

Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу животных в Российской Федерации (обзор)

© 2023. О. И. Захарова , О. А. Бурова, И. В. Яшин, А. А. Блохин

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

*Бруцеллез рассматривается Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) как один из наиболее опасных и распространенных зоонозов в мире. Цель обзора – обобщить актуальные научные данные по бруцеллезу животных, проанализировать эпизоотическую ситуацию в Российской Федерации, в том числе Арктической зоне, и определить ключевые факторы стратегии защиты животных от инфекции. Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу сельскохозяйственных животных, которые являются переносчиками трех основных его возбудителей, имеет выраженную эпидемиологическую значимость. Их широкое распространение является фактором, определяющим глобальное распространение патогенов в большинстве стран мира, что свидетельствует о необходимости борьбы с бруцеллезом в международном масштабе. В России высокий эпизоотический риск распространения заболевания сохраняется в регионах Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, на юге Сибири и Дальнего Востока, а также в Арктике. Не меньшую эпизоотическую и эпидемиологическую значимость бруцеллез, ввиду национальных пищевых особенностей народов Крайнего Севера, имеет в арктических регионах. В российской Арктике установлены эпизоотические очаги бруцеллеза крупного рогатого скота и северного оленя, представлены доказательства эпидемиологического значения и экологической приуроченности возбудителя *B. suis* к популяции северного оленя. Специфическая профилактика бруцеллеза животных базируется на применении вакцин. Однако проблема вакцинации северных оленей окончательно не решена.*

Ключевые слова: *Brucella* spp., крупный рогатый скот, северные олени, Арктика, стратегия ликвидации.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-0451-2021-0004).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Захарова О. И., Бурова О. А., Яшин И. В., Блохин А. А. Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу животных в Российской Федерации (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(1):20-29.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.1.20-29>

Поступила: 01.07.2022

Принята к публикации: 27.12.2022

Опубликована онлайн: 27.02.2023

Epizootic situation for brucellosis in the Russian Federation (review)

© 2023. Olga I. Zakharova , Olga A. Burova, Ivan V. Iashin, Andrey A. Blokhin

Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

*The World Health Organization (WHO) considers brucellosis to be one of the most dangerous and spread zoonosis in the world. The aim of the review is to summarize the current scientific data on the brucellosis in animals, to analyze the epizootic situation in the Russian Federation, Arctic Zone included, and to define the key factors of animal protection against the infection. The epizootic situation for brucellosis in farm animals, which are carriers of the three main pathogens of brucellosis, is an urgent epidemiological problem. Their widespread occurrence is the factor determining the world-wide distribution of pathogens in most countries that indicates for the importance of control the brucellosis on an international scale. In Russia, a high epizootic risk of the spread of the disease is observed in the regions of the Volga, Southern and North Caucasian Federal Districts, in southern Siberia and Far East as well as in the Arctic. Brucellosis has the same epizootic and epidemiological significance in the Arctic regions considering the national food preferences of the peoples of the Far North. In the Russian Arctic, epizootic foci of brucellosis in cattle and reindeer have been identified and evidence of the epidemiological significance and ecological association of *B. suis* with the reindeer population has been presented. Specific prophylaxis of brucellosis is based on the use of vaccines. However, the problem of reindeer vaccination has not been finally resolved.*

Keywords: *Brucella* spp., cattle, reindeer, Arctic, elimination strategy

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology (theme No. FGNM-0451-2021-0004).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citations: Zakharova O. I., Burova O. A., Iashin I. V., Blokhin A. A. Epizootic situation for brucellosis in the Russian Federation (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(1):20-29. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.1.20-29>

Received: 01.07.2022

Accepted for publication: 27.12.2022

Published online: 27.02.2023

Бруцеллез – это типичное зоонозное инфекционное заболевание мирового значения, вызываемое бактериями рода *Brucella* и характеризующееся поражением опорно-двигательной и нервной систем, а также соединительной ткани органов [1, 2, 3]. Бруцеллез занимает ведущее место в нозологическом профиле инфекционной патологии животных [4, 5]. Эпидемическая и эпизоотическая обстановка по бруцеллезу связана с сельскохозяйственными животными, которые являются переносчиками трех основных возбудителей бруцеллезной инфекции (*B. melitensis*, *B. abortus*, *B. suis*)¹. Их повсеместное распространение является фактором, определяющим глобальное распространение патогенов в подавляющем большинстве стран всех континентов, что свидетельствует о необходимости борьбы с бруцеллезом в международном масштабе [6]. Бруцеллез встречается во всем мире, особенно в развивающихся и тропических странах [7, 8, 9]. Болезнь поражает различные виды животных. При этом установлено, что *B. melitensis* может передаваться от зараженных овец и коз к крупному рогатому скоту [10, 11]. Совместное содержание разных видов сельскохозяйственных животных повышает риск межвидовой передачи бруцеллезной инфекции [9, 12, 13]. Актуальным является распространение бруцеллеза в России и, особенно, её Арктической зоне в популяции северных оленей [14].

Цель обзора – обобщить актуальные научные данные по бруцеллезу животных, проанализировать эпизоотическую ситуацию в Российской Федерации, в том числе в Арктической зоне, и определить ключевые факторы стратегии защиты животных от инфекции.

Материал и методы. Используя методологию для систематических обзоров и мета-анализов, был проведен поиск литературы в базах данных Web of Science, PubMed, Scopus и Google Scholar, чтобы найти соответствующую информацию по определению возможного алгоритма биоинформационного анализа, который будет использоваться для изучения эпизоотологических вспышек бруцеллеза,

динамики иммунологических факторов и напряженности иммунитета у сельскохозяйственных животных после иммунизации вакциной. Поисковый запрос включал ключевые слова: бруцеллез, КРС, северные олени, оленеводство, Арктика, стратегия ликвидации. Поиск не включал никаких ограничений по дате публикации. Также был осуществлен поиск литературы в базе Российского научного цитирования – РИНЦ с использованием Science Index, проведен первый просмотр заголовков и аннотаций, затем проанализированы полные тексты статей, которые были определены как релевантные. Изначально было выбрано 152 источника, с 2007 по 2021 год. Итоговый список релевантной по цели поиска литературы включает 45 источников, из которых 40 являются зарубежными.

Ретроспективный эпизоотический анализ эпизоотической ситуации по бруцеллезу животных проводили по данным муниципальных региональных ветеринарных служб субъектов Российской Федерации. Визуализация и картографирование осуществлено с использованием ГИС-программного обеспечения – ArcMap 10.8.1 (Redlands, CA, USA).

Основная часть. Этиология бруцеллеза.

Бруцеллез – это зоонозное инфекционное заболевание, вызываемое *Brucella spp.* Род *Brucella* входит в семейство *Brucellaceae* порядка *Rhizobiales* отдела *Gracilicutes*. В настоящее время были зарегистрированы новые виды бруцелл, и сейчас их количество достигло 12. Список бруцелл представлен следующими видами: *Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Brucella suis*, *Brucella ovis*, *Brucella canis*, *Brucella neotomae*, *Brucella microti*, *Brucella ceti*, *Brucella penipedialis*, *Brucella inopinata*, *Brucella rapionis*, *Brucella vulpis* и NN, который выделен относительно недавно и не получил пока видового названия [15, 16]. *B. melitensis* – зоонозный возбудитель бруцеллеза мелкого рогатого скота, имеет 3 биовара (биотипа); *B. abortus* – зоонозный возбудитель бруцеллеза крупного рогатого скота, имеет 7 биоваров; *B. suis* – зоонозный возбудитель бруцеллеза

¹OIE. (World Organisation for Animal Health). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.woah.org/en/disease/brucellosis/> (дата обращения: 26.06.2022 г.).

свиней, имеет 5 биоваров. Носителями 2-го биовара *Br. suis* являются зайцы, 4-го биовара *Br. suis* – олени, 5-го *Br. suis* – мышевидные грызуны [17]. Возбудителем бруцеллеза северных оленей является 4 биовар бруцеллы вида *B. suis*, состоящий из 5 биотипов, который в основном является этиологическим агентом бруцеллеза у свиней. *B. ovis* – слабо-зоонозный возбудитель бруцеллеза овец [17, 18]. Бруцеллез собак – это инфекционное и зоонозное заболевание, вызываемое *Brucella canis*, о нем сообщалось во всем мире и которое является серьезной проблемой общественного здравоохранения из-за тесного контакта между собаками и людьми [19]. Возбудитель, ответственный за эпизоотические аборт у сук, выделен в 1966 году в США, предложен в 1968 г. в качестве нового вида *B. canis* и принят окончательно под таким названием в 1978 году. В Российской Федерации *B. canis* выделили у собак в 1995 г. [20, 21].

Основными источниками инфекции при бруцеллезе являются овцы, козы, крупный рогатый скот и свиньи. В условиях Арктики отмечаются случаи заражения бруцеллезом северных оленей, а также людей и пастушьих собак. В редких случаях источником заражения могут быть лошади, собаки, зайцы, лисицы, норки, песцы, лоси, сайгаки, косули, верблюды, мулы, бизоны, яки, морские млекопитающие, грызуны, домашние и дикие птицы. Здоровые животные заражаются при общем водопое, на пастбище, при половом контакте, а люди и собаки – при потреблении инфицированного мяса и крови. Бруцеллы проникают в организм животного через слизистые оболочки пищеварительного тракта, половые и дыхательные пути, конъюнктиву, а также через кожные покровы в случае нарушения их целостности [20, 22, 23].

Распространение. Бруцеллезные инфекции были зарегистрированы у многих наземных животных от субтропических и умеренных регионов до арктических.

Во многих регионах эпидемиология бруцеллеза среди диких животных связана с распространением болезни среди домашнего скота. Некоторые дикие виды могут способствовать повторному инфицированию домашнего скота, даже в регионах, свободных от бруцеллеза. Это дает представление о глобальной эпидемиологии и энзоотическом потенциале бруцеллеза среди диких животных во всем мире. В отношении бруцеллеза в

дикой природе очень важно учитывать различие между распространением инфекции у домашних животных и ее устойчивостью в популяциях различных видов диких животных [15]. Вероятность того, что бруцеллез будет долго циркулировать у диких животных зависит от комбинации факторов, включая восприимчивость хозяина, инфекционную дозу, контакт с инфицированными животными и условия окружающей среды. Бруцеллез в дикой природе вызывает беспокойство как у эпидемиологов, так и у эпизоотологов, поскольку это может привести к контаминации окружающей среды и заражению других видов животных и человека. В Арктике традиционные подходы к ведению оленеводства способствуют широкому распространению болезни, а потребление костного мозга, внутренних органов и крови северного оленя способствует вовлечению в эпизоотический процесс людей и собак [23].

Сезонность и климатические факторы. Для заболевания бруцеллезом характерна сезонность. Бруцеллез встречается в виде эпизоотических вспышек и sporadических случаев. Наибольшее число инфекций регистрируется зимой и весной, что совпадает с периодом отела скота и усиленной лактацией животных. В арктической и субарктической зонах России показатели осадков, снежного покрова и температурного режима являются факторами, определяющими динамику эпизоотического процесса бруцеллеза. Наибольший рост риска возникновения вспышек бруцеллеза сельскохозяйственных животных, связанный с изменением климата, наблюдался в северной области европейской части России и Западной Сибири. Согласно прогнозам, в этих регионах вероятность возникновения вспышек бруцеллеза, зависящая от факторов риска, связанных с изменением климата, возрастет более чем в несколько раз [22, 23, 24].

Клинические признаки. Бруцеллез отличается от других инфекционных заболеваний выраженным полиморфизмом клинической симптоматики, который заключается в первую очередь в разнообразии ее проявления, выраженности и напряженности от начала до исхода болезни. Инкубационный период составляет 1-3 недели. Как правило, заболевание развивается постепенно и не имеет специфических признаков. Клинически характеризуется синдромом общей инфекционной интоксикации, длительной лихорадкой, увеличением печени, селезенки, лимфоузлов, артритом, маститом,

эндометритом, вагинитом, орхитом, эпидидимитом и синдромом поражения нервной системы [25, 26]. Важным клиническим признаком является аборт [26, 27]. При первично-латентной (скрытой) форме заболевания до появления симптомов могут пройти месяцы. При такой форме некоторые животные остаются носителями бруцелл и выделяют их в течение не менее 5 лет [28].

Диагностика. *Brucella spp.* являются одними из самых проблемных зоонозных агентов во всем мире, и их, как известно, сложно обнаружить и идентифицировать. Поэтому диагностика основана на совокупности клинико-эпизоотологических и лабораторных данных. Выделение возбудителя бруцеллеза от больного является абсолютным подтверждением диагноза. Для диагностики бруцеллеза применяют ПЦР, который обладает высокой специфичностью. Однако необходимо учитывать, что в большинстве наборов используются праймеры для идентификации возбудителей до родов. Это не позволяет идентифицировать животных, вакцинированных живыми вакцинами [29, 30].

До сих пор широко применяют серологические исследования: реакцию агглютинации Райта с убитой культурой бруцелл, реакцию Кумбса, реакцию связывания комплемента (РСК), реакцию преципитации (РП), реакцию прямой гемагглютинации (РПГА) и иммуноферментный анализ (ИФА), Роз-Бенгал пробу. На основе химерного белка A/G разработан метод ИФА для обнаружения антител у арктических животных [29, 31].

Для диагностики бруцеллеза у оленей используют метод LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification), который может быть простым и быстрым инструментом для диагностики бруцеллеза, особенно в полевых условиях, где очень важно контролировать бруцеллез северных оленей с помощью быстрой и точной диагностики для выбраковки больных животных [32, 33].

Профилактика. Широкое и последовательное использование вакцинации скота будет способствовать снижению заболеваемости бруцеллезом. В Российской Федерации против бруцеллеза сельскохозяйственных животных применяют живую сухую вакцину, приготовленную из штамма вида *B. abortus* 19 (BRU-CELLAVAC-st.19), а также сухую живую вакцину против бруцеллеза овец и коз, и инфекционного эпидидимита баранов из штамма

B. melitensis (REV-1). В настоящее время наибольшую популярность в мире приобрели инактивированные вакцины из штаммов *B. abortus* 45/20 и *B. melitensis* 53H38, заключенные в водно-масляные адьюванты, которые обеспечивают безопасность и противоэпизоотическую эффективность. При этом наиболее изучены вакцины Дюфавак (Голландия), Abortane (Франция), Abortox (Франция), широко апробированные в России, а также ряд новых [34]. Вакцина из штамма *B. abortus* 82. имеет ряд нареканий в отношении эффективности и безвредности, тем не менее, в Российской Федерации более 90 % привитого против бруцеллеза крупного рогатого скота приходится именно на эту вакцину [35, 36]. Во всем мире широкое применение для профилактики бруцеллеза животных имеют живые вакцины из штаммов *B. abortus* 19, *B. melitensis* Rev-1, а в последнее время и вакцина из R-штамма RB-51, которая запатентована и производится американской компанией «Колорадо Серум» [37].

Таким образом, применение вакцин возможно с целью профилактической иммунизации животных в субъектах Российской Федерации, неблагополучных по бруцеллезу данного вида животных, в том числе с целью провокации латентных форм бруцеллеза на самых ранних этапах проведения оздоровительных мероприятий [29].

Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу в Российской Федерации. Основными движущими силами эпизоотического процесса при инфекционных болезнях животных являются глобальное изменение климата, популяционные процессы в стадах восприимчивых животных и деятельность человека. Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу в Российской Федерации в настоящее время продолжает оставаться напряженной. Это проявляется длительным эпизоотическим неблагополучием, регистрацией новых неблагополучных пунктов, широкой распространенностью заболеваемости и, как итог, возрастающим трендом неблагополучия [23]. За период с 2019 по 2021 год неблагополучие по бруцеллезу сельскохозяйственных животных регистрировали в 49 субъектах Российской Федерации. Всего за три года суммарно было зарегистрировано 1051 неблагополучный пункт (н. п.) по бруцеллезу крупного рогатого скота и 103 н. п. по бруцеллезу овец и коз. Прослеживая динамику неблагополучия по бруцеллезу животных, стоит отметить, что во многих субъектах Российской

Федерации наблюдается эндемическая эпизоотическая ситуация, многолетние тренды имеют нарастающий характер. Пики регистрации неблагополучия среди сельскохозяйственных животных приходятся на второй квартал, то есть в периоды выгона скота на пастбища и проведения массовых диагностических исследований на бруцеллез. Проведенный ретроспективный анализ эпизоотической ситуации в субъектах Российской Федерации позволяет выявить тенденцию сохранения устойчивого неблагополучия по бруцеллезу сельскохозяйственных животных. Наиболее сложная в эпизоотическом отношении ситуация по бруцеллезу животных сложилась в южных и пригра-

ничных регионах Российской Федерации, где отмечено высокое количество неблагополучных пунктов, представленных на рисунке 1². Высокий риск распространения заболевания в популяциях крупного и мелкого рогатого скота сохраняется в регионах Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, а также в Южных регионах Сибири и Дальнего Востока. В остальных округах количество заболевшего крупного рогатого скота бруцеллезом незначительное. Учитывая спорадичность случаев бруцеллеза в других округах, можно прогнозировать стабильную обстановку по данному заболеванию, не превышающую единичных случаев.



Рис. 1. Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу сельскохозяйственных животных в Российской Федерации (2019-2021 гг.) /

Fig. 1. Epizootic situation for brucellosis of livestock animals in the Russian Federation (2019-2021)

Оздоровление хозяйств от бруцеллеза крупного рогатого скота проводится в комплексе оздоровительных мероприятий с выбраковкой реагирующих животных и одновременным созданием иммунной защиты с применением вакцин.

Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу в Российской Арктике. Первые сведения о бруцел-

лезе животных в Западной Сибири появились в 1924 году. По данным муниципальных ветеринарных служб регионов Арктики, в настоящее время эпидемиологическая и эпизоотическая обстановка по бруцеллезу характеризуется наличием эндемичных территорий. В период с 1955 по 2019 год на территории Арктических регионов был зарегистрирован 891 очаг бруцеллеза

²ФГБУ «Центр ветеринарии». Эпизоотическая обстановка. [Электронный ресурс].

URL: <https://центр-ветеринарии.рф/informatsiya/epizooticheskaya-obstanovka> (дата обращения: 25.06.2022).

животных. В основном были выявлены эпизоотические очаги бруцеллеза крупного рогатого скота и северного оленя. Северные олени крайне редко контактируют с другими видами животных. Циркулирующие в популяции северных оленей виды бруцелл относятся к 4 биовару *B. Suis*³ [38]. Так, наибольшее количество очагов бруцеллеза животных отмечено

в Республике Саха (Якутия) – в некоторых районах суммарный показатель достигает 176 очагов. В Красноярском крае очагов бруцеллеза у сельскохозяйственных животных в отдельных районах составляет 48. Вспышки также были зарегистрированы в Мурманской области и Чукотском автономном округе (рис. 2).



Рис. 2. Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу крупного рогатого скота и оленей в Российской Арктике /

Fig. 2. Epizootic situation for brucellosis of cattle and reindeer in the Russian Arctic

В оленеводческих хозяйствах ущерб, причиняемый бруцеллезной инфекцией, складывается из убытков от абортных, рождений ослабленных и мертворожденных животных, снижения продуктивности и яловости. В результате удлиняются сроки воспроизводства поголовья, что приводит к потерям по производству продуктов оленеводства. Чтобы спланировать борьбу с бруцеллезом, необходимо учитывать частоту случаев заражения людей, а также распространение и циркуляцию патогенных бактерий в животноводческих хозяйствах [39]. В ряде случаев при недостаточной термической обработке, в связи с национальными особенностями приготовления пищи, мясные продукты могут являться причиной

инфицирования людей бруцеллезом. Из-за недостаточного лабораторного мониторинга и наличия скрытых или латентных форм инфекции специфическая профилактика бруцеллеза северных оленей окончательно не решена. Такой факт, как снижение поголовья домашних северных оленей, способствует сохранению бруцеллеза во многих регионах Арктики [39, 40].

В Республике Саха бруцеллез домашних северных оленей был зарегистрирован в 1955 г. в Оймяконском районе, в 1959 г. – в Томпонском, в 1961 г. в Аллаиховском районе. С тех пор болезнь приобрела широкое распространение, сделав её лидером по бруцеллезу среди арктических регионов⁴.

³Brucellosis: *Brucella suis*. CFSPH. 2018. pp. 1-11.

URL: http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/brucellosis_suis.pdf

⁴Эпизоотическая обстановка. URL: <https://центр-ветеринарии.рф/informatsiya/epizooticheskaya-obstanovka>

При этом специфическая профилактика бруцеллезной инфекции северных оленей окончательно не решена, что способствует снижению поголовья домашних северных оленей. Случаи бруцеллеза продолжают регистрироваться в популяциях северного оленя в Арктике, несмотря на отсутствие официальных данных [39, 40].

Стратегия ликвидации бруцеллеза. Возникновение и распространение бруцеллеза среди сельскохозяйственных животных происходит чаще всего при несанкционированном приобретении и ввозе инфицированных животных из других регионов, несвоевременной сдаче больных сельскохозяйственных животных на убой, совместном выпасе и использовании общих мест водопоя животными из неблагополучных хозяйств [41]. Несмотря на разнообразие механизмов распространения бруцеллеза, стратегия его профилактики и контроля в значительной степени основывается на вакцинации восприимчивых животных, ограничении на торговлю и перемещение животных [42, 43, 44].

Оценка потенциального риска заражения бруцеллезом базируется, в основном, на результатах эпизоотологического обследования сельскохозяйственных животных и людей. Случаи заболевания людей бруцеллезом являются маркером неблагополучия животных по данной болезни, так как нередко выявляются на территориях, считающихся благополучными по бруцеллезу сельскохозяйственных животных. Таким образом, стратегии борьбы с бруцеллезом всегда должны быть основаны на диагностическом мониторинге как среди животных, так и среди людей на неблагополучных, ранее неблагополучных и потенциально неблагополучных территориях [45].

Реализация и оценка эффективности профилактических и оздоровительных мероприятий при бруцеллезе сельскохозяйственных животных должна базироваться на данных эпизоотологического анализа.

Заключение. Эпидемиологическая и эпизоотическая ситуация по бруцеллезу в настоящее время остается весьма напряженной. Высокий риск возникновения вспышек заболевания сохраняется в регионах Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, на юге Сибири и Дальнего Востока, а также в популяции северных оленей в Арктике. В последнем случае значимость бруцеллеза возрастает не только ввиду традиционных методов оленеводства, потребления свежих мяса и крови, но и по причине отсутствия объективной официальной информации об эпизоотической ситуации в настоящее время. В целях обеспечения эпизоотического благополучия по бруцеллезу сельскохозяйственных и диких животных на конкретной территории Российской Федерации необходимо обеспечить реализацию полноценной комплексной программы, включающей организационно-хозяйственные, зооигиенические и ветеринарно-санитарные профилактические мероприятия, отдавая немаловажную роль специфическим профилактическим средствам. Плановая вакцинация сельскохозяйственных животных является одним из ключевых факторов контроля заболеваемости и снижения эпидемиологических рисков. В условиях Арктики требуется проведение широких мониторинговых исследований распространения бруцеллеза в популяции северного оленя, а также оленегонных собак с целью выяснения объективной эпизоотической ситуации.

References

1. Negrón M. E., Tille R., Kharod G. Brucellosis. In: CDC Yellow Book. 2019. pp. 114-118.
2. Craighead L., Chengat Prakashbabu B., Musallam I., Ndour A. P., Ayih-Akakpo A. A. P. S., Fotsac Dzousse M., Crystella Ngong C. A., Kameni Feussom J. M., Yempabou D., Mouiche-Mouliom M. M., Doumbia A., Fane A., Dembele E., Germaine L. M., Tapsoba A. S. R., Moussa S., Pato P., Pali M., Ba E. H., Alambédji R. B., Ayih-Akakpo J., Guitian J., Häsler B. Brucellosis in dairy herds: Farm characteristics and practices in relation to likely adoption of three potential private – public partnership (PPP) vaccination control strategies in West and Central Africa. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022;69(3):1479-1505. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.14114>
3. Głowacka P., Żakowska D., Naylor K., Niemcewicz M., Bielawska-Drózd A. Brucella – Virulence Factors, Pathogenesis and Treatment. *Polish Journal Microbiology*. 2018;67(2):151-161. DOI: <https://doi.org/10.21307/pjm-2018-029>
4. Khurana S. K., Sehrawat A., Tiwari R., Prasad M., Gulati B., Shabbir M. Z., Chhabra R., Karthik K., Patel Sh. K., Pathak M., Yattoo M. I., Gupta V. K., Dhama K., Sah R., Chaicumpa W. Bovine brucellosis – a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 2021;41(1):61-88. DOI: <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1868616>
5. Ran X., Cheng J., Wang M., Chen X., Wang H., Ge Y., Ni H., Zhang X.-X., Wen X. Brucellosis seroprevalence in dairy cattle in China during 2008-2018: A systematic review and meta-analysis. *Acta Tropica*. 2019;189:117-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.10.002>

6. Libera K., Konieczny K., Grabska J., Szopka W., Augustyniak A., Pomorska-Mól M. Selected Livestock-Associated Zoonoses as a Growing Challenge for Public Health. *Infectious Disease Reports*. 2022;14(1):63-81. DOI: <https://doi.org/10.3390/idr14010008>
7. Darbandi A., Koupaei M., Navidifar T., Shahroodian S., Heidary M., Talebi M. Brucellosis control methods with an emphasis on vaccination: a systematic review. *Expert Review of Anti-infective Therapy*. 2022;20(7):1025-1035. DOI: <https://doi.org/10.1080/14787210.2022.2066521>
8. Tulu D. Bovine Brucellosis: Epidemiology, Public Health Implications, and Status of Brucellosis in Ethiopia. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2022;7(13):21-30. DOI: <https://doi.org/10.2147/VMRR.S347337>
9. Makita K., Fèvre E. M., Waiswa C., Eisler M. C., Thrusfield M., Welburn S. C. Herd prevalence of bovine brucellosis and analysis of risk factors in cattle in urban and peri-urban areas of the Kampala economic zone, Uganda. *BMC Veterinary Research*. 2011;7:60. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-7-60>
10. Moreno E. Genome evolution within the alpha *Proteobacteria*: why do some bacteria not possess plasmids and others exhibit more than one different chromosome? *Microbiol Reviews*. 1998;22(4):255-275. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1998.tb00370.x>
11. Moreno E. Retrospective and prospective perspectives on zoonotic brucellosis. *Frontiers in Microbiology*. 2014;5:213. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00213>
12. El-wahab E. W. A., Hegazy Y., El-tras W. F., Mikeal A., Kapaby A. F., Abdelfatah M., Bruce M., Eltholth M. M. Knowledge, attitudes and practices (KAPs) and risk factors of brucellosis at the human-animal interface in the Nile Delta, Egypt. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2019;3:30. DOI: <https://doi.org/10.1101/607655>
13. Middlebrook E. A., Romero A. T., Bett B., Nthiwa D., Oyola S. O., Fair J. M., Bartlow A. W. Identification and distribution of pathogens coinfecting with *Brucella* spp., *Coxiella burnetii* and Rift Valley fever virus in humans, livestock and wildlife. *Zoonoses and Public Health*. 2022;69(3):175-194. DOI: <https://doi.org/10.1111/zph.12905>
14. González-espinoza G., Arce-gorvel V., Mémet S., Gorvel J. *Brucella*: Reservoirs and Niches in Animals and Humans. *Pathogens*. 2021;10(2):186. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens10020186>
15. Dadar M., Shahali Y., Fakhri Y., Godfroid J. The global epidemiology of Brucella infections in terrestrial wildlife: A meta-analysis. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2021;68(2):715-729. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13735>
16. Scholz H. C., Hubalek Z., Sedláček I., Vergnaud G., Tomaso H., Al Dahouk S., Melzer F., Kämpfer P., Neubauer H., Cloeckert A., Maguati M., Zygmunt M. S., Whatmore A. M., Falsen E., Bahn P., Göllner C., Pfeffer M., Huber B., Busse H.-J., Nöckler K. *Brucella microti* sp. nov., isolated from the common vole *Microtus arvalis*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2008;58(2):375-382. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijs.0.65356-0>
17. Scholz H. C., Mühldorfer K., Shilton C., Benedict S., Whatmore A. M., Blom J., Eisenberg T. The change of a medically important genus: worldwide occurrence of genetically diverse novel *Brucella* species in exotic frogs. *PLoS One*. 2016;11(12):e0168872. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168872>
18. Hegazy M. Y., Abdel-Hamid N. H., Eldehieh M., Oreiby A. F., Algabbary M. H., Hamdy M. E. R., Beleta E. I., Martinez I., Shaheir M. A., Garcia N., Eltholth M. Trans-species transmission of *Brucellae* among ruminants hampering brucellosis control efforts in Egypt. *Journal of Applied Microbiology*. 2022;132(1):90-100. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.15173>
19. Moreno E., Moriyón I. The Genus *Brucella*. *The Prokaryotes*. 2006;5:315-456. DOI: https://doi.org/10.1007/0-387-30745-1_17
20. Aparicio E. D. Epidemiology of brucellosis in domestic animals caused by *Brucella melitensis*, *Brucella suis* and *Brucella abortus*. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*. 2013;32(1):53-60. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23837364/>
21. Гордиенко Л. Н., Куликова Е. В., Гайдуцкая Г. М., Еланцева Н. Б. Фенотипические и биологические свойства бруцелл, изолированных из пантов северных оленей. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(4):47-49. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23374013> EDN: TRMVKZ
Gordienko L. N., Kulikova E. V., Gaydutskaya G. M., Elantseva N. B. Phenotypic and biological properties of brucella isolated from velvet antlers of reindeer. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(4):47-49. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23374013>
22. De Figueiredo P., Ficht T. A., Rice-ficht A., Rossetti C. A., Adams L. G. Pathogenesis and Immunobiology of Brucellosis Review of *Brucella* e Host Interactions. *The American Journal of Pathology*. 2015;185(6):1505-1517. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2015.03.003>
23. Rayl N. D., Proffitt K. M., AlMBERG E. S., Jones J. D., Merkle J. A., Gude J. A., Cross P. C. Modeling elk to-livestock transmission risk to predict hotspots of brucellosis spillover. *Wildlife Management*. 2019;83(4):817-829. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21645>
24. Yang J. Y., Xu R., Sun H. Q. Dynamics of a seasonal brucellosis disease model with nonlocal transmission and spatial diffusion. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2021;94:105551. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2020.105551>

25. Abdisa T. Review on the Reproductive Health Problem of Dairy Cattle. *Journal of Dairy and Veterinary Sciences*. 2018;5(1):555655. DOI: <https://doi.org/10.19080/JDVS.2018.05.555655>
26. Kiros A., Asgedom H., Abdi R. D. A Review on Bovine Brucellosis: Epidemiology, Diagnosis and Control Options. *ARC Journal of Animal and Veterinary Sciences (AJAVS)*. 2016;2(3):8-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.20431/2455-2518.0203002>
27. De Macedo A. A., Galvão N. R., Sá J. C., De Carvalho da Silva A. P., Pinto da Silva Mol J., Sarmento dos Santos L., Santos R. L., De Carvalho Neta A. V. Brucella-associated cervical bursitis in cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 2019;51:697-702. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1745-x>
28. Mazlan M., Khairani-Bejo S., Hamzah H., Nasruddin N. S., Salleh A., Zamri-Saad M. Pathological changes, distribution and detection of *Brucella melitensis* in foetuses of experimentally-infected does. *Veterinary Quarterly*. 2021;41(1):36-49. DOI: <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1867328>
29. Maichak E. J., Scurlock B. M., Cross P. C., Rogerson J. D., Edwards W. H., Wise B., Smith S. G., Kreeger T. J. Assessment of a Strain 19 Brucellosis Vaccination Program in Elk. *Wildlife Society Bulletin*. 2017;41(1):70-79. DOI: <https://doi.org/10.1002/wsb.734>
30. Aliyev J., Alakbarova M., Garayusifova A., Omarov A., Aliyeva S., Fretin D., Godfroid J. Identification and molecular characterization of *Brucella abortus* and *Brucella melitensis* isolated from milk in cattle in Azerbaijan. *BMC Veterinary Research*. 2022;18:71. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03155-1>
31. Alzuheir I., Al Zabadi H., Abu Helal M. Occupational Exposure Assessment and Seroprevalence of *Brucella* Specific Antibodies Among Veterinarians in the Northern Palestine. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;8:813900. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.813900>
32. Liu Q. H., Wei J., Sun Q. S., Wang B., Wang Y. T., Hu Y., Wu W. Detection of Brucellosis in Sika Deer (*Cervus nippon*) through Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP). *Journal of Wildlife Diseases*. 2017;53(3):612-615. DOI: <https://doi.org/10.7589/2016-05-105>
33. Patra S., Tellapragada C., Vandana K. E., Mukhopadhyay C. Diagnostic utility of in-house loop-mediated isothermal amplification and real-time PCR targeting *virB* gene for direct detection of *Brucella melitensis* from clinical specimens. *Journal of Applied Microbiology*. 2019;127(1):230-236. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.14260>
34. Аракелян П. К., Трегубов А. Н., Вергун А. А., Ильин Е. Н., Янченко Т. А., Димова А. С., Боровой В. Н., Скляр О. Д. Эффективность конъюнктивальной иммунизации крупного рогатого скота вакциной из штамма *B. abortus* 19 при бруцеллезе. *Ветеринария*. 2020;(10):9-12. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.10.09-12> EDN: SKLWUG
- Arakelyan P. K., Tregubov A. N., Vergun A. A., Ilin E. N., Yanchenko T. A., Dimova A. S., Borovoy V. N., Sklyarov O. D. Antiepidemiological effectiveness of conjunctival immunization of cattle with a vaccine from the *B. abortus* 19 strain in brucellosis. *Veterinariya = Veterinary*. 2020;(10):9-12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.10.09-12>
35. Ivanov A. V., Salmakov K. M., Olsen S. C., Plumb G. E. A live vaccine from *Brucella abortus* strain 82 for control of cattle brucellosis in the Russian Federation. *Animal Health Research Reviews*. 2011;12(1):113-121. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1466252311000028>
36. Salmakov K. M., Fomin A. M., Plotnikova E. M., Safina G. M., Galimova G. M., Salmakova A. V., Ivanov A. V., Panin A. N., Sklyarov O. D., Shumilov K. V., Klimanov A. I. Comparative study of the immunobiological properties of live brucellosis vaccines. *Vaccine*. 2010;28(5):35-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.03.050>
37. Wang S., Zhao X., Sun K., Bateer H., Wang W. The Genome Sequence of *Brucella abortus* vaccine strain A19 provides insights on its virulence attenuation compared to *Brucella abortus* strain. *Gene*. 2022;830:146521. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2022.146521>
38. Южаков А. А., Лайшев К. А., Деттер Г. Ф., Зуев С. М. Селекционно-племенная работа в северном оленеводстве Арктических регионов РФ. *Ветеринария и кормление*. 2021;(4):59-62. DOI: <https://doi.org/10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2021-4-17> EDN: TIGUQW
- Yuzhakov A. A., Layshev K. A., Detter G. F., Zuev S. M. Selection and breeding work in the northern reindeer husbandry of the arctic regions of the Russian Federation. *Veterinariya i kormlenie*. 2021;(4):59-62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2021-4-17>
39. Гордиенко Л. Н., Новиков А. Н., Куликова Е. В. Эффективность дифференциального теста при диагностике бруцеллеза северных оленей. *Ветеринария*. 2020;(11):7-10. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.11.07-10> EDN: BQFWET
- Gordienko L. N., Novikov A. N., Kulikova E. V. effectiveness of the differential test at using in the diagnostics of reindeer brucellosis. *Veterinariya = Veterinary*. 2020;(11):7-10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.11.07-10>
40. Лайшев К. А., Забродин В. А., Прокудин А. В., Винокуров Н. В., Слепцов Е. С. Проблемы профилактики бруцеллеза северных оленей и пути их решения. *Генетика и разведение животных*. 2018;(1):37-45. DOI: <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-1-37-45> EDN: XSRFTN

Layshev K. A., Zabrodin V. A., Prokudin A. V., Vinokurov N. V., Sleptsov E. S. Problems of prevention of brucellosis of reindeer and ways of their solution. *Genetika i razvedenie zhivotnykh* = Genetics and breeding of animals. 2018;(1):37-45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-1-37-45>

41. De Alencar Mota A. L. A., Ferreira F., Ferreira Neto J. S., Dias R. A., Amaku M., Grisi-Filho J. H. H., Telles E. O., Gonçalves V. S. P. Large-scale study of herd-level risk factors for bovine brucellosis in Brazil. *Acta Tropica*. 2016;164:226-232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.09.016>

42. Franc K. A., Krecek R. C., Häsler B. N., Arenas-Gamboa A. M. Brucellosis remains a neglected disease in the developing world: a call for interdisciplinary action. *BMC Public Health*. 2018;18:125. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-017-5016-y>

43. Dorneles E. M. S., Sriranganathan N., Lage A. P. Recent advances in *Brucella abortus* vaccines. *Veterinary Research*. 2015;46:76. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0199-7>

44. Asakura S., Makingi G., Kazwala R., Makita K. Brucellosis Risk in Urban and Agro-pastoral Areas in Tanzania. *Ecohealth*. 2018;15(1):41-51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10393-017-1308-z>

45. Avila-Granados L. M., Garcia-Gonzalez D. G., Zambrano-Varon J. L., Arenas-Gamboa A. M. Brucellosis in Colombia: Current Status and Challenges in the Control of an Endemic Disease. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019;6:321. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00321>

Сведения об авторах

✉ **Захарова Ольга Игоревна**, научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>, e-mail: ozakharova@ficvim.ru

Бурова Ольга Александровна, зам. руководителя группы отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>

Яшин Иван Вячеславович, кандидат биол. наук, директор филиала, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Блохин Андрей Александрович, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

Information about the authors

✉ **Olga I. Zakharova**, researcher, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>, e-mail: ozakharova@ficvim.ru

Olga A. Burova, Deputy head of the group, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>

Ivan V. Iashin, PhD in Biological Science, Director of the Branch, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Andrey A. Blokhin, PhD in Veterinary Science, leading researcher, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

✉ – Для контактов / Corresponding author