









DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-1-51-60


EDN: AMXNZZ

УДК 619:618+619:616.9

Научная статья / Research article

Устойчивость к противомикробным препаратам возбудителей маститов крупного рогатого скота

Г.М. Фирсов  , А.А. Ряднов , Т.А. Ряднова ,
З.Ч. Морозова , О.В. Будтуев 

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация
 firsovgm@yandex.ru

Аннотация. Воспаление молочной железы — мастит — могут вызвать различные причины как физического, так и микробиологического характера. Мастит влияет на физическое и технологическое качество молока, на рост экономических затрат и увеличение себестоимости продукции, особенно за счет применяемых противомикробных препаратов. Цель исследования — изучение антибактериальной резистентности (АР) микроорганизмов, выделенных из секрета вымени коров. Исследования проводили в Октябрьском и Камышинском районах Волгоградской области в период с 2019 по 2023 гг. Обследовали 1206 образцов молока от коров голштино-фризской породы возраста 4...7 лет. Пробы исследовали стандартными микробиологическими методами. Анализ на чувствительность к противомикробным препаратам проводили на агаре Мюллера — Хинтона в модифицированном диско-диффузном методе Кирби — Бауэра. По результатам микробиологических исследований установлен микробный рост и дифференцированы 984 культуры *S. aureus*, *Str. agalactiae*, *Str. uberis*, *E. coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pasteurella multocida*, *Trueperella pyogenes* и *Mycoplasma spp.* Отмечена множественная устойчивость к изучаемым антимикробным препаратам, так у *E. coli* ко всем 9, *Pseudomonas aeruginosa* к 8, *Mycoplasma spp.* к 7, *S. aureus*, *Str. agalactiae*, *Str. uberis*, *Klebsiella spp.*, *Pasteurella multocida* к 6, *Trueperella pyogenes* к одному. Постоянный мониторинг АР возбудителей маститов КРС способствует более эффективному подбору терапии клинических маститов.

Ключевые слова: голштино-фризская порода, количественное распределение, корова, экономический ущерб, терапия клинических маститов

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам Октябрьской и Камышинской РайСББЖ Волгоградской области и всем сотрудникам кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, заразных болезней и морфологии Волгоградского государственного аграрного университета за помощь в проведении исследований.

История статьи: поступила в редакцию 11 ноября 2023 г., принята к публикации 11 декабря 2023 г.






© Фирсов Г.М., Ряднов А.А., Ряднова Т.А., Морозова З.Ч., Будтуев О.В., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Фирсов Г.М., Ряднов А.А., Ряднова Т.А., Морозова З.Ч., Будтуев О.В. Устойчивость к противомикробным препаратам возбудителей маститов крупного рогатого скота // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 1. С. 51–60. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-1-51-60

Antimicrobial resistance of bovine mastitis pathogens

Grigory M. Firsov ✉, Aleksey A. Ryadnov , Tamara A. Ryadnova ,
Zoya C. Morozova , Oleg V. Budtuev 

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation
✉ firsovgm@yandex.ru

Abstract. Inflammation of mammary gland — mastitis — can be caused by various reasons, both physical and microbiological. Mastitis affects physical and technological quality of milk, growth of economic costs and increase in milk production cost, especially due to the use of antimicrobial drugs. The purpose of the research was to study antibacterial resistance of mastitis pathogens in cattle. The studies were carried out in the Oktyabrsky and Kamyshinsky districts, Volgograd region in 2019–2023. 1206 milk samples from Holstein-Friesian cows aged 4–7 years were examined using standard microbiological methods. Antimicrobial susceptibility testing was performed on Mueller — Hinton agar using a modified Kirby — Bauer disc diffusion method. Based on the results of microbiological studies, microbial growth of 984 cultures (*S. aureus*, *Str. agalactiae*, *Str. uberis*, *E. coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pasteurella multocida*, *Trueperella pyogenes* and *Mycoplasma spp.*) was identified. In the study, multiple resistance to the studied antimicrobial drugs was noted, for example, *E. coli* had resistance to all 9 drugs; *Pseudomonas aeruginosa* — to 8; *Mycoplasma spp.* — to 7; *S. aureus*, *Str. agalactiae*, *Str. uberis*, *Klebsiella spp.* and *Pasteurella multocida* — to 6; *Trueperella pyogenes* to 1 drug. Constant monitoring of resistance of bovine mastitis pathogens to antimicrobial agents contributes to a more effective selection of therapy for clinical mastitis.

Keywords: Holstein-Friesian breed, quantitative distribution, cow, economic damage, therapy of clinical mastitis

Conflicts of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to the staff of the Oktyabrsky and Kamyshinsky District Regional Stations for the Control of Animal Diseases in the Volgograd Region, and to the staff of Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology of Volgograd State Agrarian University for their help in conducting research.

Article history: Received: 11 November 2023. Accepted: 11 December 2023.

For citation: Firsov GM, Ryadnov AA, Ryadnova TA, Morozova ZC, Budtuev OV. Antimicrobial resistance of bovine mastitis pathogens. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(1):51–60. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-1-51-60

Введение

Мастит — воспаление вымени (молочной железы) под влиянием различных причин воздействия как физического, так и микробиологического характера [1–7]. Мастит влияет на количество производимого молока, его физическое и технологическое качество, что приводит к существенному росту экономических затрат

и снижает экономическую эффективность производства. Заболевание маститом часто встречается в молочном животноводстве во всем мире, его терапия является самой дорогостоящей и наиболее финансово затратной в большей степени по причине широкого использования противомикробных препаратов [1–7].

К патогенным возбудителям мастита относят патогенные стафилококки (например *S. aureus*), патогенные стрептококки (такие, как *Str. agalactiae*) и микоплазмы (*Mycoplasma spp.*), однако такие как кишечная палочка (*E. coli*), стрептококки (*S. dysgalactiae*, *Str. pyogenes*, *Str. uberis*), клебсиеллы (*Klebsiella spp.*), псевдомона (*Pseudomonas aeruginosa*) и гноеродные факультативные анаэробные бактерии *Trueperella pyogenes* являются условно-патогенными [8].

Использование антимикробных препаратов, в частности антибиотиков — наиболее широко используемый метод терапии маститов и снижения их распространения у коров. Но тяжелым побочным эффектом несоблюдения правил использования антибиотиков при лечении инфекций (в т. ч. маститов) является приобретение микроорганизмами устойчивости к этим препаратам. Особенно актуально это при широком неконтролируемом применении антибиотиков, в частности без микробиологического контроля чувствительности возбудителей [1–12]. Исследования антимикробной чувствительности возбудителей мастита для контроля за заболеванием необходимы и чрезвычайно актуальны. Возникновение устойчивости возбудителей, вызывающих маститы у крупного рогатого скота (КРС), негативно сказывается на контроле эффективности терапии этого заболевания, т. е. исследование устойчивости к противомикробным препаратам (УПП) непосредственно влияет на эффективность проводимой терапии. Нужно учитывать, что уровни проявления антимикробной устойчивости изменяются со временем, переоцениваются практически ежегодно для актуализации информации об изменении уровней УПП [7].

Цель исследования — изучение антибактериальной резистентности микроорганизмов, выделенных из секрета вымени коров.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в Октябрьском и Камышинском районах Волгоградской области с 2019 по 2023 гг. За этот период обследовали 1206 образцов молока на наличие в нем возбудителей мастита с их идентификацией до родов и видов. Все пробы получили от коров голштино-фризской породы возраста 4–7 лет. У всех коров предварительно был поставлен диагноз «клинический мастит» по результатам клинического и лабораторного исследований. До момента забора проб животным не проводили терапию антимикробными препаратами. Все отобранные образцы помещали в стерильные пробирки и по холодной цепи направляли в лабораторию кафедры для дальнейшего исследования.

Все отобранные пробы исследовали стандартными микробиологическими методами. Для исследования бактериальных культур отбирали образец объемом 50 мкл, который наносили штрихами в стерильные полимерные чашки Петри с Колумбийским агаром, агаром МакКонки («Биомедиа», Россия) и агаром Левина с метилено-

вым синим и эозином (НПО «Питательные среды», Россия). Чашки распределили на серии, одну подвергали инкубации при аэробных условиях, другую в анаэробной станции YU-M (Китай) в атмосфере 10 % CO₂ при 37 °С 48–72 часа. Для идентификации грампозитивных и грамотригативных бактерий и дрожжей использовали наборы RapID™ (BioVitrum, Россия) и API® (ООО «биоМерье Рус», Россия).

Стрептококки (*Streptococcus spp.*) и коринебактерии (*Corynebacterium spp.*) идентифицировали по их морфологическим характеристикам, тинкториальным свойствам при окраске по Граму, исследованием при прямой световой микроскопии с использованием микроскопа Биоптик С-400 (Биомед, Россия) и по их ферментационным (биохимическим) свойствам.

Микоплазм выделяли на агаре PPLO (HiMedia Laboratories, Индия), на котором производили посев по 50 мкл проб молока и проводили анаэробную инкубацию при 37 °С в атмосфере с 10 % CO₂ в течение недели. Идентификацию до рода микроорганизмов проводили, изучая на чашках характер колоний с помощью стереомикроскопа Olympus-SZ61 (Япония).

Для анализа на чувствительность к противомикробным препаратам использовали агар Мюллера — Хинтона («Биомедиа», Россия) в модифицированном диско-диффузном методе Кирби — Бауэра [13, 14].

Для проведения тестов использовали картриджи с тест-дисками противомикробных препаратов Bioanalyse (Турция). В тестировании испытали тест-диски со следующими антимикробными препаратами: пенициллины — ампициллин, пенициллин, пенициллины в комбинациях — амоксициллин+клавулановая кислота (амоксиклав), тетрациклины — тетрациклин, окситетрациклин, аминогликозиды — гентамицин, цефалоспорины — цефалексин, цефтиофул, комбинированные сульфаниламиды — ко-тримоксазол (сульфаметоксазол+триметоприм). В качестве контроля за исследованием *in vitro* применяли микробные штаммы эталонных культур *E. coli* (ATCC 25922) и *S. aureus* (ATCC 25923).

Для статистического анализа данных использовали программу Biostat LE for Excel® (AnalistSoft, Россия).

Результаты исследования и обсуждение

Независимо от формы течения болезни (клинической или субклинической) мастит у коров наносит большой экономический ущерб. Это сложное и в большинстве своем инфекционной природы заболевание вымени у КРС, ведущее к снижению качества молока и надоев. С учетом спроса на молоко в мире и вопросов импортозамещения продовольственных товаров экономический ущерб может быть значительным. Например, М.В. Корнелаева, Г.Г. Карликова отмечают большее влияние мастита на уровень удоя коров, нежели влияние других заболеваний [14]. N. Wang и др. указывают на огромный экономический ущерб от мастита [15]. Для адекватности ведения терапевтического воздействия необходимо выбирать соответствующий противомикробный препарат для контроля за заболеванием и предотвращения дальнейшего развития микробной устойчивости

возбудителей мастита у коров. Были изучены свойства штаммов возбудителей бактериальной природы, выделенных из проб молока коров с установленным диагнозом «клинический мастит».

К получению отрицательных результатов бактериологического исследования могут приводить факторы низкой концентрации микроорганизмов, недостаточный уровень квалификации при выполнении лабораторного исследования, недостаточное время экспозиции микробиологических проб и т.д. Согласно С.А. Макавчик на ложно негативные результаты бактериологического исследования может оказывать влияние бактериостатическая и бактериолитическая активность молока или молозива за счет биологически активных компонентов (лизозим, лейкоциты и др.) [16]. Инфицирование бактериями происходит не всегда. Многие авторы утверждают, что причинами мастита могут быть вирусы, грибки, дрожжи [10, 11]. Как отмечают О.Т. Экхорутомвен, Г.Ф. Медведев мастит у коров может быть ответом на факторы травматического или токсического происхождения [4]. Мы не наблюдали роста микробных культур в 222 пробах из 1206 обследованных, что составило 18,41 %. Турецкие исследователи О. Ardicli, S.K. Demirbilek, K.T. Carli показали сопоставимые результаты — 18,36 % [9]. Количественное распределение выделенных микроорганизмов по годам отображено на рис. 1.

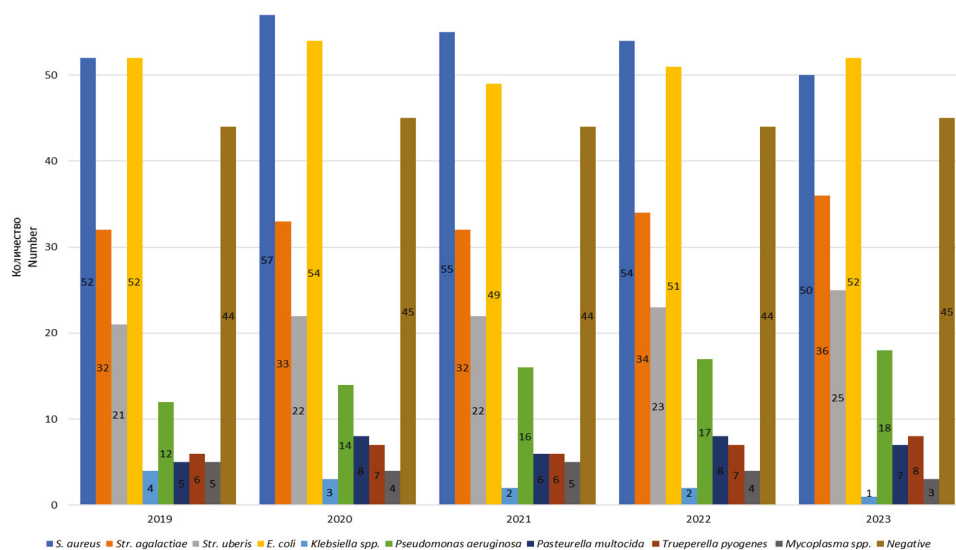


Рис. 1. Количественное распределение выделенных микроорганизмов по годам

Источник: сделано авторами

Fig. 1. Quantitative distribution of isolated microorganisms by years

Source: created by the authors

В результате проведенных микробиологических исследований установлен микробный рост и дифференцированы 984 культуры, из которых основную массу составили *S. aureus* и *E. coli* по 268 (22,22 %) и 258 (21,39 %) изолятов соответственно. Не менее значимые

показатели были получены и для стрептококков *Str. agalactiae* — 167 (13,85 %) и *Str. uberis* — 113 (9,37 %). Распределение других возбудителей маститов КРС было следующим. Из условно патогенных микроорганизмов свою долю заняли *Pseudomonas aeruginosa* 77 (6,38 %), *Pasteurella multocida* 34 (2,82 %), *Trueperella pyogenes* 34 (2,82 %) и *Klebsiella spp.* 12 (1 %). Представители рода микоплазм *Mycoplasma spp.* были зарегистрированы в 21 случае (1,74 %). Все эти возбудители встречались в форме моноинфекций — 22 % и смешанных инфекций — 78 %. Особенно это было характерно для стрептококков *Str. agalactiae* и *Str. uberis*. Однако, П.А. Руденко, А.А. Руденко, Ю.А. Ватников отмечают наличие микробных ассоциаций среди возбудителей мастита у коров от 2 до 7 возбудителей [17]. Количественное распределение устойчивых изолятов за пятилетний период показано на рис. 2. Необходимо отметить, что количество выделенных проб *E. coli* уменьшилось с 57 в 2020 г. до 50 в 2023 г., т.е. на 12,28 %, *S. aureus* с 54 в 2020 г. до 51 в 2022 г. соответственно на 5,88 %. Аналогичное снижение количества положительных результатов отмечается и у *Klebsiella spp.* с 4 в 2019 г. и до 1 в 2023 г., хотя тенденция более выражена и достигает 400 %. У *Mycoplasma spp.* эти показатели отмечаются на уровне 5 в 2019 и 2021 гг., снижаясь до 3 в 2023 г., соответственно на 60 %. Было бы справедливо отметить, что на этих возбудителей оказывают воздействие как факторы внешней среды (характер содержания, особенности соблюдения гигиены, практика доения, особенности профилактических мероприятий и т.д.), так и состояние внутренней среды организма коров (защитные факторы иммунитета, гормональный фон и т.д.). Это отмечается как российскими исследованиями [7, 10], так и зарубежными [8, 9].

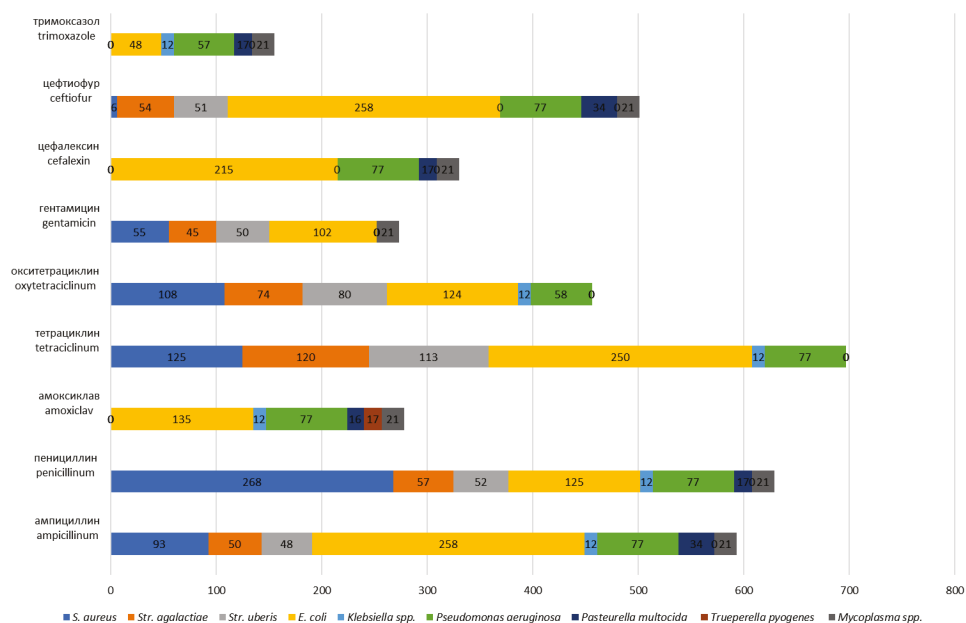


Рис. 2. Количественное распределение устойчивых изолятов выделенных микроорганизмов (за 5 лет)

Источник: сделано авторами

Fig. 2. Quantitative distribution of resistant isolates of the microorganisms (for 5 years)

Source: created by the authors

Необходимо подчеркнуть, что исследование УПП возбудителей помимо их выделения и идентификации — основа противомикробной терапии при клинических маститах, что позволяет выбрать адекватные и доступные средства терапии клинического мастита.

При проведении исследований устойчивости к противомикробным препаратам было выявлено 100 % устойчивости *E. coli* к препаратам ампициллин и цефтиофур, *Pseudomonas aeruginosa* — к ампициллину, пенициллину, амоксицилаву, цефалексину и цефтиофуру, *Pasteurella multocida* — ампициллину и цефтиофуру, *Mycoplasma spp.* — ампициллину, пенициллину, амоксицилаву, гентамицину, цефалексину, цефтиофуру и тримоксазолу, *Str. uberis* к тетрациклину и *S. aureus* к пенициллину. Устойчивость к противомикробным препаратам более чем у 40 % штаммов установлено у *S. aureus* к тетрациклину (46,64 %) и окситетрациклину (40,3 %), *Str. agalactiae* к тетрациклину (71,86 %) и окситетрациклину (40,31 %), *Str. uberis* к окситетрациклину (70,8 %), ампициллину (42,48 %), пенициллину (46,02 %), цефтиофуру (45,13 %) и гентамицину (44,25 %). *E. coli* показала высокую устойчивость к тетрациклину (96,9 %), цефалексину (83,33 %), пенициллину (48,45 %), окситетрациклину (48,06 %) и гентамицину (39,53 %), *Pseudomonas aeruginosa* (74,03 %) к тримоксазолу, *Pasteurella multocida* к пенициллину и тримоксазолу (по 50 %) и амоксицилаву (47,6 %), *Trueperella pyogenes* (50 %) к амоксицилаву. Кроме того, наблюдалась умеренная устойчивость *S. aureus* к ампициллину (34,7 %), гентамицину (20,52 %), цефтиофуру (2,24 %), *Str. agalactiae* к пенициллину (34,13 %), цефтиофуру (32,34 %), ампициллину (29,94 %), гентамицину (26,95 %), *E. coli* к гентамицину (39,53 %) и тримоксазолу (18,6 %).

В ходе исследования мы отметили множественную устойчивость к изучаемым антимикробным препаратам, так у *E. coli* ко всем 9, *Pseudomonas aeruginosa* к 8, *Mycoplasma spp.* к 7, *S. aureus*, *Str. agalactiae*, *Str. uberis*, *Klebsiella spp.*, *Pasteurella multocida* к 6, *Trueperella pyogenes* к одному препарату. O. Ardicli, S.K. Demirbilek, K.T. Carli отмечают похожие результаты при исследовании микробной чувствительности с 10 антимикробными препаратами [9]. Благодаря результатам исследований можно констатировать: устойчивость к антимикробным препаратам является значительной проблемой при терапии клинического мастита у коров. Наибольшую роль, по нашему мнению, играет не антимикробная резистентность к конкретным препаратам, а их доступность и относительная дешевизна в ветеринарной практике.

Заключение

Мы провели микробиологическое исследование на наличие возбудителей клинического мастита у коров и определение их устойчивости к противомикробным препаратам. Наиболее часто выделялись грам-негативные кокки — *S. aureus*, *Str. agalactiae*, *Str. uberis* и грам-негативные палочки — *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*. Менее часто встречались грам-негативная *Pasteurella multocida* и *Klebsiella spp.* и грам-позитивная *Trueperella pyogenes*. Также были выделены культуры *Mycoplasma spp.*, *S. aureus* по нашим наблюдениям проявил высокую устойчивость к тетрацикли-

нам. *E. coli* проявила лекарственную устойчивость к тетрациклинам (тетрациклин) и цефалоспорином (цефалексин, цефтиофул). Вызывает тревогу повышение лекарственной устойчивости, особенно к препаратам, широко используемым и рекомендуемым при лечении клинических маститов. Таким образом, постоянный мониторинг устойчивости к противомикробным препаратам возбудителей маститов КРС способствует более эффективному подбору терапии клинических маститов.

Список литературы

1. *Fredebeul-Krein F., Schmenger A., Wente N., Zhang Y., Krömker V.* Factors associated with the severity of clinical mastitis // *Pathogens*. 2022. Vol. 11. № 10. P. 1089. doi: 10.3390/pathogens11101089
2. *Puerto M.A., Shepley E., Cue R.I., Warner D., Dubuc J., Vasseur E.* The hidden cost of disease: I. Impact of the first incidence of mastitis on production and economic indicators of primiparous dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2021. Vol. 104. № 7. pp. 7932–7943. doi: 10.3168/jds.2020-19584
3. *Ладанова М.А., Джавадов Э.Д., Племяшов К.В., Стекольников А.А., Новикова О.Б.* Современный взгляд на этиологию, патогенез и диагностику мастита у коров // *Международный вестник ветеринарии*. 2021. № 4. С. 29–34. doi: 10.52419/issn2072-2419.2021.4.29
4. *Эхорутмовен О.Т., Медведев Г.Ф.* Видовой состав микроорганизмов и их чувствительность к антибиотическим препаратам при маститах у коров // *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2022. № 1. С. 28–33.
5. *Lavaee M., Eidi S., Khoramian B.* High prevalence of *Prototheca* spp. and isolation of fungal species in milk samples from cows suffering from mastitis in Mashhad city, northeast Iran // *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 2019. Vol. 11. № 2. pp. 21–26. doi: 10.22067/veterinary.v11i2.81838
6. *Kurt S., Eşki F.* Pathogen isolation and antibiogram analysis in dairy cows with clinical mastitis in Adana region, Turkey // *Etilik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*. 2021. Vol. 32. № 1. pp. 20–26. doi: 10.35864/evmd.906990
7. *Фирсов Г.М., Ряднов А.А., Морозова З.Ч., Ряднова Т.А., Фирсова Ю.Г., Резяпкина Е.А., Нустратова М.В.* Взаимосвязь между количеством соматических клеток и патогенных микроорганизмов в коровьем молоке // *Аграрная Россия*. 2023. № 7. С. 31–35. doi: 10.30906/1999-5636-2023-7-31-35
8. *Kanwar R., Aslam M.A., Zulqurnain H., Qadeer A., Ali S., Nayab S., Mustafa S.* Bacteriophages and Their Endolysin: An Alternative Therapeutic Approach for Bovine Mastitis // *Biology Bulletin Reviews*. 2023. Vol. 13. № 4. Pp. 326–335. doi: 10.1134/S2079086423040059
9. *Ardicli O., Demirbilek S.K., Carli K.T.* Pathogens isolated from bovine clinical mastitis and their antimicrobial resistance // *Medycyna Weterynaryjna*. 2022. Vol. 78. № 1. pp. 19–24. doi: 10.21521/mw.6606
10. *Rudenko P., Sachivkina N., Vatnikov Y., Shabunin S., Engashev S., Kontsevaya S., Karamyan A., Bokov D., Kuznetsova O., Vasilieva E.* Role of microorganisms isolated from cows with mastitis in Moscow region in biofilm formation // *Veterinary World*. 2021. Vol. 14. No. 1. pp. 40–48. doi: 10.14202/vetworld.2021.40-48
11. *Morales-Ubaldo A.L., Rivero-Perez N., Valladares-Carranza B., Velázquez-Ordoñez V., Delgadillo-Ruiz L., Zaragoza-Bastida A.* Bovine mastitis, a worldwide impact disease: Prevalence, antimicrobial resistance, and viable alternative approaches // *Veterinary and Animal Science*. 2023. Vol. 21. P. 100306. doi: 10.1016/j.vas.2023.100306
12. CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals. 5th ed. CLSI supplement VET01 Clinical and Laboratory Standards Institute; Pennsylvania, USA. 2018. 19 p.
13. *Tommasoni C., Fiore E., Lisuzzo A., Gianesella M.* Mastitis in Dairy Cattle: On-Farm Diagnostics and Future Perspectives // *Animals*. 2023. Vol. 13. № 15. P. 2538. doi: 10.3390/ani13152538
14. *Карликова Г.Г., Корнелаева М.В.* Воспроизводительные способности и молочная продуктивность коров в зависимости от физиологического статуса в период лактации // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2022. Т. 17. № 4. С. 484–498. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-484-498
15. *Wang N., Zhou C., Basang W., Zhu Y., Wang X., Li C., Chen L., Zhou X.* Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cow: A review // *Reproduction in Domestic Animals*. 2021. Vol. 56. No. 9. P. 1165–1175. doi: 10.1111/rda.13953
16. *Макавичик С.А.* Эффективность определения *Mycoplasma bovis* в молоке коров при маститах с использованием полимеразной цепной реакции в режиме реального времени на микрочипе с лиофилизированными тест-системами // *Международный вестник ветеринарии*. 2019. № 2. С. 11–16.

17. Руденко П.А., Руденко А.А., Ватников Ю.А. Микробный пейзаж при маститах у коров // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. № 2 (50). С. 172–179. doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-172-179

References

1. Fredebeul-Krein F, Schmenger A, Wente N, Zhang Y, Krömker V. Factors associated with the severity of clinical mastitis. *Pathogens*. 2022;11(10):1089. doi: 10.3390/pathogens11101089
2. Puerto MA, Shepley E, Cue RI, Warner D, Dubuc J, Vasseur E. The hidden cost of disease: I. Impact of the first incidence of mastitis on production and economic indicators of primiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021;104(7):7932–7943. doi: 10.3168/jds.2020-19584
3. Ladanova MA, Javadov ED, Plemiyashov KV, Stekolnikov AA, Novikova OB. Modern view on the etiology, pathogenesis and diagnosis of mastitis in cows. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2021;(4):29–34. (In Russ.). doi: 10.52419/issn2072-2419.2021.4.29
4. Ekkhorutomven OT, Medvedev GF. Species composition of microorganisms and their sensitivity to antibiotic drugs in case of mastitis in cows. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2022;(1):28–33. (In Russ.).
5. Lavaee M, Eidi S, Khoramian B. High prevalence of *Prototheca* spp. and isolation of fungal species in milk samples from cows suffering from mastitis in Mashhad city, northeast Iran. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 2019;11(2):21–26. doi: 10.22067/veterinary.v11i2.81838
6. Kurt S, Eşki F. Pathogen isolation and antibiogram analysis in dairy cows with clinical mastitis in Adana region, Turkey. *Etilik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*. 2021;32(1):20–26. doi: 10.35864/evmd.906990
7. Firsov GM, Ryadnov AA, Morozova ZC, Ryadnova TA, Firsova YG, Rezyapkina EA, et al. Relationship between the number of somatic cells and pathogens in cow's milk. *Agrarian Russia*. 2023;(7):31–35. doi: 10.30906/1999-5636-2023-7-31-35
8. Kanwar R, Aslam MA, Zulqurnain H, Qadeer A, Ali S, Nayab S, et al. Bacteriophages and their endolysin: an alternative therapeutic approach for bovine mastitis. *Biol Bull Rev*. 2023;13(4):326–335. doi: 10.1134/S2079086423040059
9. Ardicli O, Demirbilek SK, Carli KT. Pathogens isolated from bovine clinical mastitis and their antimicrobial resistance. *Medycyna Weterynaryjna*. 2022;78(1):19–24. doi: 10.21521/mw.6606
10. Rudenko P, Sachivkina N, Vatnikov Y, Shabunin S, Engashev S, Kontsevaya S, et al. Role of microorganisms isolated from cows with mastitis in Moscow region in biofilm formation. *Veterinary World*. 2021;14(1):40–48. doi: 10.14202/vetworld.2021.40-48
11. Morales-Ubaldo AL, Rivero-Perez N, Valladares-Carranza B, Velázquez-Ordoñez V, Delgadillo-Ruiz L, Zaragoza-Bastida A. Bovine mastitis, a worldwide impact disease: Prevalence, antimicrobial resistance, and viable alternative approaches. *Veterinary and Animal Science*. 2023;21:100306. doi: 10.1016/j.vas.2023.100306
12. CLSI. *Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals*. 5th ed. Pennsylvania, USA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2018.
13. Tommasoni C, Fiore E, Lisuzzo A, Ganesella M. Mastitis in Dairy Cattle: On-Farm Diagnostics and Future Perspectives. *Animals*. 2023;13(15):2538. doi: 10.3390/ani13152538
14. Kornelaeva MV, Karlikova GG. Reproductive capacity and milk production of cows depending on their physiological status during lactation. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):484–498. (In Russ.) doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-484-498
15. Wang N, Zhou C, Basang W, Zhu Y, Wang X, Li C, et al. Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cows: A review. *Reproduction in Domestic Animals*. 2021;56(9):1165–1175. doi: 10.1111/rda.13953
16. Makavchik SA. Efficiency of definition of *Mycoplasma bovis* in milk cows with mastitis using a polymerase chain reaction in the real time on a microchip with liophilized systems. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2019;(2):11–16. (In Russ.).
17. Rudenko PA, Rudenko AA, Vatnikov YA. Microbial landscape in cows mastitis. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020;(2):172–178. (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-172-179

Об авторах:

Фирсов Григорий Михайлович — кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, заразных болезней и морфологии, Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26; e-mail: firsovgm@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-1262-6532 SPIN: 8781–7218

Ряднов Алексей Анатольевич — доктор биологических наук, заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы, заразных болезней и морфологии, Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26; e-mail: radnov@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6381-9353 SPIN: 3533–9646

Ряднова Тамара Александровна — кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, заразных болезней и морфологии, Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26; e-mail: radnova@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9623-5311 SPIN: 5853–4130

Морозова Зоя Черменовна — кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, заразных болезней и морфологии, Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26; e-mail: zoyachermen@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3344-6071 SPIN: 3420–5301

Будтуев Олег Валерьевич — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, заразных болезней и морфологии, Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26; e-mail: olegbudtuev@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-5669-0130 SPIN: 2710–4987

About authors:

Firsov Grigory Mikhailovich — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: firsovgm@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-1262-6532 SPIN: 8781–7218

Ryadnov Aleksey Anatolyevich — Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: radnov@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6381-9353 SPIN: 3533–9646

Ryadnova Tamara Aleksandrovna — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: radnova@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-9623-5311 SPIN: 5853–4130

Morozova Zoya Chermenovna — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: zoyachermen@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3344-6071 SPIN: 3420–5301

Budtuev Oleg Valerievich — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: olegbudtuev@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-5669-0130 SPIN: 2710–4987