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», д-р биол. наук, проф.;
Ятусевич А.И., Витебская гос. академия ветеринарной медицины, д-р вет. наук, проф., иностранный член РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕТЕРИНАРНАЯ САНИТАРИЯ (ДЕЗИНФЕКЦИЯ, ДЕЗИНСЕКЦИЯ, ДЕЗАКАРИЗАЦИЯ, ДЕРАТИЗАЦИЯ)

- *Шашнина Е.В., Бабунова В.С., Попов П.А.** Определение действующих веществ в дезинфицирующих средствах на основе четвертичных аммониевых соединений..... 262
- Нетычук С.С., Бабунова В.С., Попов П.А., Лавина С.А.** Анализ причин загрязнения плесневыми грибами на мясоперерабатывающих предприятиях с целью оценки факторов риска и выбора эффективных средств для дезинфекции 268
- *Шустова А.А., Удавлиев Д.И., Башнин О.И., Шихов С.С., Гуляева Ю.А.** Испытания эффективности препарата «Битоксибациллин» в производственных условиях 273
- *Щербакова Г.Ш.** Определение дезинфицирующих свойств средства «Бактеридез Вет» в лабораторных условиях..... 279

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНОЕ КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И КОРМОВ

- *Ларионов Г.А., Ефимов А.В., Чеченешкина О.Ю.** Физико-химические свойства и микробиологическая безопасность молока и молочных продуктов..... 286
- Бондаренко А.В., Курбанова М.Н., Абдуллаева А.М., Самойлова А.М.** Микробиологическая оценка безопасности молочных продуктов 293
- *Алиев А.Ю., Федотов С.В., Белозерцева Н.С.** Качественная характеристика молока коров после применения гигиенических средств 300
- *Кулач П.В., Нитяга И.М., Сатюкова Л.П., Абдуллаева А.М., Панфилова А.И.** Ветеринарно-санитарная экспертиза и сравнительная оценка переславской и сибирской ряпушки..... 307
- *Грузнова О.А., Лобанов А.В., Сохликов А.Б., Грузнов Д.В.** Сравнение органолептических и физико-химических показателей натурального и фальсифицированного меда 314
- *Копоненко Г.П., Буркин А.А., Пирязева Е.А., Зотова Е.В.** Рапсовый жмых и шрот: первые результаты микотоксикологического обследования 321

САНИТАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

- *Стоянова Л.Г., Дбар С.Д.** Нутрицевтические показатели бактериоцинпродуцирующих лактококков для создания ферментированных функциональных продуктов..... 330
- *Курило В.С., Абдуллаева А.М., Лобанова В.Г., Покровский А.А.** Характеристика и распространение бактерий рода *Listeria*..... 339

ЭКОЛОГИЯ

- Анисимова Т.Ю., Тарасов С.И., Тюрин В.Г.** Эффективность различных режимов интенсивной аэробной переработки компостных смесей на основе осадка сточных вод..... 345

ЗООГИГИЕНА

- Морозов В.Ю., Дорожкин В.И., Салеева И.П., Калиткина К.А., Колесников Р.О., Черников А.Н.** Влияние микробиоценоза воздуха птицеводческих помещений на здоровье птиц..... 353

ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

- *Симурзина Е.П., Караулов Р.С., Семенов В.Г.** Анализ морфологического состава крови телят от молочных коров на фоне применения препарата Bovistim-K..... 359
- *Павлова Н.С., Павленко Г.И., Дорожкин В.И., Енгашева Е.С., Захарова Л.Л.** Изучение действия кормовой добавки «Фитодок нейро» на белых крыс в хроническом эксперименте (сообщение 2)..... 364
- *Жоров Г.А., Бричко Н.А., Захарова Л.Л., Обрывин В.Н., Лемясева С.В.** Сорбция кадмия и свинца веществами, перспективными для создания композиционных препаратов на основе гексацианоферратов..... 374
- *Галимова В.П., Блинов Н.В., Сохликов А.Б.** Изучение эффективности энтеросорбента Алвисорб для снижения интоксикации организма пчел при лечении препаратом Оксивит от европейского гнильца..... 381

*** Материалы научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности сельскохозяйственной продукции»**

CONTENTS

VETERINARY SANITATION (DISINFECTION, DISINSECTION, DISACARISATION, DERATIZATION)

- *Shashnina E.V., Babunova V.S., Popov P.A.** Determination of active substances in disinfectants based on quaternary ammonium compounds..... 262
- Netychuk S.S., Babunova V.S., Popov P.A., Lavina S.A.** Analysis of the causes of mold fungi pollution at meat processing enterprises to assess risk factors and selection of effective means for disinfection. 268
- *Shustova A.A., Udavliev D.I., Bashnin O.I., Shikhov S.S., Gulyaeva Yu.A.** Testing the effectiveness of the drug «Bitoxibacillin» in production conditions..... 273
- *Shcherbakova G.Sh.** Determination of the disinfecting properties of the «Bacteridez Vet» agent in laboratory conditions..... 279

VETERINARY-SANITARY QUALITY AND SAFENESS OF FOOD PRODUCTS AND FEEDSTUFES

- *Larionov G.A., Efimov A.V., Checheneshkina O.Y.** Physico-chemical properties and microbiological safety of milk and dairy products..... 286
- Bondarenko A.V., Kurbanova M.N., Abdullayeva A.M., Samoylova A.M.** Microbiological safety assessment of dairy products 293

*Aliev A.Yu., Fedotov S.V., Belozertseva N.S. Qualitative characteristics of milk of cows after the use of hygiene products.....	300
*Kulach P.VI., Nityaga I.M., Satyukova L.P., Abdullaeva A.M., Panfilova A.Ig. Veterinary sanitary expertise and comparative assessment of pereslavska and siberian ryapushka	307
*Gruznova O.A., Lobanov A.V., Sokhlikov A.B., Gruznov D.V. Comparison of organoleptic and physicochemical parameters of natural and falcified honey	314
*Kononenko G.P., Burkin A.A., Piryazeva E.A. Zotova E.V. Rapeseed cake and meal: first results of mycotoxicological examination	321

SANITARY MICROBIOLOGY

*Stoyanova L.G., Dbar S.D. Nutraceutical indicators of bacteriocin-producing lactococci for the creation of fermented functional products	330
*Kurilo V.S., Abdullaeva A.M., Lobanova V.G., Pokrovsky A.A. Characteristics and distribution of bacteria of the genus <i>Listeria</i>	339

ECOLOGY

Anisimova T.Yu., Tarasov S.I., Tyurin V.G. Efficiency of different modes of Intensive aerobic processing of compost mixtures based on sewage sludge.....	345
---	-----

ZOOHYGIENE

Morozov V.Y., Dorozhkin V.I., Saleeva I.P., Kalitkina K.A., Kolesnikov R.O., Chernikov A.N. Influence of air microbiocenosis poultry-farming premises on poultry and their health.....	353
---	-----

PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY

*Simurzina E.P., Karaulov R.S., Semenov V.G. Analysis of the morphological composition of the blood of calves from dairy cows against the background of the use of Bovistim-K.....	359
*Pavlova N.S., Pavlenko G.I., Dorozhkin V.I., Engasheva E.S., Zakharova L.L. Studying the effect of feed additive «Phytodoc neuro» on white rats in a chronic experiment (message 2)	364
*Zhorov G.A., Brichko N.A., Zakharova L.L., Obryvin V.N., Lemiyaseva S.V. Sorption of cadmium and lead with substances promising for the creation of composite preparations based on hexacyanoferrates	374
*Galimova V.P., Blinov N.V., Sokhlikov A.B. Studying the efficiency of enterosorbent Alvisorb for reducing intoxication of the bee organism during treatment with Oxyvit from european fouldeer	381

*** Materials of the scientific and practical conference with international participation «Actual problems of veterinary medicine, veterinary and sanitary control and biological safety of agricultural products»**

Научная статья

УДК 636.087.26/.2.034

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202303010

EDN: DVVGXG

РАПСОВЫЙ ЖМЫХ И ШРОТ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МИКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Галина Пантелеевна Кононенко¹, Алексей Анатольевич Буркин²,
Елена Алексеевна Пирязева³, Елена Владимировна Зотова⁴

^{1,2,3,4} Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии,
гигиены и экологии – филиал ФНЦ ВИЭВ РАН
Москва 123022, Российская Федерация, E-mail: vniivshe@mail.ru

¹ kononenkogg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9144-615X>

² aaburkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5674-2818>

³ piryazeva01@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5443-3213>

⁴ zotelena63@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1479-8602>

Аннотация. В статье приведены результаты обследования 26 производственных партий рапсового жмыха и шрота на пораженность микроскопическими грибами и контаминацию микотоксинами. Показатель общего числа грибов в большинстве образцов соответствовал регламентированной норме 5000 КОЕ/г, в составе микобиоты преобладали *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., реже выявляли *Cladosporium* spp., *Scopulariopsis* spp., в малых содержаниях – мукоровые грибы и дрожжи. Методом непрямого конкурентного иммуноферментного анализа установлено присутствие во всех образцах токсина антрахинонового ряда эмодина, несколько реже детектированы альтернариол, микрофеноловая кислота и эргоалкалоиды, в единичных случаях – афлатоксин В₁, циклопiazоновая кислота и Т-2 токсин. Обсуждаются перспективы дальнейших исследований и необходимость оценки потенциала токсинообразования санитарно-значимыми микромицетами.

Ключевые слова: жмых рапсовый, шрот рапсовый, микроскопические грибы, микотоксины, иммуноферментный анализ

Для цитирования: Кононенко Г.П., Буркин А.А., Пирязева Е.А., Зотова Е.В. Рапсовый жмых и шрот: первые результаты микотоксикологического обследования // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 3 (47). С. 321–329.
doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202303010
EDN: DVVGXG

Original article

RAPESEED CAKE AND MEAL: FIRST RESULTS OF MYCOTOXICOLOGICAL EXAMINATION

Galina P. Kononenko¹, Alexey A. Burkin², Elena A. Piryazeva³,
Elena V. Zotova⁴

^{1,2,3,4} All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – Branch
of Federal Scientific Center – K. I. Skryabin, Ya. R. Kovalenko All-Russian Research
Institute of Experimental Veterinary Medicine, Russian Academy of Sciences,
Moscow 123022, Russian Federation. E-mail: vniivshe@mail.ru

¹ kononenkogg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9144-615X>

² aaburkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5674-2818>

³ piryazeva01@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5443-3213>

⁴ zotelena63@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1479-8602>

Abstract. The article presents the results of a survey of 26 production batches of rapeseed cake and meal for microscopic fungi and mycotoxin contamination. The indicator of the total number of fungi in most samples corresponded to the regulated norm of 5000 CFU/g. *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. prevailed in the composition of the mycobiota, *Cladosporium* spp., *Scopulariopsis* spp. were detected less often, and flour fungi and yeasts were found in small amounts. The presence of the anthraquinone toxin emodin in all samples was established by the method of indirect competitive enzyme immunoassay, alternariol, mycophenolic acid and ergoalkaloids were detected somewhat less frequently, in isolated cases – aflatoxin B₁, cyclopiazonic acid and T-2 toxin. The prospects for further research and the need to assess the potential of toxin formation by sanitary-significant micromycetes are discussed.

Key words: rapeseed cake, rapeseed meal, microscopic fungi, mycotoxins, enzyme immunoassay

For citation: Kononenko G.P., Burkin A.A., Piryazeva E.A. Zotova E.V. Rapeseed cake and meal: first results of mycotoxicological examination // Russian Journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology». 2023. № 3 (47). P. 321–329 (In Russ.).
doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202303010
EDN: DVVGXG

Введение

Производство и переработка семян рапса в России в последние десятилетия активно развиваются, теперь эту культуру возделывают во всех федеральных округах и объем посевных площадей увеличился почти вдвое [21]. Побочная продукция от переработки на масло – жмыхи и шроты – становится все более востребованной в кормопроизводстве [2, 7], а биологически модифицированный рапсовый жмых рассматривается как перспективный функциональный ингредиент для пищевой промышленности [8]. К сожалению, регулярный контроль санитарного качества этого сырья в нашей стране пока не организован.

Цель работы – выборочное обследование рапсового жмыха и шрота на пораженность микроскопическими грибами и встречаемость санитарно-значимых микотоксинов.

Материалы и методы

Объектами исследования были 26 средних образцов рапсового жмыха и шрота, отобранных от производственных партий в разных регионах страны – Кировской, Липецкой, Орловской, Омской, Пензенской, Тульской, Тюменской областях, Алтайском и Краснодарском краях, республиках Башкортостан и Татарстан.

Процедура микологического анализа включала первичные посевы, количественный учет и начальную дифференциацию грибов, выделение чистых культур, определение родовой и видовой

принадлежности изолятов [5, 6]. К навеске образца массой 10 г добавляли 100 мл стерильного 0,1%-го водного раствора Твина-80, интенсивно встряхивали и затем готовили 100- и 1000-кратные разведения полученной взвеси в том же растворе. Далее в чашки Петри на поверхность агары Чапека–Докса, содержащего 10 об.% медицинской консервированной желчи, 50 тыс. ЕД пенициллина и 100 тыс. ЕД стрептомицина в расчете на 1 л, вносили, равномерно распределяя, по 1 мл каждой взвеси. Через 5...7 сут инкубирования при температуре 25°C проводили количественный учет выросших колоний и, по возможности, описывали принадлежность грибов к роду или виду.

Для токсикологического исследования размолотые образцы стационарно экстрагировали в течение 14 ч с двукратным интенсивным перемешиванием смесью ацетонитрила и воды в объемном соотношении 84:16 при расходе 5 мл на 1 г навески. После 10-кратного разведения фосфатно-солевым буферным раствором (рН 7,4) с Tween 20 в экстрактах определяли микотоксины методом непрямого конкурентного иммуноферментного анализа по унифицированной методике (ГОСТ 31653–2012) с помощью панели из 15 аттестованных коммерческих и исследовательских тест-систем (ВНИИВСГЭ, Россия). Нижние пределы количественных измерений соответствовали 85%-му уровню связывания антител и составили, мкг/кг: 1 (афлатоксин В₁, эргоалкалоиды), 2 (Т-2 токсин, охратоксин А, стеригматоксигин), 5 (порицин А), 10 (альтернариол, эмодин,

микофеноловая кислота, циклопиазоновая кислота, зеараленон, цитринин), 40 (дезоксиниваленон, фу-
монизины группы В) и 50 (PR-токсин).

Результаты исследований и обсуждение

По данным микологического анализа, в целом для жмыхов характерно более интенсивное инфицирование микроскопическими грибами, чем для шротов (табл. 1). Все эти образцы по степени пораженности равномерно распределялись относительно уровня 1000 КОЕ/г, при этом в одном из них регламентированный уровень ОЧГ (5000 КОЕ/г, не более) был превышен, а у двух составил 4800 КОЕ/г, т.е. находился вблизи этого предельно допустимого значения. У шротов в 7 из 9 образцов этот показатель не превышал 1000 КОЕ/г, а у двух других инфици-

рования грибами не отмечено. Меньшая пораженность грибами шротов в сравнении со жмыхами, являющимися более богатым субстратом, представляется вполне объяснимой.

По составу микобиоты жмыхи и шроты имели признаки сходства – наиболее распространенными были представители родов *Penicillium* и *Aspergillus*, реже выявляли грибы *Cladosporium* spp., *Scopulariopsis* spp., *Mucor* spp. и дрожжи (табл. 1). Однако по отдельным видам *Aspergillus* между ними отмечались различия. Так, *A. flavus* чаще и с повышенным накоплением встречался в жмыхах, *A. glaucus* group – в шротах, а *A. nidulans* и *A. niger* находили только в жмыхах, хотя единично и с низким содержанием (10 и 30 КОЕ/г). Лишь в одной пробе жмыха был обнаружен гриб *Alternaria* spp. в малом количестве.

Таблица 1. Пораженность микроскопическими грибами и контаминация микотоксинами образцов рапсового жмыха и шрота

Table 1. Infection with microscopic fungi and contamination with mycotoxins of samples of rapeseed cake and meal

Показатель	n ⁺	
	жмых, n=17	шрот, n=9
Пораженность микроскопическими грибами, КОЕ/г, мин.–макс.:		
ОЧГ (по уровням): 0	–	2
<1000	9 (30–700)	7 (20–730)
>1000	8 (1100–7500)	–
<i>Penicillium</i> spp.	14 (10–4600)	5 (10–200)
<i>Aspergillus</i> spp.	12 (10–1600)	5 (10–480)
<i>A. flavus</i>	10 (10–1600)	2 (10–240)
<i>A. glaucus</i> group	1 (10)	3 (20–480)
<i>A. nidulans</i>	1 (10)	–
<i>A. niger</i>	1 (30)	–
<i>Cladosporium</i> spp.	6 (10–400)	1 (20)
<i>Scopulariopsis</i> spp.	2 (30, 200)	4 (10–30)
<i>Alternaria</i> sp.	1 (10)	–
<i>Mucor</i> spp.	11 (10–500)	3 (10–100)
Дрожжи	3 (2000–3200)	3 (40–600)
Содержание микотоксинов, мкг/кг, мин. –среднее–макс.:		
Эмодин	17 (9–57–170)	9 (7–34–100)
Альтернариол	3 (10–15–24)	4 (7–13–28)
Микофеноловая кислота	2 (8, 10)	3 (5–8–11)
Эргоалкалоиды	3 (4–5–5)	2 (2, 25)
Афлатоксин В ₁	1 (<1)	1(<1)
Циклопиазоновая кислота	–	1(<10)
Т-2 токсин	1 (2)	–

Примечание: n – число исследованных образцов, n⁺ – число образцов, пораженных грибами или контаминированных микотоксинами.

Note: n – the number of examined samples, n⁺ – the number of samples infected with fungi or contaminated with mycotoxins.

Микотоксикологическое обследование всех образцов выполнено на содержание микотоксинов 15 типов, из которых для большинства (эмодин, эргоалкалоиды, микофеноловая кислота, циклопиазоновая кислота, цитринин, стеригматоцистин, роридин А, PR-токсин) попыток обнаружения в этих видах сырья ранее не предпринималось. Как следует из данных, представленных в таблице 1, для жмыхов и шротов отмечен сходный тип контаминации микотоксинами – во всех образцах был найден эмодин и реже – альтернариол, микофеноловая кислота и эргоалкалоиды. Контаминацию жмыхов и шротов этими токсинами в целом следует оценить как слабую с минимальными количествами у пределов определения метода и средними значениями на уровнях десятков и единиц микрограмм на 1 кг (мкг/кг). В единичных образцах у предела определения метода в жмыхах и шротах находили афлатоксин В₁, в одном из образцов шрота была детектирована циклопиазоновая кислота, в образце жмыха – Т-2 токсин в фоновом содержании 2 мкг/кг (табл. 1).

Важно отметить, что выборка, использованная в работе, была составлена из единичных образцов с географически удаленных территорий и поэтому при переходе к обобщающим оценкам этот факт следует принимать во внимание и учитывать редкие случаи обнаружения микотоксинов. Таким образом, в составе комплекса возможных контаминантов рапсового жмыха и шрота, произведенных на российской территории, следует рассматривать эмодин, альтернариол, микофеноловую кислоту, эргоалкалоиды, а также афлатоксин В₁, циклопиазоновую кислоту и Т-2 токсин. Это вполне согласуется с двумя ранее проведенными нами точечными обследованиями российского сырья. Так, в 2018 г. в жмыхе из Краснодарского края были найдены эмодин (38 мкг/кг) и циклопиазоновая кислота (50 мкг/кг), а в 2021 г. в образце из Калининградской области микотоксины обнаружить не удалось. Уточнить представления о реальных факторах риска для этого вида кормового сырья возможно лишь на основе обобщения результатов обширных мониторинговых исследований.

Контаминация жмыхов и шротов микотоксинами, выявленная в данной работе, могла быть следствием активизации роста токсигенных грибов в процессе хранения и транспортировки партий готовой продукции, и среди ее источников, очевидно, могли быть микромицеты, обнаруженные в составе микобиоты. Как было показано ранее, оригиналь-

ным (репродукционным) семенам рапса, полученным при соблюдении правил фитосанитарного контроля и условий послеуборочного хранения, не свойственна загрязненность микотоксинами, однако были и редкие исключения, вызванные влиянием неблагоприятных внешних факторов – так, один из образцов содержал микофеноловую кислоту и несколько – эргоалкалоиды и альтернариол [1, 3]. Это позволяет предположить, что к контаминации переработанной продукции могут иметь отношение и нарушения условий хранения и транспортировки семян на переработку. Мониторингового исследования производственных партий семян рапса на территории страны пока не проводили. Присутствие альтернариола и Т-2 токсина в продукции могло также быть следствием их попадания в семена растений, пораженных в полевых условиях альтернариозом и фузариозом. Нельзя исключать и участие в контаминации эмодином фомоидных грибов, способных к биосинтезу метаболитов антрахинонового ряда [19] и служащих возбудителями фомоза – распространенного грибкового заболевания рапса [11].

Сообщение о присутствии в продукции переработки семян рапса эмодина, микофеноловой кислоты, эргоалкалоидов, а также циклопиазоновой кислоты сделано в данной работе впервые, поэтому сопоставить результаты с данными других исследователей не представляется возможным. Мировые сведения о контаминации микотоксинами продукции от переработки семян рапса весьма ограничены (табл. 2). Судя по доступной информации, к настоящему времени число обследованных образцов в европейских и азиатских странах не превышает 150, однако это все же позволяет дать оценку встречаемости таких уже известных контаминантов, как альтернариол, Т-2 токсин и афлатоксин В₁. Альтернариол выявлен в двух из 30 образцов шрота в количествах 54 и 81 мкг/кг в Великобритании [15], описаны два случая обнаружения Т-2 токсина в двух образцах шрота европейского происхождения [12] и в двух из трех исследованных образцах жмыха в Литве [14] на уровнях 9 и 11,8 мкг/кг соответственно. Афлатоксин В₁ индивидуально и в виде суммы афлатоксинов постоянно находили в шротах европейского и азиатского происхождения в фоновых концентрациях [12] и в количествах до 18 мкг/кг в Румынии [18].

При достаточно высокой чувствительности метода в исследованных образцах нам не удалось обнаружить дезоксиниваленол, зеараленон и фу-

монизины группы В, свойственные грибам *Fusarium*, а также охратоксин А. Тем не менее, эти фузариотоксины определены в числе постоянных компонентов в шротах из европейских [14, 18] и азиатских стран [12]. Однако в Германии при многокомпонентном анализе шротов на группу фузариогенных трихотеценов и лактонов резорциловой кислоты дезоксиниваленол выявляли редко, а зеараленон не обнаружен [16]. Фумонизины группы В находили в сборах шротов из азиатских и европейских стран на фоновых уровнях 13 и 45 мкг/кг; охратоксин А – в еще меньших содержаниях 1 и 2 мкг/кг [12], однако в Пакистане сообщено о случаях накопления этого токсина в количестве до 37 мкг/кг [10]. Дезоксиниваленол не был обнаружен в образце шрота в Японии [17], дезоксиниваленол, зеараленон, фумонизины группы В и охратоксин А – в трех образцах из Сербии [13].

Систематических исследований территориально локализованной продукции известно немного. Только недавно предпринято трехлетнее обследо-

вание шротов из разных провинций Китая, при котором неизменно находили афлатоксин В₁ до уровня 14,9 мкг/кг, дезоксиниваленол в количествах, близких или превышающих 1000 мкг/кг, и зеараленон – до уровня 300 мкг/кг [20], что указывает на устойчивый характер загрязненности.

Применение многокомпонентного анализа в ряде случаев приводило к расширению спектра возможных токсикантов – так, в шротах из Великобритании, наряду с альтерналиолом, были детектированы два других альтерналиотоксина – его метиловый эфир и тенуазоновая кислота [15], а в Германии, наряду с дезоксиниваленолом, его 15-моноацетат [16]. Учитывая возможность множественной контаминации этой продукции, особо важное значение приобретает выполнение полномасштабных национальных проектов, направленных на обеспечение обоснованного контроля ее безопасности. Ранее региональные особенности контаминации микотоксинами подсолнечного жмыха и шрота подробно обсуждались в работе [4].

Таблица 2. Данные по встречаемости и содержанию микотоксинов в рапсовом шроте и жмыхе из европейских и азиатских стран

Table 2. Data on the occurrence and content of mycotoxins in rapeseed cake and meal from European and Asian countries

Анализируемые микотоксины	n*/n (количество, мкг/кг)	Ссылка
1	2	3
Великобритания (шрот)		
Альтерналиол Монометиловый эфир альтерналиола Тенуазоновая кислота Альтенуен, изо-альтенуен, альтертоксин I	2/30 (54, 81) 2/30 (49, 60) 9/30 (средн. 730, макс. 970) 0/30	[15]
Румыния (шрот)		
Афлатоксины Дезоксиниваленол Зеараленон	8/8 (6.3–18.2) 8/8 (14.3–81.9) 8/8 (3.3–41.7)	[18]
Германия (шрот)		
Дезоксиниваленол Зеараленон	1/12 (144) 0/12	[16]
Литва (жмых)		
Дезоксиниваленол Зеараленон Т-2 токсин	7/7 (средн. 387) 6/7 (средн. 12,3) 2/3 (средн. 11,8)	[14]
Дания, Нидерланды, Австрия (шрот)		
Сумма афлатоксинов Дезоксиниваленол Зеараленон Т-2 токсин Сумма фумонизинов В ₁ и В ₂ Охратоксин А	2/2 (средн. 2) 2/2 (средн. 44) 0/2 2/2 (средн. 9) 2/2 (средн. 45) 2/2 (средн. 1)	[12]

1	2	3
Вьетнам, Индонезия, Мьянма (шрот)		
Сумма афлатоксинов Дезоксиниваленол Зеараленон Т-2 токсин Сумма фумонизинов В ₁ и В ₂ Охратоксин А	7/7 (средн. 2) 7/7, (средн. 931, макс. 2431) 7/7 (средн. 145, макс. 278) 0/7 7/7 (средн. 13) 7/7 (средн. 2)	[12]
Китай (шрот)		
2018 г. Афлатоксин В ₁ Дезоксиниваленол Зеараленон 2019 г. Афлатоксин В ₁ Дезоксиниваленол Зеараленон 2020 г. Афлатоксин В ₁ Дезоксиниваленол Зеараленон	24/24 (средн. 8,5, макс. 14,9) 24/24 (средн. 691,9, макс. 1321,3) 24/24 (средн. 79,9, макс. 336,3) 4/4, (средн. 7,3, макс. 12,2) 4/4 (средн. 482,7, макс. 785,9) 4/4 (средн. 59,3, макс. 92,1) 5/5 (средн. 3,7, макс. 5,6) 5/5 (средн. 629,7, макс. 701,4) 5/5 (средн. 58,3, макс. 85,3)	[20]
Пакистан (шрот)		
Охратоксин А	3/20, 15–37	[10]

Примечание: n⁺/n – число образцов, содержащих микотоксин / число исследованных образцов; мин., средн., макс. – минимальное, среднее, максимальное количество.

Note: n⁺/n – the number of samples containing mycotoxin / the number of samples examined; min., avg., max. – minimum, average, maximum.

Закключение

Для рапсового жмыха и шрота, производимых в России, впервые изучены особенности контаминации микотоксинами и характер пораженности микроскопическими грибами. Многообразие факторов, способных влиять на интенсивность накопления микотоксинов и состав микобиоты этого сырья, указывает на целесообразность проведения в стране масштабных комплексных микотоксикологических исследований, которые позволят

получить более полное представление о реальных факторах риска при его использовании.

Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием по теме: FGUG-2022-0008 «Научно обосновать и разработать новые методы, средства и технологии обеспечения устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства».

Регистрационный номер НИОКТР в ЦИТИС 122042700106-1.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Буркин А.А., Кононенко Г.П., Воловик В.Т., Сергеева С.Е. Изучение органотропности токсинов микромицетов в растениях: Трансмиссия в семена. Материалы конференции «Биоразнообразие грибов и лишайников особо охраняемых природных территорий» (29 сент. – 1 окт. 2021 г., г. Минск – Березинский биосферный заповедник, Витебская область, п. Домжерицы), Минск: Колорград. 2021. С. 27-34. (ISBN 978-985-596-992-2).
- Егорова Т.А., Ленкова Т.Н. Рапс (*Brassica napus* L.) и перспективы его использования в кормлении птицы // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 2. С. 172–182 (doi: 10/15389/agrobiology.2015.2.172rus).
- Кононенко Г.П., Воловик В.Т., Буркин А.А., Сергеева С.Е. Профиль микотоксинов, типичный для оригинальных (репродукционных) семян рапса масличного // Сельскохозяйственная биология. 2022. № 5. С. 1001-1009 (doi: 10.15389/agrobiology.2022.5.1001rus).
- Кононенко Г.П., Устюжанина М.И., Буркин А.А. Проблема безопасного использования подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) для пищевых и кормовых целей (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 485-498 (doi: 10.15389/agrobiology.2018.3.485rus).

5. Методические рекомендации по идентификации основных видов патогенных и токсигенных микроскопических грибов в кормах, утв. 23.10.2008 г. Отделением ветеринарной медицины РАСХН.
6. Методические указания по выделению и количественному учету микроскопических грибов в кормах, кормовых добавках и сырье для производства кормов, утв. 14.07.2003 г. Департаментом ветеринарии МСХ РФ.
7. Пахомов В.И., Хлыстунов В.Ф., Брагинцев С.В., Бахчевников О.Н. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор) // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. Т. 23. № 3. С. 281-294 (doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.281-294).
8. Пахомова О.Н. Разработка и использование функционального пищевого обогатителя из жмыха рапсового: канд. дисс. Орел, 2014.
9. Рекомендации по микотоксикологическому контролю кормов для сельскохозяйственных животных. Утв. НТС Минсельхоза России 30.10.2014.
10. Anjum M.A., Sahota A.W., Akram M., Ali I. Prevalence of mycotoxins in poultry feeds and feed ingredients in Pinjab (Pakistan) // *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 2011. Vol. 21. № 2. P. 117-120.
11. Gomzhina M.M., Gasich E.L. Plenodomus species infecting oilseed rape in Russia // *Plant Protection News*. 2022. Vol. 105. № 3. P. 135-147 (doi:10.31993/2308-6459-2022-105-3-15425).
12. Gonçalves R.A., Schatzmayr D., Hofstetter U., Santos G.A. Occurrence of mycotoxins in aquaculture: preliminary overview of Asian and European plant ingredients and finished feeds // *World Mycotoxin Journal*. 2017. Vol. 10. № 2. P. 183-194 (doi: 10.3320/WMJ2016.2111).
13. Kokić B.M., Čabarkapa I.S., Lević J.D., Mardić A.I., Matić J.J., Ivanov D.S. Screening of mycotoxins in animal feed from the region of Vojrodina // *Zbornic matice srpske za prirodne nauke*. 2009. P. 87-96 (doi: 10.2298/ZMSPN0917087).
14. Mankeviciene A., Suproniene S., Brazauskiene I., Gruzdeviene E. Natural occurrence of Fusarium mycotoxins in oil crop seed // *Plant Breeding and Seed Science*. 2011. Vol. 63. P. 109-116 (doi:10.2478/v10129-011-0022-1).
15. Nawaz S., Scudamore K.A., Rainbird S. Mycotoxins in ingredients of animal feeding stuff: I. Determination of Alternaria mycotoxins in oilseed rape meal and sunflower seed meal // *Food Additives & Contaminants*. 1997. Vol. 14. № 3. P. 249-262 (doi: 10.1080/02652039709374522).
16. Schollenberger M., Müller H.-M., Rühle M., Suchy S., Plank S., Drochner W. Natural occurrence of 16 Fusarium toxins in grains and feedstuffs of plant origin from Germany // *Mycopathologia*. 2006. Vol. 161. P. 43-52 (doi: 10.1007/s11046-005-0199-7).
17. Shirai Y. Natural occurrence of type B trichothecenes in formula feeds and feedstuffs in Japan // *Mycotoxins*. 2004. Vol. 54. № 2. P. 88-94.
18. Tabuc K., Stefan G. Assessment of mycologic and mycotoxicologic contamination of soybean, sunflower and rape seeds and meals during 2002-2004 // *Archiva Zootechnica*. 2005. № 8. P. 51-56.
19. Turner W.B., Aldridge D.C. Fungal Metabolites II. Academic Press. 1983. 631 p.
20. Zhao L., Zhang L., Xu Z., Liu X., Chen L., Dai J., Karrow N.A., Sun L. Occurrence of aflatoxin B1, deoxynivalenol and zearalenone in feeds in China during 2018-2020 // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021. Vol. 12. P. 1-12 (doi: 10.1186/s40104-021-00603-0).
21. USDA. Годовой отчет масличным и продуктам переработки в России. www.zol.ru/n/33b4c.

REFERENCES

1. Burkin A.A., Kononenko G.P., Volovik V.T., Sergeeva S.E. Izuchenie organotropnosti toksinov mikromiczetov v rasteniyakh: Transmissiya v semena. Materialy konferencii «Bioraznoobrazie gribov i lishajnikov osobo okhranyayemykh prirodnykh territorij» (29 sent. – 1 okt. 2021 g., g. Minsk – Berezinskij biosfernyj zapovednik, Vitebskaya oblast', p. Domzhericzy'), Minsk: Kolorgrad. 2021. S. 27-34. (ISBN 978-985-596-992-2).
2. Egorova T.A., Lenkova T.N. Raps (Brassica napus L.) i perspektivy ego ispol'zovaniya v kormlenii pticy // *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*. 2015. T. 50. № 2. S. 172-182 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.172rus).
3. Kononenko G.P., Volovik V.T., Burkin A.A., Sergeeva S.E. Profil' mikotoksinov, tipichnyj dlya original'nykh (reprodukcionnykh) semyan rapsa maslichnogo // *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*. 2022. № 5. S. 1001-1009 (doi: 10.15389/agrobiology.2022.5.1001rus).
4. Kononenko G.P., Ustyuzhanina M.I., Burkin A.A. Problema bezopasnogo ispol'zovaniya podsolnechnika (Helianthus annuus L.) dlya pishhevykh i kormovykh czelej (obzor) // *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*. 2018. T. 53. № 3. S. 485-498 (doi: 10.15389/agrobiology.2018.3.485rus).
5. Metodicheskie rekomendaczii po identifikaczii osnovnykh vidov patogennykh i toksigennykh mikroskopicheskikh gribov v kormakh, utv. 23.10.2008 g. Otdeleniem veterinarnoj mediczny RASKXN.
6. Metodicheskie ukazaniya po vy'deleniyu i kolichestvennomu uchetu mikroskopicheskikh gribov v kormakh, kormovykh dobavkakh i sy'r'e dlya proizvodstva kormov, utv. 14.07.2003 g. Departamentom veterinarii MSKX RF.

7. Pakxomov V.I., Kxly'stunov V.F., Braginecz S.V., Bakxchevnikov O.N. Sostoyanie i perspektivy` ispol'zovaniya rastitel'nogo sy'r'ya v kormax dlya akvakul'tury` (obzor) // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. T. 23. № 3. S. 281-294 (doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.281-294).
8. Pakxomova O.N. Razrabotka i ispol'zovanie funkczional'nogo pishhevogo obogatitelya iz zhmy`kxa rapsovogo: kand. diss. Orel, 2014.
9. Rekomendaczii po mikotoksikologicheskomu kontrolyu kormov dlya sel'skokhozyajstvenny`kx zhivotny`kx. Utv. NTS Minsel'kxoza Rossii 30.10.2014.
10. Anjum M.A., Sahota A.W., Akram M., Ali I. Prevalence of mycotoxins in poultry feeds and feed ingredients in Pinjab (Pakistan) // The Journal of Animal and Plant Sciences. 2011. Vol. 21. № 2. P. 117-120.
11. Gomzhina M.M., Gasich E.L. Plenodomus species infecting oilseed rape in Russia // Plant Protection News. 2022. Vol. 105. № 3. P. 135-147 (doi:10.31993/2308-6459-2022-105-3-15425).
12. Gonçalves R.A., Schatzmayr D., Hofstetter U., Santos G.A. Occurrence of mycotoxins in aquaculture: preliminary overview of Asian and European plant ingredients and finished feeds // World Mycotoxin Journal. 2017. Vol. 10. № 2. P. 183-194 (doi: 10.3320/WMJ2016.2111).
13. Kokić B.M., Čabarkapa I.S., Lević J.D., Mardić A.I., Matić J.J., Ivanov D.S. Screening of mycotoxins in animal feed from the region of Vojrodina // Zbornic matice srpske za prirodne nauke. 2009. P. 87–96 (doi: 10.2298/ZM-SPN0917087).
14. Mankeviciene A., Suproniene S., Brazauskiene I., Gruzdeviene E. Natural occurrence of Fusarium mycotoxins in oil crop seed // Plant Breeding and Seed Science. 2011. Vol. 63. P. 109-116 (doi:10.2478/v10129-011-0022-1).
15. Nawaz S., Scudamore K.A., Rainbird S. Mycotoxins in ingredients of animal feeding stuff: I. Determination of Alternaria mycotoxins in oilseed rape meal and sunflower seed meal // Food Additives & Contaminants. 1997. Vol. 14. № 3. P. 249–262 (doi: 10.1080/02652039709374522).
16. Schollenberger M., Müller H.-M., Rühle M., Suchy S., Plank S., Drochner W. Natural occurrence of 16 Fusarium toxins in grains and feedstuffs of plant origin from Germany // Mycopathologia. 2006. Vol. 161. P. 43-52 (doi: 10.1007/s11046-005-0199-7).
17. Shirai Y. Natural occurrence of type B trichothecenes in formula feeds and feedstuffs in Japan // Mycotoxins. 2004. Vol. 54. № 2. P. 88-94.
18. Tabuc K., Stefan G. Assessment of mycologic and mycotoxicologic contamination of soybean, sunflower and rape seeds and meals during 2002–2004 // Arhiva Zootehnika. 2005. № 8. P. 51-56.
19. Turner W.B., Aldridge D.C. Fungal Metabolites II. Academic Press. 1983. 631 p.
20. Zhao L., Zhang L., Xu Z., Liu X., Chen L., Dai J., Karrow N.A., Sun L. Occurrence of aflatoxin B1, deoxynivalenol and zearalenone in feeds in China during 2018–2020 // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2021. Vol. 12. P. 1-12 (doi: 10.1186/s40104-021-00603-0).
21. USDA. Godovoj otchet maslichny`m i produktam pererabotki v Rossii. www.zol.ru/n/33b4c.

Информация об авторах

Кононенко Г.П. – д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник.

Буркин А.А. – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник.

Пирязева Е.А. – канд. биол. наук, старший научный сотрудник.

Зотова Е.В. – канд. вет. наук, старший научный сотрудник.

Information about the authors

Kononenko G.P. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chief researcher.

Burkin A.A. – Cand. Med. Sci., Leading research associate.

Piryazeva E.A. – Cand. Biol. Sci., Senior researcher.

Zotova E.V. – Cand. Vet. Sci., Senior researcher.

Вклад авторов

Кононенко Г.П. – планирование экспериментов, обзор и анализ литературных источников, анализ полученных данных, написание статьи, общее руководство.

Буркин А.А. – проведение экспериментов, участие в написании статьи.

Пирязева Е.А. – проведение экспериментов, поиск литературных источников, участие в написании статьи.

Зотова Е.В. – проведение экспериментов, поиск литературных источников.

Contribution of the authors

Kononenko G.P. – review and analysis of literary sources, analysis of the received data, writing of the article, general guidance.

Burkin A.A. – conducting experiments, participation in the writing of the article.

Piryazeva E.A. – conducting experiments, search for literary sources, participation in the writing of the article.

Zotova E.V. – conducting experiments, search for literary sources.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.02.2023; одобрена после рецензирования 18.03.2023. Дата опубликования: 29.09.2023.

The article was submitted 28.02.2023; approved after reviewing 18.03.2023. Date of publication 29.09.2023.

САНИТАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

SANITARY MICROBIOLOGY

Научная статья

УДК 615.37:613287

doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202303011

EDN: FZPGNE

НУТРИЦЕВТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БАКТЕРИОЦИНПРОДУЦИРУЮЩИХ ЛАКТОКОККОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Лидия Григорьевна Стоянова¹, Сария Джоновна Дбар²

^{1,2} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва 119234, Российская Федерация

¹ stoyanovamsu@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные по нутрицевтическим показателям, включая антимикробную и супероксидазную активность, штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* для создания функциональных продуктов.

Добавление свободных аминокислот (аланина, глутаминовой кислоты, серина, тирозина и триптофана) в среду в разной степени усиливало антимикробное действие рекомбинантных штаммов F-116 и F-119 на штаммы-контаминанты пищевых продуктов и сырья. Наиболее эффективно действие изолейцина, который способствовал повышению ингибиторной активности штамма F-116 на *Staphylococcus aureus* до 32,1% и на *Escherichia coli* до 84%, чего не наблюдалось у штамма F-119. Бактерицидное действие рекомбинантного штамма F-119 на *Escherichia coli* повышалось при добавлении в среду серина от 1900 до 2550 ед/мл (по левомисцетину), т.е. на 34%, триптофана на 37% и тирозина на 55%.

При добавлении глутаминовой кислоты за 15 ч культивирования фунгицидная активность на *Aspergillus niger* увеличилась только у штамма F-116 от 2600 до 3300 ед/мл (по нистатину), что составило 27%, на *Candida albicans* до 40%. Тирозин увеличил активность штамма F-119 на *Candida albicans* до 25%, а триптофан – до 26%.

Штаммы обладали высокой супероксиддисмутазной активностью (27,02...30 ед/мг белка). СОД была в 5...6 раз выше у рекомбинантных штаммов по сравнению с СОД-активностью родительских штаммов 729 и 1605.

Ключевые слова: нутрицевтики, функциональные продукты, пробиотики, рекомбинантные штаммы *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, антимикробные свойства, бактериоцины, низин, супероксиддисмутазная активность (СОД)

Для цитирования: Стоянова Л.Г., Дбар С.Д. Нутрицевтические показатели бактериоцинпродуцирующих лактококков для создания ферментированных функциональных продуктов // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 3 (47). С. 330–338. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202303011
EDN: FZPGNE

Original article

NUTRACEUTICAL INDICATORS OF BACTERIOCIN-PRODUCING LACTOCOCCI FOR THE CREATION OF FERMENTED FUNCTIONAL PRODUCTS

Lydia G. Stoyanova¹, Saria D. Dbar²

^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Moscow 119234, Russian Federation

¹ stoyanovamsu@mail.ru

Abstract. The article presents data on nutraceutical indicators, including antimicrobial and superoxide activities of strains of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, to create functional products.

The addition of free amino acids (alanine, glutamic acid, serine, tyrosine, and tryptophan) to the medium enhanced the antimicrobial effect of recombinant strains F-116 and F-119 on food and raw material contaminant strains to varying degrees. The effect of isoleucine is most effective, which contributed to an increase in the inhibitory activity of the F-116 strain on *Staphylococcus aureus* up to 32.1% and on *Escherichia coli* up to 84%, which was not observed in the F-119 strain. The bactericidal effect of the recombinant strain F-119 on *Escherichia coli* increased when serine was added to the medium from 1900 to 2550 units/ml (according to chloramphenicol), i.e. by 34%, tryptophan - by 37% and tyrosine - by 55%.

With the addition of glutamic acid for 15 hours of cultivation, the fungicidal activity on *Aspergillus niger* increased only in strain F-116 from 2600 to 3300 units/ml (according to nystatin), which amounted to 27%, on *Candida albicans* up to 40%. Tyrosine increased the activity of strain F-119 on *Candida albicans* to . 25%, and tryptophan – 26%.

The strains had high superoxide dismutase activity (27.02–30.0 U/mg of protein). SOD was 5–6 times higher in recombinant strains compared to the SOD activity of parental strains 729 and 1605.

Keywords: nutraceuticals, functional foods, probiotics, recombinant strains of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, antimicrobial properties, bacteriocins, nisin, superoxide dismutase activity (SOD).

For citation: Stoyanova L.G., Dbar S.D. Nutraceutical indicators of bacteriocin-producing lactococci for the creation of fermented functional products // Russian journal «Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology». 2023. № 3 (47). P. 330–338 (In Russ.).

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202303011

EDN: FZPGNE

Введение

Последние десятилетия прошлого и начало нынешнего века характеризуются интенсивным развитием нутрициологии как науки о питании здорового человека, создании продуктов функционального питания с пробиотической микробиотой и заданными функциональными свойствами. Функциональные продукты – это продукты, которые, помимо питательных веществ, содержат в своем составе ингредиенты, которые действуют конкретно на функции организма, связанные с контролем и снижением риска развития некоторых заболеваний. Пищевые продукты интенсивно изучаются на предмет дополнительных физиологических преимуществ, которые могут снизить риск хронических заболеваний или иным образом улучшить здоровье [10]. Растущий интерес у населения вызывает особая категория продуктов,

называемых «функциональными продуктами», или нутрицевтиками. Функциональная роль нутрицевтиков направлена: на компенсацию недостатка основных питательных веществ; целенаправленное изменение метаболизма; повышение резистентности организма к действию вредных факторов внешней среды; оказание иммуномодулирующего эффекта; связывание и устранение посторонних веществ; улучшение питания человека; укрепление здоровья и профилактику различных заболеваний [2]. Биофункциональные пищевые продукты обычно используют, когда желаемый биологический, медицинский или физиологический эффект оказывают микроорганизмы [11]. К таким микроорганизмам относятся пробиотики – микроорганизмы, благотворно влияющие на здоровье человека. Их можно применять в качестве пищевых ингредиентов, а также в виде

ферментированных молочных продуктов [6]. Установлено, что в дистальном отделе кишечника их основными представителями являются лактобактерии, принимающие самое деятельное участие в формировании индигенной микробиоты и ответственные за поддержание иммунной системы человека [7]. В ходе своего метаболизма они продуцируют целый спектр необходимых и полезных для здоровья человека веществ.

Известно, что лактококки обладают антимикробной активностью в отношении многих микроорганизмов, включая те, которые вызывают порчу пищевых продуктов. Их антимикробный эффект обусловлен снижением pH за счет накопления молочной кислоты как основного метаболита в процессе сбраживания углеводов, конкуренцией за питательные вещества и выработкой специфических метаболитов белковой природы – бактериоцинов [13]. Эти антимикробные молекулы входят в число полезных пептидов, которые синтезируются некоторыми молочнокислыми бактериями во время ферментации и оказывают бактериостатическое или бактерицидное действие на родственные группы бактерий и реже – против широкого круга неродственных групп бактерий. Однако штамм-продуцент имеет систему иммунной защиты от собственного бактериоцина. Таким образом, они составляют важную часть системы микробной защиты [9].

Физиологической особенностью природных штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* является синтез бактериоцинов-антибиотиков, среди которых наиболее известен низин, состоящий из 34 аминокислотных остатков, включая небелковую аминокислоту лантионин, с молекулярной массой 3353 Да. Низин оказывает бактерицидное действие на грамположительные бактерии (образование пор за счет связывания с липидом 2 клеточной стенки), может адсорбироваться на поверхности спор чувствительных к нему спорообразующих микроорганизмов, нарушает проницаемость мембран, снижает термоустойчивость спор [5]. Однако низин не эффективен против грамотрицательных бактерий, к которым относятся многие энтеробактерии – возбудители инфекций желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), и микромикробов, вызывающих микозы.

На кафедре микробиологии биологического факультета МГУ методом слияния протопластов родственных штаммов *L. lactis* subsp. *lactis* с низкой низинсинтезирующей активностью были по-

лучены штаммы, обладающие высокой активностью и широким спектром бактерицидного и фунгицидного действия [3].

Известна возможность оптимизировать процесс биосинтеза бактериоцинов, изменяя состав среды. Так, добавление аминокислот, являющихся структурными компонентами антимикробных пептидов, в ферментационную среду лактококков способно повлиять на уровень антимикробной активности.

Помимо индигенной микробиоты, в макроорганизм с продуктами питания могут поступать молочнокислые бактерии извне. Рост и тех, и других микроорганизмов зависит от процессов, в том числе свободнорадикальных, происходящих в макроорганизме. Интенсивность свободнорадикальных процессов в организме человека может быть вызвана как увеличением концентрации активных форм кислорода (АФК), свободных радикалов (OH^* , HOO^* , O_2^* , NO^*), низкомолекулярных эндогенных пероксидов (H_2O_2 , ROOH , HOCl , ONOOH), так и снижением эффективности действия биологических систем их утилизации и детоксикации. Свободные радикалы повреждают молекулы ДНК, белков, липидов, образуя перекисные соединения. Радикал OH^* может присоединяться, например, по двойной связи между 5- и 6-м положениями в молекуле тимидина и, тем самым, нарушать структуру ДНК. АФК также запускает программируемую клеточную смерть – апоптоз [1].

Метаболиты могут функционировать в ЖКТ как потенциальные естественные биотерапевтические агенты, облегчающие конкуренцию пробиотических штаммов и/или ингибирующие патогены [12]; могут иметь различную функциональную направленность, в частности, обладать антиоксидантным, антигипертензивным, иммуномодулирующим, антибактериальным и противовирусными свойствами. Тем самым они вносят потенциальный вклад в баланс микробиоты и здоровье человека [8]. Штаммы, продуцирующие бактериоцины, могут стать потенциальной альтернативой антибиотикам и быть полезны для контроля носительства патогенов, поэтому их рассматривают в качестве биологически активного соединения для разработки нутрицевтиков или функциональных продуктов питания [14].

Цель исследования: изучить нутрицевтические показатели бактериоцинпродуцирующих штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* для создания функциональных продуктов.

Материалы и методы

В работе использовали лиофильно высушенные рекомбинантные штаммы *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, ранее полученные методом слияния протопластов F-119 и F-116 (GenBank: F100778.1; GenBank: EF100777.1), обладающие высокой антимикробной активностью в отношении грамположительных, грамотрицательных бактерий, дрожжей и грибов [3].

Родительские штаммы с низкой ингибиторной активностью: *L. lactis* subsp. *lactis* штамм 729 – низкоактивный (300 МЕ/мл) по синтезу низина, сильный кислотообразователь (GenBank EF 102814) и мутантный штамм 1605, полученный от исходного 729 штамма комбинированным воздействием ультрафиолетовых лучей и этиленimina (GenBank EF 102815) с активностью 500 МЕ/мл.

Ллиофилизированные штаммы после хранения в холодильнике при температуре -20°C восстанавливали в стерильной воде, а затем культивировали в стерильном обезжиренном молоке до образования плотного молочного сгустка. Из обраты пересевали в посевную среду, приготовленную на водопроводной воде с добавлением дрожжевого экстракта (35 г/л) и глюкозы (10 г/л), pH среды доводили до 6,8...7,0 20%-м раствором NaOH. Затем посевной материал (в количестве 5%) вносили в питательную среду следующего состава, г/л: глюкоза – 10; KH_2PO_4 – 20; NaCl – 2; MgSO_4 – 0,2; дрожжевой экстракт – 35; pH 6,8...7,0 [4].

Изучали антимикробный спектр действия штаммов в течение 24 ч и СОД-активность, влияние свободных аминокислот, добавляемых в среду культивирования, на рост и уровень антимикробной активности.

Для установления спектра антибиотической активности лактококков в качестве тест-культур использовали грамположительные бактерии *S. aureus* AP017922.1, грамотрицательные бактерии *E. coli* 52, а также один штамм микроскопических грибов *Aspergillus niger* INA 00760 и дрожжи *Candida albicans* INA 00763. Бактерии выращивали на МПА при температуре 37°C , микромицеты – на среде Сабуро, г/л: глюкоза – 40; пептон – 10; агар – 20; левомицетин – 2,5% при температуре 28... 30°C . Количественное определение антибиотической активности проводили с помощью метода диффузии в агар, по измерению зон подавления роста тест-культур с дальнейшим пересчетом по калибровочной кривой стандартных растворов антибиотиков [4]. В качестве стандарта

на грамположительные бактерии использовали коммерческий препарат низина «Nisaplin» (фирма Apin&Barrett, Ltd, Великобритания) активностью $1 \cdot 10^6$ МЕ/г, грамотрицательные бактерии – растворы левомицетина (HiMedia Laboratories Limited, Индия) концентрацией 100, 50 и 25 ед/мл, в качестве стандарта на микромицеты использовали растворы 100, 50, 40 ед/мл нистатина (Sigma, ФРГ) активностью 4670 ед/мг. Для титрования антибиотиков использовали фосфатный буферный раствор (pH 5,5) и суточные суспензии грамотрицательных бактерий и грибов, которыми засеивали соответственно МПА и среду Сабуро.

Активность СОД в экстрактах клеток определяли спектрофотометрически с использованием ксантиоксидазо-цитохромного метода. Реакции с ксантином учитывали по увеличению поглощения при $\lambda = 550$ нм на спектрофотометре НТАСН 200-20 в течение 5 мин относительно контроля – реакционной смеси, содержащей вместо препарата СОД соответствующий объем деионизованной воды. За 1 единицу активности СОД принимали количество фермента, которое ингибирует скорость восстановления цитохрома на 50% при pH 7,8 и температуре 25°C [1]. Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием компьютерных программ Excel 2017 (Microsoft Inc., Statistica for Windows, v.5.0 StatSoft Inc). Достоверность различий между средними значениями оценивали с использованием t-критерия Стьюдента ($p \leq 0,05$).

Результаты исследований и обсуждение

Изучение антимикробного спектра действия штаммов *L. lactis* subsp. *lactis* на разные группы микроорганизмов представлено на рисунках 1 и 2. Как видно из полученных результатов, штаммы F-116 и F-119 обладают широким спектром антимикробного действия, оказывают влияние на грамположительные и грамотрицательные бактерии, грибы и дрожжи.

Исследование антимикробной активности в динамике позволяет определить период роста продуцента, когда синтез бактериоцина достигает максимума своей активности. Следует заметить, что не все аминокислоты способствовали увеличению антибактериальной и антимикотической активности лактококков.

В качестве тест-микроорганизмов отбирали представителей разных групп контаминантов пи-

щевого сырья, способных вызывать заболевания человека. Например, *S. aureus* может вызывать широкий диапазон заболеваний, начиная с легких кожных инфекций – угрей, импетиго, до смертельно опасных заболеваний, таких как пневмония, менингит, остеомиелит, эндокардит, инфекционно-токсический шок и сепсис.

Штаммы *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* способны к синтезу антимикробных пептидов. Добавление свободных аминокислот в среду в разной степени усиливало действие штамма F-116 на *S. aureus*. Наиболее эффективно действовал изолейцин, который способствовал повышению ингибиторной активности в этот период от 1600 до 2400 МЕ/мл (по низину), что составило 50% за 18 ч инкубирования, чего не наблюдалось у штамма F-119 (рис. 1, 2).

Бактерицидное действие рекомбинантного штамма F-119 на грамотрицательные бактерии (на примере *E. coli*) за 9 ч культивирования повышалось при добавлении в среду серина от 1900 до

2550 ед/мл (по левомицетину), т.е. на 34%, триптофана – на 37% и тирозина – на 55% (см. рис. 2). Ингибиторный эффект штамма F-116 на *E. coli* увеличился после 15 ч инкубирования при добавлении в среду изолейцина от 1900 до 3500 ед/мл (по левомицетину), что соответствует 84% (см. рис. 1). *E. coli* – условно-патогенные бактерии, вирулентные штаммы которых могут вызывать гастроэнтериты, воспаления мочеполовой системы, а также менингит у новорожденных, в редких случаях перитонит, мастит и сепсисы.

Об антимикотическом эффекте лактококков подвида *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* известно очень мало. Результаты наших экспериментов показали способность рекомбинантных штаммов проявлять фунгицидную активность по отношению к отобраным тест-культурам *Aspergillus niger* и дрожжам *Candida albicans*. При добавлении глутаминовой кислоты за 15 ч культивирования фунгицидная активность на *A. niger*

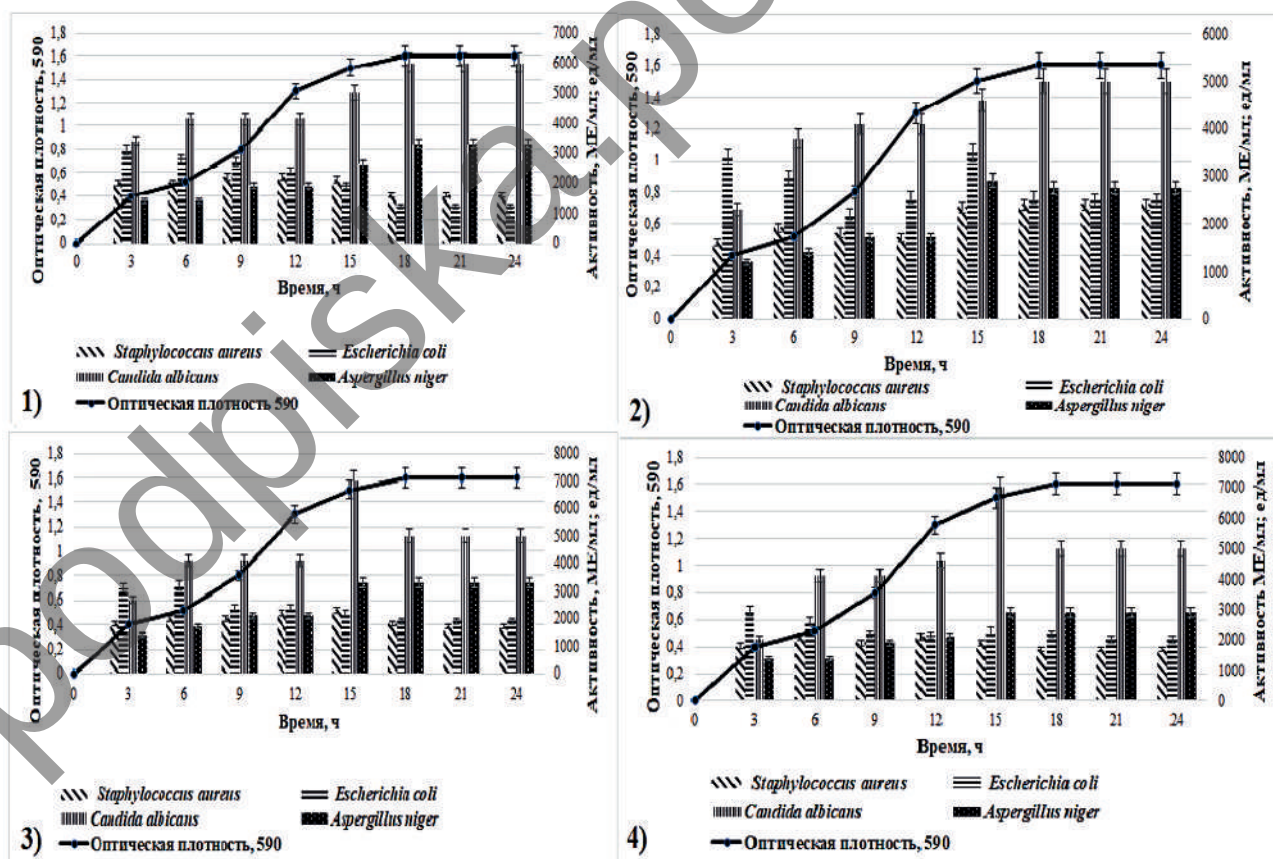


Рис. 1. Антимикробная активность штамма F-116 *L. lactis* subsp. *lactis* в динамике роста с добавлением аминокислот. 1 – контроль; 2 – изолейцин; 3 – глутаминовая кислота; 4 – серин.

Тест-культуры – *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans*, *A. niger*, $p \leq 0,05$

Fig. 1. Antimicrobial activity of strain F-116 *L. lactis* subsp. *lactis* in the dynamics of growth with the addition of amino acids. 1 – control; 2 – isoleucine; 3 – glutamic acid; 4 – serine.

Test cultures – *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans*, *A. niger*, $p \leq 0.05$

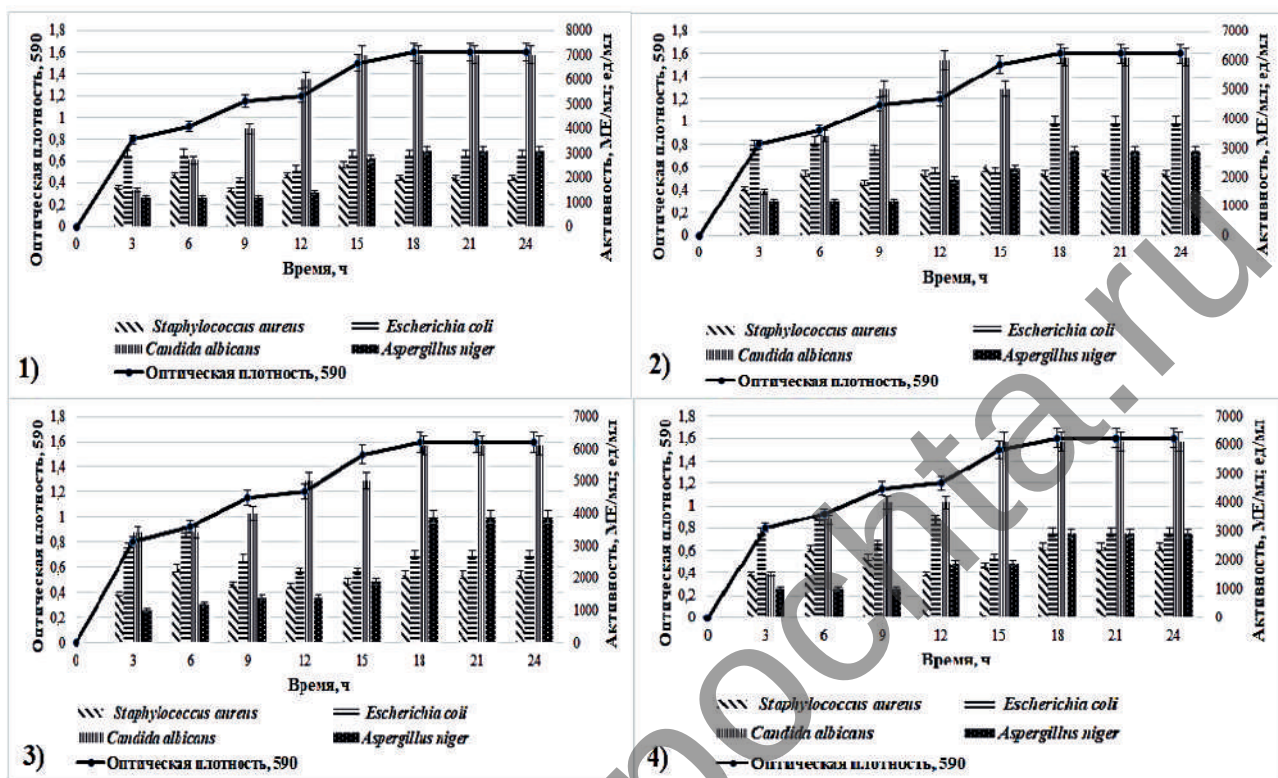


Рис. 2. Антимикробная активность штамма F-119 *L. lactis subsp. lactis* в динамике роста с добавлением аминокислот. 1 – контроль; 2 – тирозин; 3 – триптофан; 4 – серин. Тест-культуры – *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans*, *A. niger*, $p \leq 0,05$

Fig. 2. Antimicrobial activity of strain F-119 *L. lactis subsp. lactis* in the dynamics of growth with the addition of amino acids. 1 – control; 2 – tyrosine; 3 – tryptophan; 4 – serine. Test cultures – *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans*, *A. niger*, $p \leq 0.05$

увеличилась только у штамма F-116 от 2600 до 3300 ед/мл (по нистатину), что составило 27%. Глутаминовая кислота и серин за 15 ч культивирования повысили фунгицидную активность на *C. albicans* у F-116 от 5000 до 7000 ед/мл (по нистатину), что составило 40%, а у штамма F-119 тирозин увеличил активность от 4000 до 5000 ед/мл (по нистатину), т.е. на 25%, триптофан – 26% (см. рис. 1, 2).

Микромицеты *Aspergillus niger* и *Candida albicans* выделяют токсины, служат причиной плесневения продуктов питания, в частности колбас, хлебобулочных изделий, фруктов, овощей, а, как известно, дрожжи *Candida albicans* – возбудители кандидозов у человека и животных.

Аминокислоты необходимы для роста и питания лактококков, а также являются структурными компонентами бактериоцинов пептидной природы, вследствие чего они способны усилить антимикробную активность штаммов F-116 и F-119. Повышение бактерицидной активности этих штаммов при добавлении в среду изолейцина привело к смещению повышения уровня активности

из лаг-фазы на стационарную, а при добавлении глутаминовой кислоты и серина уровень активности был оптимальным уже к стационарной фазе роста продуцентов.

Установленная бактерицидная активность штаммов лактококков на грамположительные бактерии связана с продукцией бактериоцина низина. Повышенная антимикотическая активность может быть вызвана синтезом алкилароматического кетона [5].

Рост молочнокислых бактерий в микробиоте человека, а также при поступлении пробиотиков в виде продуктов извне зависит от происходящих в макроорганизме процессов, в том числе свободнорадикальных. В силу нежелательного действия свободных радикалов на макроорганизм анализ систем детоксикации активных форм кислорода и свободных радикалов – один из наиболее важных критериев при создании пробиотического препарата. Активность СОД в пересчете на белок была высокой у рекомбинантных штаммов *L. lactis subsp. lactis* и составила 27,02...30 ед/мг белка (таблица).

Таблица. Супероксиддисмутазная активность в клетках *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ($p \leq 0,05$)Table. Superoxide dismutase activity in *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ($p \leq 0.05$)

Штамм	Содержание белка, мкг/мл	Активность, ед/мл	Активность, ед/мг белка
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> штамм 729	2100	10,20	4,86
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> штамм 1605	1275	7,14	5,60
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> штамм F-116	320	9,60	30,00
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> штамм F-119	300	7,85	27,02

Самой высокой СОД-активностью обладает штамм F-116, в то время как СОД-активность у родительских штаммов 729 и 1605 (мутант штамма 729) была примерно в 6 и 5 раз меньше.

Следует отметить, что штамм F-116 проявляет высокую СОД-активность и обладает фунгицидной активностью, что является актуальным на данный момент ввиду того, что микромицеты служат причиной многих заболеваний человека и порчи продуктов питания. Одним из факторов окружающей среды, способным негативно влиять на рост бактериальных клеток, является кислород. Активные формы кислорода, индуцирующие окислительный стресс, способны увеличивать частоту мутаций в клетках, повышая, в частности, чувствительность к антибиотикам. На примере *S. aureus* было показано, что для защиты от действия АФК повышается уровень экспрессии генов *sodA* (супероксиддисмутаза) и *goxA* (субъединица хинолоксидазы), которые, нейтрализуя АФК, снижают частоту нежелательных мутаций [1].

Заключение

Таким образом, изученный в данной работе антимикробный спектр действия штаммов F-116 и F-119 *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, позволяет предположить, что бактерии способны к синте-

зу антимикробных агентов, в различной степени действующих на грамположительные, грамотрицательные бактерии, грибы и дрожжи. Изолейцин, глутаминовая кислота и серин повышают антибактериальную и антимикотическую активность штаммов в разной степени. Феномен широкого спектра действия лактококков можно объяснить после более детального изучения молекулярных механизмов действия бактериоцинов. Возможно, это связано с наличием нескольких одинаковых рецепторов-мишеней для антимикробных пептидов у *S. aureus*, *E. coli*, *A. niger* и *C. albicans*. Штамм *L. lactis* subsp. *lactis* F-116 можно рекомендовать к применению в качестве пробиотических микроорганизмов с высокой антиоксидантной активностью, что, возможно, позволит создать эффективные препараты для борьбы с некоторыми тяжелыми заболеваниями и ранними признаками старения.

Полученные данные позволяют отнести бактериоцинпродуцирующие штаммы *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* к перспективным пробиотикам, а их бактериоцины – к антимикробным препаратам, которые целесообразно применять в комплексной терапии ряда заболеваний, а также в качестве биологически активных соединений для разработки нутрицевтиков или функциональных продуктов питания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Брюханов А.Л., Климко А.И., Нетрусов А.И. Антиоксидантные свойства молочнокислых бактерий // Микробиология. 2022. Т. 91. №. 5. С. 519-536.
2. Романцова С.Н., Лосевская С.А. Пищевые добавки в продуктах питания, их влияние на здоровье человека // Цифровизация современной науки: стратегии, инновации. 2022. С. 303-305.
3. Стоянова Л.Г., Егоров Н.С. Получение низинпродуцирующих бактерий методом слияния протопластов двух родственных штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, низкоактивных по синтезу низина // Микробиология. 1998. Т. 67. №. 1. С. 47-54.
4. Стоянова Л.Г., Сорокина Е.В., Дбар С.Д. Скрининг перспективных штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* для создания нетоксичных антимикотиков // Проблемы медицинской микологии. 2020. Т. 22. №. 4. С. 46-53.

5. Стоянова Л.Г., Устюгова Е.А., Нетрусов А.И. Антимикробные метаболиты молочнокислых бактерий: разнообразие и свойства (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2012. Т. 48. № 3. С. 259-275.
6. Хавкин А.И. Пробиотические продукты питания и естественная защитная система организма // РМЖ. 2009. Т. 17. № 4. С. 241-245.
7. Шендеров Б. А., Голубев В. Л., Данилов А. Б., Прищепа А. В. Кишечная микробиота человека и нейродегенеративные заболевания // Поликлиника. 2016. №. 1-1. С. 7-13.
8. Chernukha I.M., Mashentseva N.G., Afanasev D.A., Vostrikova N.L. Biologically active peptides of meat and meat product proteins: a review. Part 1. General information about biologically active peptides of meat and meat products // Theory and Practice of Meat Processing. 2019. V. 4. №. 4. P. 12-16
9. Dobson A., Cotter P.D., Ross R.P., Hill C. Bacteriocin production: a probiotic trait? // Applied and environmental microbiology. 2012. V. 78. №. 1. P. 1-6.
10. Espín J.C., García-Conesa M.T., Tomás-Barberán F.A. Nutraceuticals: facts and fiction // Phytochemistry. 2007. V. 68. №. 22-24. P. 2986-3008.
11. Gobetti M., Cagno R.D., De Angelis M. Functional microorganisms for functional food quality // Critical reviews in food science and nutrition. 2010. V. 50. №. 8. P. 716-727.
12. Nes I.F., Yoon S.S., Diep D.B. Ribosomally synthesized antimicrobial peptides (bacteriocins) in lactic acid bacteria: a review // Food Science and Biotechnology. 2007. V. 16. №. 5. P. 675-690.
13. Srivastava R.K. Enhanced shelf life with improved food quality from fermentation processes // J. Food Technol. Preserv. 2018. V. 2. P. 8-14.
14. Yadav K., Bhardwaj A., Kaur G. et al. Potential of *Lactococcus lactis* as a probiotic and functional lactic acid bacteria in dairy industry // International Journal of Probiotics and Prebiotics. 2009. V. 4. №. 3. P. 219-228.

REFERENCES

1. Bryukhanov A.L., Klimko A.I., Netrusov A.I. Antioksidantny'e svoystva molochnokisly'kh bakterij // Mikrobiologiya. 2022. T. 91. №. 5. S. 519-536.
2. Romanczova S.N., Losevskaya S.A. Pishhevyye dobavki v produktakh pitaniya, ikh vliyanie na zdorov'e cheloveka // Cifrovizatsiya sovremennoj nauki: strategii, innovatsii. 2022. S. 303-305.
3. Stoyanova L.G., Egorov N.S. Poluchenie nizhproduziruyushhih bakterij metodom sliyaniya protoplastov dvukh rodstvenny'kh shtammov *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, nizkoaktivny'kh po sintezu nizina // Mikrobiologiya. 1998. T. 67. №. 1. S. 47-54.
4. Stoyanova L.G., Sorokina E.V., Dbar S.D. Skrining perspektivny'kh shtammov *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* dlya sozdaniya netoksichny'kh antimikotikov // Problemy mediczinskoj mikologii. 2020. T. 22. №. 4. S. 46-53.
5. Stoyanova L.G., Ustyugova E.A., Netrusov A.I. Antimikrobny'e metabolity' molochnokisly'kh bakterij: raznoobrazie i svoystva (obzor) // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2012. T. 48. № 3. S. 259-275.
6. Kxavkin A.I. Probioticheskie produkty' pitaniya i estestvennaya zashhitnaya sistema organizma // RMZH. 2009. T. 17. №. 4. S. 241-245.
7. Shenderov B. A., Golubev V. L., Danilov A. B., Prishhepa A. V. Kischechnaya mikrobiota cheloveka i nejrodegenerativny'e zabolevaniya // Poliklinika. 2016. №. 1-1. S. 7-13.
8. Chernukha I.M., Mashentseva N.G., Afanasev D.A., Vostrikova N.L. Biologically active peptides of meat and meat product proteins: a review. Part 1. General information about biologically active peptides of meat and meat products // Theory and Practice of Meat Processing. 2019. V. 4. №. 4. P. 12-16
9. Dobson A., Cotter P.D., Ross R.P., Hill C. Bacteriocin production: a probiotic trait? // Applied and environmental microbiology. 2012. V. 78. №. 1. P. 1-6.
10. Espín J.C., García-Conesa M.T., Tomás-Barberán F.A. Nutraceuticals: facts and fiction // Phytochemistry. 2007. V. 68. №. 22-24. P. 2986-3008.
11. Gobetti M., Cagno R.D., De Angelis M. Functional microorganisms for functional food quality // Critical reviews in food science and nutrition. 2010. V. 50. №. 8. P. 716-727.
12. Nes I.F., Yoon S.S., Diep D.B. Ribosomally synthesized antimicrobial peptides (bacteriocins) in lactic acid bacteria: a review // Food Science and Biotechnology. 2007. V. 16. №. 5. P. 675-690.
13. Srivastava R.K. Enhanced shelf life with improved food quality from fermentation processes // J. Food Technol. Preserv. 2018. V. 2. P. 8-14.
14. Yadav K., Bhardwaj A., Kaur G. et al. Potential of *Lactococcus lactis* as a probiotic and functional lactic acid bacteria in dairy industry // International Journal of Probiotics and Prebiotics. 2009. V. 4. №. 3. P. 219-228.

Информация об авторах

Стоянова Л.Г. – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник.
Дбар С.Д. – аспирантка.

Author information

Stoyanova L.G. – Dr. Biol. Sci., Leading Researcher.
Dbar S.D. – postgraduate student.

Вклад авторов

Стоянова Л.Г. – постановка цели работы, обсуждение данных, написание статьи.
Дбар С.Д. – сбор литературы, проведение экспериментов, анализ данных.

Contribution of the authors

Stoyanova L.G. – setting the goal of the work, discussing the data, article writing.
Dbar S.D. – collecting literature, conducting an experiments, data analysis.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтных интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 29.05.2023; одобрена после рецензирования 19.06.2023. Дата опубликования 29.09.2023.

The article was submitted 29.05.2023; approved after reviewing 19.06.2023. Date of publication 29.09.2023.



**РОССИЙСКИЙ
ЖУРНАЛ**

**ПРОБЛЕМЫ
ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ,
ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ**



№ 4 (48) • 2023



ISSN 2075-1818

РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ, ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ

№ 4 (48), 2023

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-74156 от 29.10.2018). Выходит один раз в квартал. Распространяется в Российской Федерации и других странах. Статьи рецензируются.

Учредитель: ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ОГРН 1037700258870).

Адрес редакции: 123022, Россия,
Москва, Звенигородское шоссе, дом 5
Тел.: (499)256-35-81;
Факс: (499)256-35-81
E-mail: vniivshe@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Канцлер»:
г. Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, ст. 66а
E-mail: kancler2007@yandex.ru

Тираж 500 экз. Заказ №
Формат 60x84/8. Объем 16,5 п.л.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Ответственность за оригинальность статьи и научные заключения несут авторы.

Журнал индексируется в базах данных РИНЦ, RSCI, AGRIS; включен в утвержденный ВАК перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

© «Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»

Подписано в печать 31.10.2023 г.

ISSN 2075-1818

Подписной индекс ПН181

Редакционный совет:

Смирнов А. М. – главный редактор
Дорожкин В. И. – зам. главного редактора
Попов Н. И. – член редсовета
Попов П. А. – член редсовета
Гуненкова Н. К. – ответственный редактор
Ярных Е. В. – научный редактор

Редакционная коллегия:

Донник И.М., Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», акад. РАН;
Алиев А.Ю., Прикаспийский ЗНИВИ ФГБНУ «Дагестанский аграрный научный центр Республики Дагестан», д-р вет. наук, проф.;
Гарлыев Т., Туркменский с.-х. университет им. С.А. Ниязова, д-р вет. наук;
Денисова Е.А., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук;
Кононенко Г.П., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р биол. наук проф.;
Мирзоев Д.М., Таджикский аграрный университет, д-р вет. наук, проф., акад. Таджикской академии СХН;
Серегин И.Г., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», канд. вет. наук, проф.;
Тутельян В.А., ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», акад. РАН;
Тюрин В.Г., ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, д-р вет. наук, проф.;
Удавляев Д.И., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», д-р биол. наук;
Уша Б.В., Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», акад. РАН;
Шахмурзов М.М., ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», д-р биол. наук, проф.;
Ятусевич А.И., Витебская гос. академия ветеринарной медицины, д-р вет. наук, проф., иностранный член РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕТЕРИНАРНАЯ САНИТАРИЯ (ДЕЗИНФЕКЦИЯ, ДЕЗИНСЕКЦИЯ, ДЕЗАКАРИЗАЦИЯ, ДЕРАТИЗАЦИЯ)

- Бабунова В.С., Осипова И.С., Попов П.А., Банникова Д.А.** Определение физико-химических свойств дезинфектантов на основе надуксусной кислоты, используемых на линиях переработки кур 392
- Шерешкова С.Е., Попов Н.И., Куш И.В., Шутеева Е.Н., Милютин Т.А., Прокопенко А.А.** Сравнительная бактерицидная и дезинфицирующая активность препаратов «Анолит АНК Супер» и «Анолит АНК Супер + ЧАС» 398
- Нетычук С.С., Бабунова В.С., Попов П.А., Лавина С.А.** Плесневые грибы-психрофилы, контаминирующие холодильные камеры предприятий мясной промышленности, и способы борьбы с ними 405
- Сайпуллаев М.С., Гаджимурадова З.Т., Мирзоева Т.Б., Сайпуллаев У.М.** Изучение овицидных свойств модифицированного раствора гашеной извести по отношению к яйцам аскарид птиц..... 414

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНОЕ КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И КОРМОВ

- Денисова Е.А., Горяинова Г.М., Арсеньева Л.В., Бабунова В.С., Лавина С.А., Обухов И.Л.** Скрининговый контроль токсикантов в рыбной продукции методом иммуномикрочиповой технологии 418
- Серегин И.Г., Козак Ю.А.** Ветеринарно-санитарные требования при внутрихозяйственном и подворном убое животных 426
- Шихов С.С., Сатюкова Л.П., Седых Е.С.** Проблема использования консервантов в сыроделии 432
- Кулач П.В., Нитяга И.М., Сатюкова Л.П., Шихов С.С., Крылова П.А.** Определение остаточного содержания пестицидов в экзотических фруктах методом газовой хроматографии..... 437

САНИТАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

- Павлова И.Б., Ленченко Е.М., Банникова Д.А., Грузнов Д.В.** Сапрофитическое существование дрожжеподобных грибов *Candida albicans* (электронная микроскопия) 443
- Ремизова Е.В., Семина Л.К., Авдеевская Н.Н., Скулябина З.А., Балдичева Г.А.** Подбор оптимальных питательных сред для культивирования микоплазм 451
- Калинин А.Г.** Изучение репродукции вируса мешотчатого расплода пчел иммуноцитохимическим методом *in vitro* в культурах клеток 457

ЗООГИГИЕНА

Тюрин В.Г., Семенов В.Г., Никитин Д.А., Симурзина Е.П., Лузова А.В. Сравнительная эффективность методов профилактики и терапии кетоза новотельных коров.....	464
---	-----

БИОБЕЗОПАСНОСТЬ

Христиановский П.И., Белименко В.В., Грудинин Д.А. Обеспечение биологической безопасности интродукции и реинтродукции диких копытных животных в степных регионах.....	473
--	-----

ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

Тюрин В.Г., Семенов В.Г., Семенова А.П., Порфирьев А.Н., Антонов А.Г. Особенности гематологического профиля глубокоостельных и новотельных коров на фоне применения биостимуляторов (сообщение 1).....	482
Степанова С.П., Дерина Д.С., Козак С.С. Динамика прироста живой массы и физико-химические показатели мяса цесарок разных пород в процессе выращивания.....	489
Бочарова П.А., Бачинская В.М., Бачинская Н.А. Влияние кормовых добавок на аминокислотный состав яиц перепелов.....	495
Павлова Н.С., Павленко Г.И., Дроздов Д.А., Бричко Н.А. Дорожкин В.И., Захарова Л.Л. Изучение протекторного действия кормовой добавки «Фитодок нейро» при совместном поступлении свинца и кадмия в организм белых крыс.....	501
Павлова Н.С., Бричко Н.А., Павленко Г.И., Дорожкин В.И., Дроздов Д.А., Захарова Л.Л. Изучение эффективности кормовой добавки «Фитодок нейро» для снижения накопления кадмия и свинца в организме белых крыс	510
Памяти М.П. Бутко	517

CONTENTS

VETERINARY SANITATION (DISINFECTION, DISINSECTION, DISACARISATION, DERATIZATION)

Babunova V.S., Osipova I.S., Popov P.A., Bannikova D.A. Determination of physico-chemical properties of disinfectants based on peracetic acid used on processing lines of chicken.....	392
Shereshkova S.E., Popov N.I., Kushch I.V., Shuteeva E.N., Milutina T.A., Prokopenko A.A. Comparative bactericidal and disinfecting activity of the drugs «Anolyte Ank Super» and «Anolyte Ank Super + QAC».....	398
Netychuk S.S., Babunova V.S., Popov P.A., Lavina S.A. Mold fungi-psychrophiles contaminating refrigerators of meat industry enterprises and methods of combating them.....	405
Saipullaev M.S., Gadzhimuradova Z.T., Mirzoeva T.B., Saypullaev U.M. Studying the ovicidal properties of a modified solution of squick lime in relation to ascarid bird	414

VETERINARY-SANITARY QUALITY AND SAFENESS OF FOOD PRODUCTS AND FEEDSTUFES

Denisova E.A., Goryainova G.M., Arsenyeva L.V., Babunova V.S., Lavina S.A., Obukhov I.L. Screening control of toxicants in fish products by immunomicrochip technology	418
---	-----

Seregin I.G., Kozak Yu.A. Veterinary and sanitary requirements at inside and household animal slaughtering.....	426
Shikhov S.S., Satyukova L.P., Sedykh E.S. The problem of using preservatives in cheese making	432
Kulach P.V., Nityaga I.M., Satyukova L.P., Shikhov S.S., Krylova P.A. Determination of the residual content of pesticides in exotic fruits by gas chromatography.....	437
SANITARY MICROBIOLOGY	
Pavlova I.B., Lenchenko E.M., Bannikova D.A., Gruznov D.V. Saprophytic existence of yeast-like fungi <i>Candida albicans</i> (electron microscopy).....	443
Remizova E.V., Semina L.K., Avduevskaya N.N., Skulyabina Z.A., Baldicheva G.A. Selection of optimal nutrient media for mycoplasma cultivation	451
Kalinin A.G. In vitro study of sacbrood virus reproduction in cell cultures by immunocytochemical method.....	457
ZOOHYGIENE	
Tyurin V.G., Semenov V.G., Nikitin D.A., Simurzina E.P., Luzova A.V. Comparative effectiveness of methods of prevention and therapy of ketosis of new-bodied cows.....	464
BIOLOGICAL SAFETY	
Khristianovsky P.I., Belimenko V.V., Grudin D.A. Ensuring the biological safety of introduction and reintroduction of wild ungulates animals in the steppe regions.....	473
PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY	
Tyurin V.G., Semenov V.G., Semenova A.P., Porfiriev A.N., Antonov A.G. Features of the hematological profile of down-calving and freshly calved cows on the background of the use of biostimulators (message 1)	482
Stepanova S.P., Derina D.S., Kozak S.S. Dynamics of live weight and physico-chemical parameters of guinea fowl meat of different breeds in the process of growing.....	489
Bocharova P.A., Bachinskaya V.M., Bachinskaya N.A. The effect of feed additives on the amino acid composition of quail eggs.....	495
Pavlova N.S., Pavlenko G.I., Drozdov D.A., Brichko N.A., Dorozhkin V.I., Zakharova L.L. Study of the protective effect of the feed additive «Phytodoc neuro» with the combined intake of lead and cadmium into the body of white rats.....	501
Pavlova N.S., Brichko N.A., Pavlenko G.I., Dorozhkin V.I., Drozdov D. A., Zakharova L.L. Studying the efficiency of the feed additive «Phytodoc neuro» for reducing accumulation of cadmium and lead in the body of white rats	510
In the memory of M.П. Бутко	517

САНИТАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ
SANITARY MICROBIOLOGY

Научная статья
УДК. 636.5.087.69
doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202304009
EDN: QUHAOI

**САПРОФИТИЧЕСКОЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ
ДРОЖЖЕПОДОБНЫХ ГРИБОВ *CANDIDA ALBICANS*
(ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ)**

*Инна Борисовна Павлова¹, Екатерина Михайловна Ленченко², Дарья Андреевна Банникова³,
Дмитрий Вячеславович Грузнов⁴*

^{1,3,4} *Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии,
гигиены и экологии – филиал Федерального научного центра ВИЭВ РАН,
Москва 123022, Российская Федерация.*

² *Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
Москва 125080, Российская Федерация*

¹ i.b.pawlova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7725-0943>

² lenchenko.ekaterina@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-2576-2020>

³ andreevna.07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4766-0183>

⁴ 79164422245@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6679-9466>

Аннотация. В статье представлены результаты электронно-микроскопических исследований сапрофитической фазы развития популяций дрожжеподобных грибов *Candida albicans*. Изучены морфология, ультраструктура и фазы развития популяции дрожжеподобных грибов. Исследованы этапы адгезии микроорганизмов и колонизации при экспериментальной контаминации стеблей пророщенных зерен овса, гранулированного комбикорма и скорлупы куриного яйца. Для исследования морфологии микроорганизмов без нарушения естественной архитектоники популяции использованы оригинальные методики культивирования. Помимо почкования имеется стратегия выживания в виде бластоспор, структура которых видна с использованием сканирующего электронного микроскопа. Формы, размеры и локализация бластоспор зависели от цикла развития популяции. Изучена морфология псевдогифов, играющих важную роль в существовании и выживании популяции грибов. Выявлено формирование биопленок на определенной стадии развития популяции. На ультратонких срезах через колонию трехслойные клеточные стенки вегетативных клеток имели толщину меньше, чем при культивировании на питательном субстрате. Научно обоснована и экспериментально подтверждена точка зрения, уже принятая учеными в определении «некультивируемой фазы» существования популяции микроорганизмов.

Ключевые слова: электронная микроскопия, *Candida albicans*, биопленки, некультивируемое состояние

Для цитирования: Павлова И.Б., Ленченко Е.М., Банникова Д.А., Грузнов Д.В. Сапрофитическое существование дрожжеподобных грибов *Candida albicans* (электронная микроскопия) // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 4 (48). С. 443–450. doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202304009
EDN: QUHAOI

Original article

SAPROPHYTIC EXISTENCE OF YEAST-LIKE FUNGI *CANDIDA ALBICANS* (ELECTRON MICROSCOPY)

Inna B. Pavlova¹, Ekaterina M. Lenchenko²,

Daria A. Bannikova³, Dmitry V. Gruznov⁴

^{1,3,4}All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – Branch of Federal Scientific Center – K. I. Skryabin, Ya. R. Kovalenko All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine, Russian Academy of Sciences, Moscow 123022, Russian Federation.

²Russian Biotechnological University, (BIOTECH University),
Moscow 125080, Russian Federation

¹ i.b.pavlova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7725-0943>

² lenchenko.ekaterina@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-2576-2020>

³ andreevna.07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4766-0183>

⁴ 7916442245@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6679-9466>

Abstract. The article presents the results of electron microscopic studies of the saprophytic phase of the development of yeast-like fungal populations *Candida albicans*. The morphology, ultrastructure and phases of development of the yeast-like fungal population were studied. The stages of adhesion and colonization of microorganisms during experimental contamination of stems of germinated oat grains, granulated feed and chicken egg shells were investigated. In addition to budding, there is a survival strategy in the form of blastospores, the structure of which is visible using a scanning electron microscope. The shape, size and localization of blastospores depended on the development cycle of the population. The morphology of pseudohyphae, which play an important role in the existence and survival of the fungal population, has been studied. The morphology of pseudohyphae, which play an important role in the existence and survival of the fungal population, has been studied. The formation of biofilms at a certain stage of population development was revealed. On ultrathin sections through the colony, the three-layer cell walls of vegetative cells had a thickness less than when cultivated on a nutrient substrate. The point of view already adopted by scientists in determining the «uncultivated phase» of the existence of a population of microorganisms has been scientifically substantiated and experimentally confirmed.

Keywords: electron microscopy, *Candida albicans*, biofilms, uncultivated state

For citation: Pavlova I.B., Lenchenko E.M., Bannikova D.A., Gruznov D.V. Saprophytic existence of yeast-like fungi *Candida albicans* (electron microscopy) // Russian Journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology». 2023. № 4 (48). P. 443–450 (In Russ.).

doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202304009

EDN: QUHAOI

Введение

Сапрофитизм патогенных микроорганизмов в различных экосистемах подвергался детальному исследованию еще в 1980-е годы, когда ученые выявляли так называемые некультивируемые формы, которые были жизнеспособными в естественной среде обитания [1, 7, 8]. В некультивируемой фазе существования патогенные микроорганизмы имеют определенные закономерности развития популяции, способствующие сохранению вида за счет изменения морфологических и биологических свойств [1, 4, 5]. Установлены факторы

влияния среды обитания на морфологические и биологические свойства дрожжеподобных грибов рода *Candida*, а также выявлены этапы развития биопленок [3, 6, 10, 11]. В настоящее время сапрофитическая фаза развития патогенных и условно-патогенных бактерий в различных экосистемах (вода, почва, растения, объекты окружающей среды) исследована достаточно полно [4, 7]. Вместе с тем механизмы и формы сапрофитизма и способы идентификации некультивируемых жизнеспособных микроорганизмов в межэпизоотические периоды изучены мало. В связи с этим для

оптимизации схемы микробиологических исследований, являющихся чрезвычайно длительными и ретроспективными, актуальна разработка ускоренных способов индикации биопленок и детекции некультивируемых жизнеспособных клеток.

Цель работы – изучить сапрофитическое существование дрожжеподобных грибов *C. albicans* на основе новых методологических подходов подготовки препаратов для сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии.

Материалы и методы

Для исследования использовали штамм *Candida albicans* № 138 из коллекции музея ВНИИВСГЭ. В качестве тест-объектов применяли: стебли пророщенных зерен овса, гранулированные комбикорма и скорлупу куриного яйца, предварительно обеззараженные от посторонней микрофлоры. Контаминацию проводили путем распыления культуры *C. albicans* на поверхности указанных объектов (взвесь микроорганизмов концентрацией 10^6 кл/мл). Культуры микроорганизмов культивировали в аэробных условиях при температуре 25...26 °C в течение 24...72 ч. Для сканирующей электронной микроскопии объекты фиксировали парами 25%-го (по ДВ) глутарового альдегида в течение 30 мин. Контрастирование проводили парами 1%-го тетроксид осмия в течение 5 мин. Обезвоживали парами пропиленоксида. Для просвечивающей электронной микроскопии колонии *C. albicans* выращивали на мембранных фильтрах. Фиксацию проводили аналогично подготовке к сканирующей электронной микроскопии с последующей промывкой буферным раствором, дегидратацией в серии этанолов концентрацией от 30 до 100%, заливкой эпоксидной смолой и выполнением ультратонкого среза непосредственно через колонии. Просмотр проводили на электронном микроскопе Hitachi-800 со сканирующей приставкой. Для статистического анализа результатов экспериментов применяли компьютерные программы Statgraphics Plus, Advanced Grapher (Alentum Software).

Результаты исследований и обсуждение

При исследовании в сканирующем электронном микроскопе пророщенных на стерильной почве зерен овса, контаминированных культурой микроорганизмов *C. albicans*, выявлены бласто-

споры в виде цепочек. Температура 25...26°C способствует формированию мелких форм – бластоспор, не видимых в световом микроскопе. Такие клетки обладают крайне низким метаболизмом. Следует отметить, что бластоспоры находились в ассоциации, нередко формируя псевдогифы, не имеющие перегородок на концевых участках. Размер бластоспор колебался от 1 до 3 мкм, а их число различалось в зависимости от места локализации, на поверхностях и между стеблями овса. Помимо бластоспор, наблюдали популяции вегетативных клеток округлой и овальной формы, также объединенные сравнительно тонким межклеточным матриксом в цепочки (рис. 1).

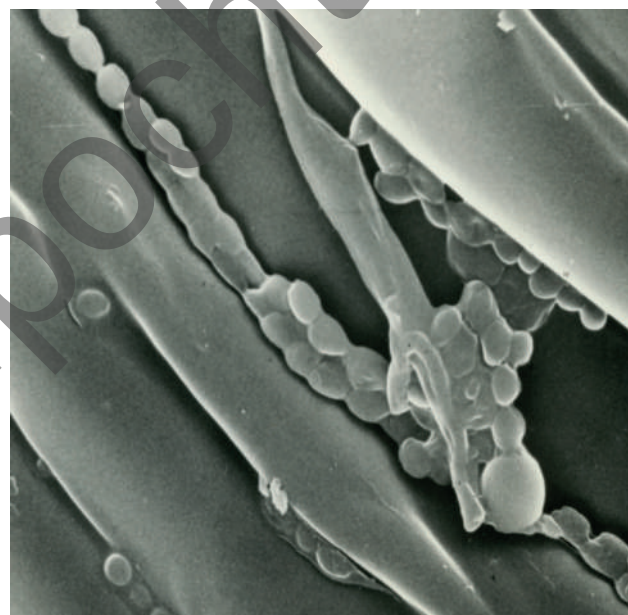


Рис. 1. Культура микроорганизмов *C. albicans* на поверхности пророщенных стеблей овса: адгезия микроорганизмов, объединенных межклеточным матриксом

Fig. 1. Culture of *C. albicans* microorganisms on the surface of germinated oat stalks: adhesion of microorganisms united by an intercellular matrix

Бластоспоры имеют плотную оболочку и содержат геном. Следует отметить, что в сапрофитической фазе они способны адгезироваться к поверхностям растительного субстрата за счет полисахаридного матрикса. Подобных спор образуется значительное число, что, возможно, имеет такую же закономерность, как *L*-формы у бактерий, которые не все выживают при неблагоприятных условиях, но 20...25% из них, сохранив полноценный геном, реверсируют в исходную форму. Это обеспечивает сохранение вида в неблагоприятных условиях. Степень выживаемости *C. albi-*

cans в значительной степени зависит от их существования в популяциях. Для *C. albicans* характерно бесполое размножение, осуществляющееся при участии эндогенных спор, с последующим созреванием внутри хламидиоспор и выходом их путем отпочковывания в различных участках кле-

ток гриба. На месте выхода на поверхности клеток остаются углубления различного размера и формы – следы отпочковывания бластоспор. Иногда процесс отпочковывания может проходить с образованием группы бластоспор, объединенных межклеточным матриксом (рис. 2).

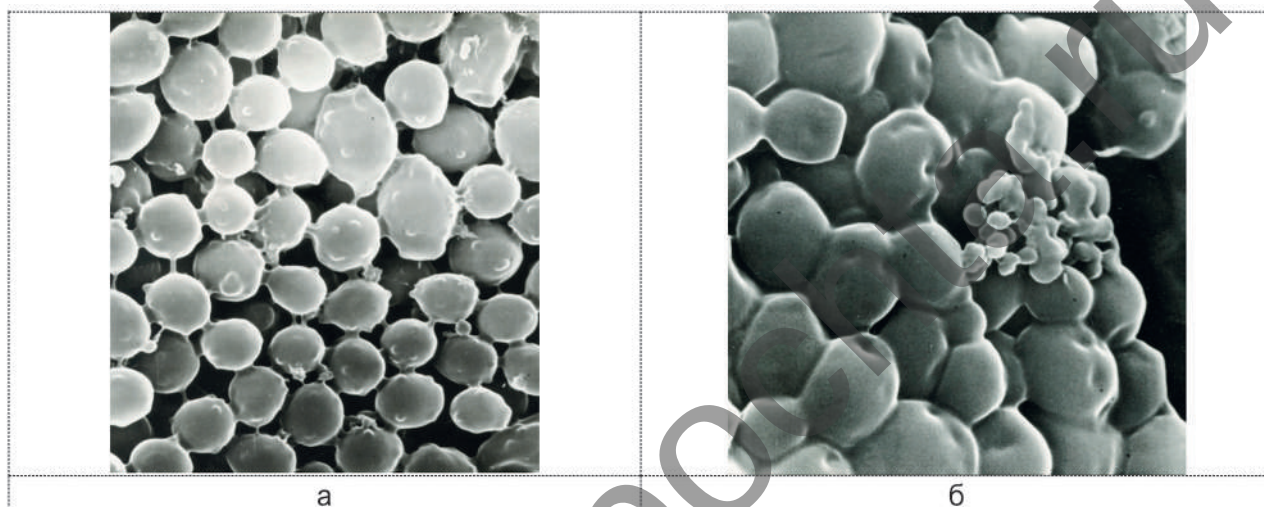


Рис. 2. Культура микроорганизмов *C. albicans* на поверхности пророщенных стеблей овса: **а** – вегетативные клетки, в процессе развития на поверхностях стеблей овса; **б** – отпочковывание отдельных бластоспор от вегетативных клеток

Fig. 2. Culture of *C. albicans* microorganisms on the surface of germinated oat stems: **a** – vegetative cells, in the process of development on the surfaces of oat stems; **b** – budding of individual blastospores from vegetative cells

Следует отметить, что в популяциях выявлено наличие экзогенного полисахаридного матрикса, покрывающего клетки мягким ворсинчатым слоем и участвующего в формировании псевдогифов. Биопленки, вовлеченные в образование экзополисахаридного матрикса, на концевых участках гифов могут содержать бластоспоры, которые выходят при разрушении псевдогифов и обнаруживаются среди вегетативных клеток. На поверхности скорлупы куриного яйца, контаминированной взвесью микроорганизмов *C. albicans*, отмечено формирование массивных биопленок. На поверхности зерен гранулированного комбикорма видны преимущественно вегетативные клетки, объединенные межклеточным матриксом (рис. 3).

При исследовании структуры *C. albicans* на ультратонких срезах через колонию было обнаружено, что трехслойные клеточные стенки имеют типичную структуру, толщина которых меньше, чем при культивировании на питательном субстрате. Это совпадает с данными исследователей, отметивших разницу в толщине при полном соответствии химического состава. Полагают, что

изменение морфологии клеток в зависимости от благоприятности внешних условий значительно влияет на уровень патогенности микроорганизмов в сапрофитической фазе существования. На толщину клеточной стенки влияет также температура, при которой происходил рост колоний. Считается, что истончение клеточной стенки происходит при полном сохранении химического состава каждого слоя. Кроме того, ученые полагают, что наличие в окружающей среде большого количества кислорода отрицательно влияет на степень патогенности микроорганизмов в сапрофитической фазе существования. Ассоциативная связь клеток свидетельствует о взаимодействии клеток в популяции. Клеточная стенка микроскопических грибов имела толщину 30...45 нм, что примерно в 10 раз превышает толщину клеточной стенки грамположительных бактерий, в частности, стафилококков. Наружный и внутренний слои клеточной стенки обладали повышенной электронно-оптической плотностью и имели толщину в пределах 3...5 нм. Между ними выявлялся осмиофобный слой толщиной 20...35 нм (рис. 4).

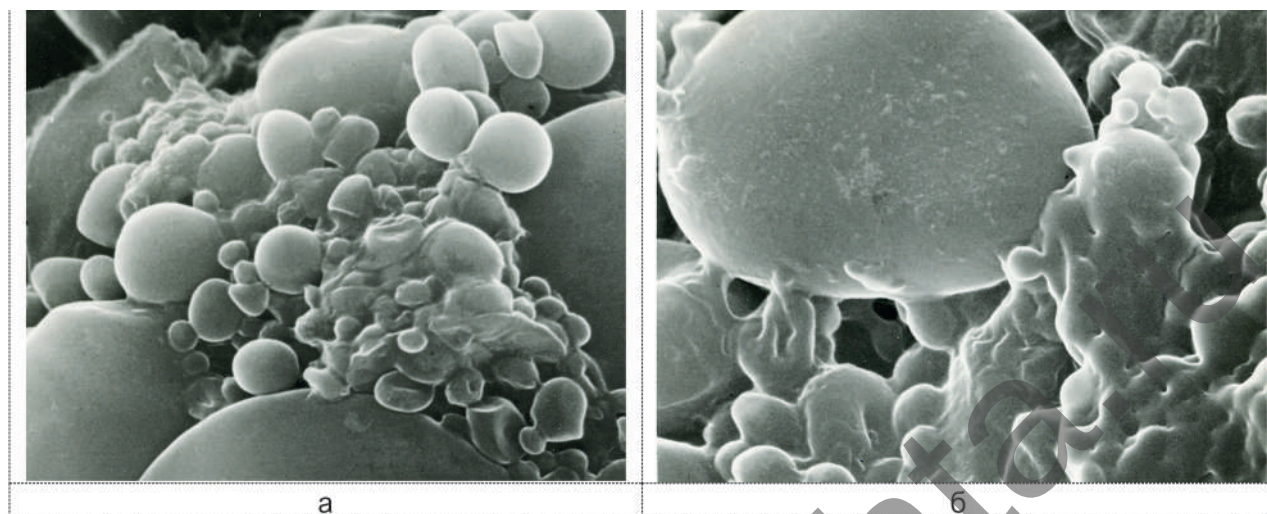


Рис. 3. Культура микроорганизмов *C. albicans* на поверхности стерильного комбикорма: **а** – вегетативные клетки в процессе развития; **б** – фрагмент зерна комбикорма, к которому адгезированы вегетативные клетки, объединенные биопленкой

Fig. 3. Culture of microorganisms *C. albicans* on the surface of sterile feed: **a** – vegetative cells in the process of development; **b** – a fragment of feed grain to which vegetative cells are adhered, united by a biofilm

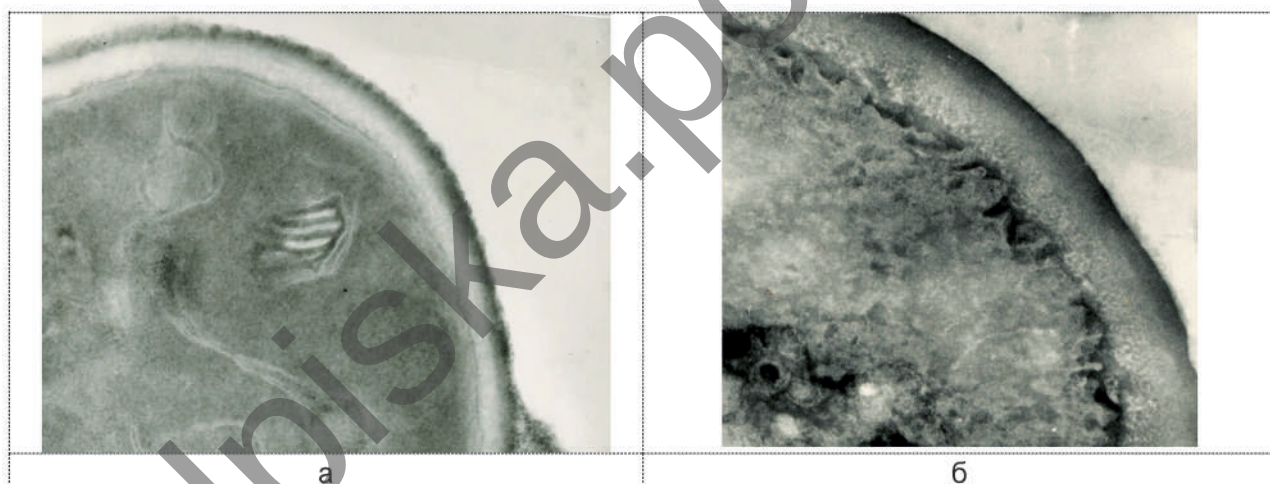


Рис. 4. Фрагменты клеточной стенки *C. albicans* (ультратонкий срез): **а** – клетка популяции, рост которой происходил при 25...25°C; **б** – клетка популяции, рост которой происходил при 37°C

Fig. 4. *C. albicans* cell wall fragments (ultrathin section): **a** – cell of the population, the growth of which occurred at 25...25°C; **b** – cell of the population, the growth of which occurred at 37°C

Биопленки имеют полисахаридную природу, содержание полисахаридов колеблется от 80 до 90%. Важно отметить, что морфологические и биологические изменения в условиях избытка кислорода в популяциях *C. albicans* не приводят к патогенности. Адгезия и фиксация базальных слоев дрожжевых форм с ранним развитием гиф и матрикса способствовали увеличению биомассы дрожжей, гиф, псевдогиф, межклеточного матрикса и гидратации за счет водных каналов [9, 12]. Транскрипционный контроль адгезии, обра-

зование биопленок, филаментация, популяционная изменчивость обуславливают вирулентность и защиту микроорганизмов от действия лекарственных и дезинфицирующих препаратов [3, 13...15]. Для получения выраженного эффекта по отношению к возбудителям инфекционных заболеваний I...IV групп устойчивости целесообразно использовать композиционные препараты с включением в их состав четвертичных аммониевых соединений и надуксусной кислоты [2]. Перспективными признаны фунгицидные препараты,

обеспечивающие регуляцию специфических компонентов передачи сигналов и дальнейшей транскрипции, ингибирующих рост гифов, влияющих на взаимодействие мРНК с малой рибосомальной субъединицей [14, 15].

Заключение

В своих исследованиях В.Н. Литвин и соавт. в 1988 г. отметили, что природные очаги инфекции – это естественные экосистемы, в которых обитают как условно-патогенные, так и патогенные микроорганизмы, включая микроскопические грибы. Существование в сапрофитической фазе определяет их как полноценных обитателей различных экосистем. Воздействие неблагоприятных условий в виде температурного фактора (25...26°C), и недостаток питательных веществ способствуют переходу в «режим адаптации», в котором снижены метаболические процессы, а также происходят морфологические и биологические изменения, обеспечивающие выживание популяции. Кроме того, установлено, что адаптационный механизм определяется нали-

чием у микроорганизмов сенсорного трансмембранного белка, передающего сигналы о параметрах окружающей среды на белок-регулятор экспрессии генов, который, в частности, определяет патогенность. С этими функциями генетического аппарата связаны адаптивные способности микроорганизмов в любой среде обитания. Все это обосновывает точку зрения, уже принятую учеными в определении «некультивируемой фазы» существования популяции микроорганизмов. Полученные данные будут способствовать пониманию закономерностей развития *C. albicans* для правильной диагностики и лечения заболеваний, вызываемых этими микроскопическими грибами в межэпидемические периоды.

Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием по теме: FGUG-2022-0008 «Научно обосновать и разработать новые методы, средства и технологии обеспечения устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства».

Регистрационный номер НИОКТР в ЦИТИС 122042700106-1.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас морфологии популяций патогенных бактерий / И.Б. Павлова, Е.М. Ленченко, Д.А. Банникова. Москва: Колос, 2007. 178 с.
2. Горяинова Г.М., Скрипникова А.С., Шалагинова А.Д., Гуненкова Н.К. Перспективы применения дезинфицирующих средств при проведении ветеринарно-санитарных мероприятий на объектах ветеринарного надзора // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2023. № 2 (46). С. 134–141. doi: 10.36871/vet_san.hyg.ecol.202302001 EDN: CLWIFR.
3. Ленченко Е.М., Сачивкина Н.П. Исследование биопленок и фенотипических признаков грибов рода *Candida* // Ветеринария сегодня. 2020;(2):132-138. DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-2-33-132-138>.
4. Ленченко Е.М., Павлова И.Б., Удавлев Д.И. Способы индикации некультивируемых жизнеспособных микроорганизмов при контроле критических точек технологии животноводства, птицеводства и пищевых производств // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2021. № 4 (40). С. 441–447. doi: 10.36871/vet_san.hyg.ecol.202104010.
5. Павлова И.Б. Закономерности развития популяций бактерий в окружающей среде: Электронно-микроскопическое исследование: Автореф. дис... д-ра биол. наук. М., 1999. 46 с.
6. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. М.: Мир, 2001.
7. Сомов Г.П., Литвин В.Ю. Сапрофитизм и паразитизм патогенных бактерий. Экологические аспекты. Новосибирск: Наука, 1988. 206 с.
8. Andryukov B.G., Karpenko A.A., Lyapun I.N. et al. Bacterial Spores: Mechanisms of Stability and Targets for Modern Biotechnologies. Biomed J Sci & Tech Res. 2019;20(5):15329-15344. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.20.003500>.
9. Carreiro A.P., Guedes S.F., Panariello B.H. et al. Farnesol Anti-biofilm Activity against *Candida albicans* Reference and Mutant Strains // «Microbiology Research Journal International». 2017. № 22 (6). P. 1-7. DOI: 10.9734/MRJI/2017/39345.
10. Chandra J., Kuhn, D.M., Mukherjee P.K. et al. Biofilm formation by the fungal pathogen *Candida albicans*: development, architecture, and drug resistance // Journal of bacteriology. 2001. 183 (18) 5385–5394. <http://dx.doi.org/10.1128/jb.183.18.5385-5394.2001>.

11. Dadgar A. Comparison of methods for DNA extraction from *Candida albicans* // Medical Biochemistry and Microbiology. 2006. 16 p.
12. Egbe N.E., Dornelles T.O., Paget C.M. et al. Farnesol inhibits translation to limit growth and filamentation in *C. albicans* and *S. cerevisiae* // Microbial cell. 2017. № 9 (4). P. 294-304. DOI:10.15698/mic2017.09.589.
13. Mosel D.D., Dumitru R., Hornby M.J. et al. Farnesol concentrations required to block germ tube formation in *Candida albicans* in the presence and absence of serum // Applied and environmental microbiology. 2005. № 71 (8). P. 4938-4940. // DOI:10.1128/AEM.71.8.4938-4940.2005.
14. Ramage G., Saville S.P., Wickes B.L., & López-Ribot J.L. Inhibition of *Candida albicans* biofilm formation by farnesol, a quorum-sensing molecule // Applied and environmental microbiology. 2002. № 68 (11). doi:10.1128/aem.68.11.5459-5463.2002.
15. Sachivkina N., Lenchenko E., Blumenkrants D. et al. Effects of farnesol and lyticase on the formation of *Candida albicans* biofilm // Veterinary World. 2020. № 13 (6). P. 1030-1036. DOI: www.doi.org/10.14202/vet-world.2020.1030-1036.

REFERENCES

1. Atlas morfologii populyaczij patogenny'kx bakterij / I.B. Pavlova, E.M. Lenchenko, D.A. Bannikova. Moskva: Kolos, 2007. 178 s.
2. Goryainova G.M., Skripnikova A.S., SHalaginova A.D., Gunenkova N.K. Perspektivy' primeneniya dezinficiruyushhih sredstv pri provedenii veterinarno-sanitarny'kx meropriyatij na ob'ektakh veterinarnogo nadzora // Rossijskij zhurnal «Problemy' veterinarnoj sanitarii, gigieny' i e'kologii». 2023. № 2 (46). S. 134–141. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202302001 EDN: CLWI'FR.
3. Lenchenko E.M., Sachivkina N.P. Issledovanie bioplenok i fenotipicheskikh priznakov gribov roda *Candida* // Veterinariya segodnya. 2020;(2):132-138. DOI: https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-2-33-132-138.
4. Lenchenko E.M., Pavlova I.B., Udavliev D.I. Sposoby' indikaczii nekul'tiviruemy'kx zhiznesposobny'kx mikroorganizmov pri kontrole kriticheskikh toчек tekhnologii zhivotno-vodstva, pticzevodstva i pishhevy'kx proizvodstv // Rossijskij zhurnal «Problemy' veterinarnoj sanitarii, gigieny' i e'kologii». 2021. № 4 (40). S. 441–447. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202104010.
5. Pavlova I.B. Zakonomernosti razvitiya populyaczij bakterij v okruzhayushhej srede: E'lek-tronno-mikroskopicheskoe issledovanie: Avtoref. dis... d-ra biol. nauk. M., 1999. 46 s.
6. Satton D., Fotergill A., Rinal'di M. Opredelitel' patogenny'kx i uslovno-patogenny'kx gribov. M.: Mir, 2001.
7. Somov G.P., Litvin V.Yu. Saprofitizm i parazitizm patogenny'kx bakterij. E'kologicheskie aspekty'. Novosibirsk: Nauka, 1988. 206 s.
8. Andryukov B.G., Karpenko A.A., Lyapun I.N. et al. Bacterial Spores: Mechanisms of Stability and Targets for Modern Biotechnologies. Biomed J Sci & Tech Res. 2019;20(5):15329-15344. https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.20.003500.
9. Carreiro A.P., Guedes S.F., Panariello B.H. et al. Farnesol Anti-biofilm Activity against *Candida albicans* Reference and Mutant Strains // «Microbiology Research Journal International». 2017. № 22 (6). P. 1-7. DOI: 10.9734/MRJI/2017/39345.
10. Chandra J., Kuhn D.M., Mukherjee P.K. et al. Biofilm formation by the fungal pathogen *Candida albicans*: development, architecture, and drug resistance // Journal of bacteriology. 2001. 183 (18) 5385–5394. http://dx.doi.org/10.1128/jb.183.18.5385-5394.2001.
11. Dadgar A. Comparison of methods for DNA extraction from *Candida albicans* // Medical Biochemistry and Microbiology. 2006. 16 p.
12. Egbe N.E., Dornelles T.O., Paget C.M. et al. Farnesol inhibits translation to limit growth and filamentation in *C. albicans* and *S. cerevisiae* // Microbial cell. 2017. № 9 (4). P. 294-304. DOI:10.15698/mic2017.09.589.
13. Mosel D.D., Dumitru R., Hornby M.J. et al. Farnesol concentrations required to block germ tube formation in *Candida albicans* in the presence and absence of serum // Applied and environmental microbiology. 2005. № 71 (8). P. 4938-4940. // DOI:10.1128/AEM.71.8.4938-4940.2005.
14. Ramage G., Saville S.P., Wickes B.L., & López-Ribot J.L. Inhibition of *Candida albicans* bio-film formation by farnesol, a quorum-sensing molecule // Applied and environmental microbiology. 2002. № 68 (11). doi:10.1128/aem.68.11.5459-5463.2002.
15. Sachivkina N., Lenchenko E., Blumenkrants D. et al. Effects of farnesol and lyticase on the formation of *Candida albicans* biofilm // Veterinary World. 2020. № 13 (6). P. 1030-1036. DOI: www.doi.org/10.14202/vet-world.2020.1030-1036.

Информация об авторах

Павлова И.Б. – д-р биол. наук, проф., научный консультант.
Ленченко Е.М. – д-р вет. наук, проф., профессор кафедры.
Банникова Д.А. – канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник.
Грузнов Д.В. – канд. вет. наук, старший научный сотрудник.

Information about the authors

Pavlova I.B. – Dr. Biol. Sci., Prof., Scientific adviser.
Lenchenko E.M. – Dr. Vet. Sci., Prof., Department professor.
Bannikova D.A. – Cand. Vet. Sci., leading researcher.
Gruznov D.V. – Cand. Vet. Sci., senior researcher.

Вклад авторов

Павлова И.Б. – введение, постановка цели работы, написание статьи, заключение.
Ленченко Е.М. – введение, постановка цели работы, проведение экспериментов, написание статьи.
Банникова Д.А. – анализ данных литературы для обсуждения результатов.
Грузнов Д.В. – компьютерная обработка сканограмм и электронограмм.

Contribution of the authors

Pavlova I.B. – introduction, setting the goal of the work, writing an article, conclusion.
Lenchenko E.M. – introduction, setting the goal of the work, conducting experiments, writing an article.
Bannikova D.A. – analysis of literature data to discuss the results.
Gruznov D.V. – computer processing of scans and electronic grams.

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

Статья поступила в редакцию 29.05.2023. одобрена после рецензирования 20.06.2023. Дата опубликования 01.12.2023.

The article was submitted 29.05.2023. approved after reviewing 20.06.2023. Date of publication 01.12.2023.