

<https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-6-147-159>

Генетическое разнообразие бартонелл, вызывающих патологические состояния у человека

Т. А. Чеканова*, И. Н. Манзенюк

ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва

Резюме

Актуальность. Бартонеллезы – общее название группы инфекционных заболеваний с высоким зоонозным потенциалом. Род *Bartonella* отличается большим видовым разнообразием. Как минимум 20 таксонов известны на сегодня как патогенные для человека, однако эпидемиология бартонеллез и их вклад в инфекционную патологию человека по-прежнему остаются малоизученными. **Цель.** На основе анализа научных публикаций дать оценку геновидового разнообразия бартонелл, их географического распространения, с особым вниманием к патогенным для человека таксонам, а также состояния вопроса изучения эпидемиологии бартонеллез на современном уровне. **Выводы.** Бартонеллы потенциально имеют важное эпидемиологическое значение в силу значительного видового разнообразия и высокой встречаемости в различных экологических нишах. В настоящее время в РФ отсутствует официальная регистрация случаев бартонеллезной инфекции, а ресурсы для лабораторного подтверждения ограничены. В связи с этим бартонеллезы остаются недооцененной инфекционистами группой заболеваний, несмотря на рост числа открытых в последнее время видов бартонелл.

Ключевые слова: виды бартонелл, бартонеллезы, человек, генетическое разнообразие бартонелл, эпидемиология бартонеллезной инфекции

Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Чеканова Т. А., Манзенюк И. Н. Генетическое разнообразие бартонелл, вызывающих патологические состояния у человека. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2024;23(6):147-159. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-6-147-159>

Genetic Diversity of Bartonella Causing Pathological Conditions in Humans

TA Chekanova**, IN Manzeniuk

Central Research Institute of Epidemiology Rospotrebnadzora, Moscow, Russia

Abstract

Relevance. Bartonellosis is a group of infectious diseases caused by bacteria from the *Bartonella* genus with a high zoonotic potential. This genus has a large genetic diversity, with many candidate species, and at least 20 known as a pathogenic for humans. However, the epidemiology of these diseases and their role in human infectious pathology are not well understood. **Aim** of this review is to collect and organize data in order to better understand the genetic diversity and distribution of *Bartonella* species, with a particular focus on those that are pathogenic to humans. We will also discuss the current state of research on the epidemiology of bartonellosis. **Conclusions.** *Bartonella* genus have the potential to be of significant epidemiological importance due to their wide species diversity and frequent occurrence in various ecological niches. However, there is currently no official registration of bartonellosis in the Russian Federation and laboratory confirmation resources are limited. As a result, bartonellosis remains an underestimated disease group among infectious disease specialists despite recent discoveries of *Bartonella* species.

Keywords: *Bartonella* species, bartonellosis, humans, genetic diversity of *Bartonella*, epidemiology of bartonellosis

No conflict of interest to declare.

For citation: Chekanova TA, Manzeniuk IN. Genetic Diversity of Bartonella Causing Pathological Conditions in Humans. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2024;23(6):147-159 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-6-147-159>

Бартонеллезы – группа инфекционных заболеваний с высоким зоонозным потенциалом, вызываемых бактериями рода *Bartonella*. В последнее время отмечается рост числа новых ви-

дов, включая кандидатные, при этом многие из них могут вызывать различные патологические состояния у человека. Род *Bartonella* относится к семейству *Bartonellaceae*, порядку *Rhizobiales*,

* Для переписки: Чеканова Татьяна Александровна, к. б. н., заведующая лабораторией эпидемиологии природно-очаговых инфекций, ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора, 111123, Москва, ул. Новогиреевская, 3А. +7(903) 195-26-42, tchekanova74@mail.ru. ©Чеканова Т. А. и др.

** For correspondence: Tatiana A. Chekanova, Cand. Sci. (Biol.), Head of Laboratory for Natural Focal Infection Epidemiology, Central Research Institute of Epidemiology, Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 3A, Novogireyevskaya Street, Moscow, 111123, Russia. +7 (903) 195-26-42, tchekanova74@mail.ru. ©Chekanova TA et al.

классу *Alphaproteobacteria*, группе *Proteobacteria*, подгруппе α -2-*Proteobacteria*. Сравнительный филогенетический анализ генов 16S рибосомальной РНК (рРНК) бактерий показал, что бартонеллы ближе всего расположены к родам *Brucella* и *Agrobacterium*. Род *Bartonella* отличает большое разнообразие видов. В настоящее время ICSP (Международный комитет по систематике прокариот) выделяет, по меньшей мере, 39 подтвержденных видов и 3 валидных подвида, которые в совокупности с кандидатными таксонами демонстрируют внушительное геновидовое разнообразие внутри этого рода [1].

Цель – на основе анализа научных публикаций дать оценку геновидового разнообразия бартонелл, их географического распространения, с особым вниманием к патогенным для человека таксонам, а также состояния вопроса изучения эпидемиологии бартонеллезов на современном уровне.

Эволюция бартонелл и их генетическое разнообразие

Молекулярно-временной анализ эволюции прокариот показал, что роды *Brucella* и *Bartonella* имели одного общего предка в порядке *Rhizobiales* [2,3]. Предок *Bartonella*, вероятно, был кишечным симбионтом насекомых, способным производить собственные аминокислоты и витамины, а его адаптация к кровососущим насекомым помогла колонизации кровотока млекопитающих бартонеллами [3,4]. Предполагается, что род *Bartonella* начал диверсифицироваться благодаря именно тесной связи с резервуарными млекопитающими на границе мелового и палеогенового периода около 66 млн лет назад. Длительный период эволюции бартонелл способствовал более выраженному видовому разнообразию и лучшей адаптации к определенным хозяевам-млекопитающим, по сравнению с родом *Brucella*. Полагают, что летучие мыши и грызуны сыграли ключевую роль в распространении бартонелл среди млекопитающих в различных географических регионах.

Согласно имеющимся данным, колонизация бартонеллами млекопитающих могла осуществляться через гематофага – вектора, вероятно первично паразитировавшего на летучих мышах [5].

До 1993 г. род *Bartonella* состоял из одного вида *B. bacilliformis*, который оставался единственным представителем рода почти столетие. Совершенствование молекулярно-генетических методов и применение филогенетического анализа позволило расширить представление о таксономии рода *Bartonella*. По результатам ДНК-гибридизации было предложено отнести ранее известные виды *Rochalimaea* к роду *Bartonella* и переименовать их в *B. quintana*, *B. vinsonii*, *B. henselae* и *B. elizabethae* [6]. Такая реклассификация также привела к переводу этих микроорганизмов из семейства

Rickettsiaceae в семейство *Bartonallaceae* и исключению из порядка *Rickettsiales*. В 1995 г. представители рода *Grahamella* были объединены с родом *Bartonella* с выделением 5 новых видов: *B. talpae*, *B. peromysci*, *B. grahamii*, *B. taylorii* и *B. doshiae* [7].

Разнообразие видов внутри рода *Bartonella* продолжает расти, особенно в последнее десятилетие. Анализ нуклеотидных последовательностей генов, кодирующих области внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS), цитратсинтазы (*glta*) и бактериального шаперонина (*groEL*) показал, что виды бартонелл сгруппированы в филогенетически родственные группы, которые позволяют проследить шесть эволюционных ветвей [8]. Род *Bartonella* можно разделить на три филогенетические клады, включающие самый предковый вид – *B. apis* – симбионт кишечника медоносной пчелы, а также патогенные *B. tamiiae* и *eubartonella* (эубартонеллы). *B. apis* – единственный непатогенный представитель рода. *B. tamiiae* представляет собой эволюционно переходный вид от кишечного симбионта к внутриэритроцитарному патогену, который сохранил многие характеристики предкового генома. Приобретение, экспансия и функциональная диверсификация специфических для бартонелл факторов вирулентности (отсутствующих у *B. apis* и *B. tamiiae*, но присутствующих у эубартонелл) сделали возможной быструю смену хозяина. *B. apis* и *B. tamiiae* имеют большое количество общих генов, отсутствующих у эубартонелл, что свидетельствует о более позднем происхождении последних [4,9].

Клада эубартонелл, в свою очередь, подразделяется на четыре основные линии (L1–L4) и *B. australis*. Линия L1 образована видами *B. bacilliformis* и *B. ancashensis*, которые инфицируют исключительно людей. Для бартонелл, относящихся к линии L2, хозяевами являются жвачные животные (например, *B. schoenbuchensis* специфична для оленей, а *B. bovis* – для крупного рогатого скота). Виды бартонелл, относящиеся к линиям L3 и L4, инфицируют широкий круг резервуарных хозяев. Наиболее известными патогенными для человека видами являются *B. henselae* и *B. quintana* (оба представителя L4) [9].

Видообразование с глубоким разветвлением клад произошло в результате адаптации к млекопитающим и длительной бактериемии. Поначалу адаптация к конкретному хозяину имела решающее значение для успешной реализации стратегии скрытой инфекции: инфекции резервуарных хозяев обычно длительны и не вызывают явных симптомов заболевания; инфицирование случайных хозяев нередко протекает более выраженно. В ходе своей эволюции бартонеллы адаптировались к множеству хозяев и выработали факторы вирулентности. Представители богатых видами линий L3 и L4 инфицируют широкий круг млекопитающих-резервуаров. Резервуарный хозяин не только восприимчив к паразиту, но и способен к развитию хронической инфекции [9,10].

Экология и географическое распространение бартоanelл

Географическое распространение видов бартоanelл отражает географическое распространение их хозяев и/или переносчиков. Например, *B. henselae* и *B. quintana* встречаются по всему миру; виды *B. clarridgeiae*, *B. elizabethae*, *B. weissii* и *B. vinsonii* subsp. *berkhoffii* – преимущественно в Европе и США. *B. vinsonii* subsp. *vinsonii* и *B. koehlerae* обнаруживаются исключительно в Америке, тогда как *B. grahamii*, *B. taylorii*, *B. doshiae*, *B. tribocorum*, *B. birtlesii* и *B. alsatica* – только в Европе. *B. bacilliformis* встречается на ограниченной территории Южной Америки. Континентально-специфические виды бартоanelл по большей части связаны с грызунами. Их филогенетический анализ показал значительные генетические различия между видами бартоanelл, тесно связанными с «кореными» грызунами Нового Света, и видами, ассоциированными с грызунами Старого Света [11].

Бартоanelлы – это грамотрицательные факультативные внутриклеточные паразиты, которые могут передаваться, главным образом, различными гематофагами-кровососущими (блохи, клещи, комары, москиты, клопы, мухи и вши) [12–15]. Кроме этого установлено, что красные муравьи и пауки также могут передавать бартоanelлы [16,17]. Прямая передача через контакт инфицированного хозяина другому восприимчивому организму не исключена, хотя маловероятна.

Бартоanelлы выявлены среди различных видов клещей [18–23]. Так, в работе Y. Regier, et al. показано, что превалентность бартоanelл в клещах варьировала в странах, где проводились исследования: наименьшая была отмечена в Чехии и Австрии (1,2% и 2,1% соответственно), а максимальная – в России и Нидерландах (44% и 60% соответственно) [18]. ДНК патогенного для человека *B. bacilliformis* была обнаружена в клещах *Amblyomma* spp. и *Rhipicephalus microplus* в Перу [22]. Эти исследования позволяют предположить, что членистоногие могут рассматриваться как потенциальные переносчики бартоanelл. Однако необходимо отметить, что наличие ДНК бартоanelл в клеще не означает напрямую, что патоген будет передан восприимчивому млекопитающему при присасывании к нему членистоного. Роль клещей в передаче бартоanelл по-прежнему остается недостаточно изученной [24].

Некоторые аспекты патогенеза и адаптации бартоanelл к кругу хозяев

Антигенная изменчивость и внутриклеточная персистенция бартоanelл являются эффективной стратегией для уклонения от иммунного ответа хозяина. Сильный иммунный ответ может снизить частоту бактериемии у хозяина, что приведет к его выздоровлению (при комбинированном действии специфического и неспецифического иммунитета). У иммунокомпетентных людей бартоanelлы обычно

вызывают локализованное заболевание. Однако слабый иммунитет может привести к повторной или длительной инфекции, в т.ч. опасной для жизни [25]. Уклонение бартоanelл от врожденного иммунного ответа способствует развитию внутриклеточной инфекции у хозяина. Патогенность бартоanelл зависит от множества факторов вирулентности (например, жгутиков, геминсвязывающих белков и тримерных аутоаутопортальных адгезинов, таких как BadA или Vomp), которые имеют решающее значение на определенных стадиях инфекционного цикла [9].

Две различные системы секреции типа IV (T4SS), приобретенные горизонтально разными линиями бартоanelл [26], опосредуют важные звенья взаимодействия с хозяином при инфицировании. Бактериальные системы секреции IV типа – мультибелковые комплексы, встроенные в клеточные оболочки бактерий и некоторых архей, служащие для секреции различных белков. Геномы всех эубартоanelл, кроме *B. bacilliformis* (L1), кодируют от одного до трех различных систем T4SS: Trw, Vbh/TraG и VirB/VirD4 [27].

Системы секреции типа IV бартоanelл ответственны за инвазии эритроцитов (Trw-T4SS), нарушение клеточных функций других клеток-мишеней, например, дендритных клеток, макрофагов, моноцитов и эндотелиальных клеток (VirB/VirD4-T4SS) и даже стволовых клеток человека. Система Trw-T4SS не транслоцирует никаких эффекторов, а вместо этого опосредует видоспецифическую адгезию к эритроцитам [9]. Процесс инфицирования эритроцитов бартоanelлами делится на три основных этапа: адгезию бартоanelл к эритроцитам, деформацию эритроцитов и инвазию с участием различных факторов вирулентности. Сохранение бартоanelл в эритроцитах оптимизирует передачу этих бактерий кровососущими членистоногими [28].

Система секреции VirB/VirD4 типа IV (VirB/VirD4-T4SS) является ключевым фактором вирулентности для перемещения эффекторных белков бартоanelл (Veps) в клетки хозяина для улучшения выживания и пролиферации бактерий. Бартоanelлы, лишённые VirB/VirD4-T4SS (т. е. виды *B. bacilliformis* и L2), передаются исключительно через укусы двукрылых (москитов, кусающих мух) со значительным повреждением кожи и кровотечением капилляров. Такое агрессивное пищевое поведение может обеспечить прямой путь к кровотоку для этих подвижных бартоanelл. Напротив, бартоanelлы, кодирующие VirB/VirD4-T4SS (т. е. L3, L4 и *B. ancashensis*), в первую очередь, связаны с передачей вшами и блохами. Эти кровососущие демонстрируют более тонкое поведение при питании кровью, которое не приводит к повреждению капилляров и, следовательно, не приводит к прямому пути проникновения бактерий в кровоток. Бартоanelлы инокулируются в дерму в результате расчесывания после укуса переносчиком [26,27].

Цикл передачи бартоanelл типичен для трансмиссивных болезней. Как правило, для бартоanelлезов

характерна персистирующая внутриэритроцитарная бактериемия у широкого спектра резервуаров-хозяев [26,29]. Текущая модель предполагает, что бактерии, колонизирующие своих векторных хозяев, попадают с их фекалиями на кожу млекопитающих и поверхностно инокулируются в дерму при расчесывании, укусе или царапине [9,26,28,30,31] с последующей колонизацией двух последовательных ниш – «дермальной ниши» и «ниши кровообращения». На кожной (дермальной) стадии инфекции бактерии взаимодействуют с такими клетками восприимчивого животного/человека, как дендритные клетки и макрофаги, чтобы достичь «ниши кровотока». В этой нише бактерии колонизируют эндотелиальные клетки [32] и, возможно, другие типы клеток. Впоследствии бартоanelлы попадают в кровоток, где они вызывают длительную внутриэритроцитарную бактерию – стадию инфекции, ограниченную естественным резервуаром-хозяином [28]. Возникающая в результате длительная внутриэритроцитарная бактериемия представляет собой специфическую адаптацию к способу передачи кровососущими [9]. Зараженная кровь впоследствии передается другому резервуару или случайному хозяину. Бартоanelлы также могут инфицировать слюнные железы членистоногих.

В ходе своей эволюции бартоanelлы адаптировались к множеству хозяев и выработали разные факторы вирулентности [33]. Большинство видов бартоanelл являются зоонозными патогенами, резервуарными хозяевами которых служит широкий круг млекопитающих, преимущественно мелких (различные виды грызунов, землероек и летучих мышей) [9]. Различные виды бартоanelл по всему миру были выделены у диких и домашних животных, включая кошек, собак, кроликов, циветт, грызунов, лошадей, крупный рогатый скот, горных и африканских львов, ягуаров, леопардов, гепардов, рысей, койотов, шакалов, волков, серых и рыжих лисиц, лосей, оленей, флоридских пантер, пум, мангустов, кенгуру, белух, морских свинок и др. [19,20], а также у летучих мышей и членистоногих [34]. Однако до конца остается невыясненным, играют ли данные животные роль потенциальных резервуарных хозяев [18].

Бартоanelлы, связанные с грызунами, распространены по всему миру и являются предметом исследований ученых почти на всех континентах, в частности, на сегодня известно об исследованиях в 67 странах мира [11,13]. Подобно возбудителям других трансмиссивных инфекций, бартоanelлы также имеют естественный цикл, который включает хозяина-резервуара, у которого они вызывают хроническую внутриэритроцитарную бактерию, и переносчика, передающего бактерии от хозяев-резервуаров новым хозяевам [6]. Это могут быть новые компетентные или случайные хозяева. Бартоanelлы уникальны из-за своей специфической связи с млекопитающими-хозяевами-резервуарами (или переносчиками) [34,35], у которых

они преимущественно вызывают бессимптомную хроническую бактерию. Бартоanelлы могут претендовать на роль единственного рода среди бактерий, способного вызывать бессимптомную бактерию у млекопитающих и, таким образом, стать исключением из постулата Коха, что бактерии не встречаются в крови здоровых животных или человека [36].

Бартоanelлезная инфекция у людей

Бартоanelлезы поражают людей на протяжении сотен и тысяч лет, о чем свидетельствует анализ древних человеческих останков, показывающий, что *B. quintana* и *B. henselae* инфицировали человека более 4000 лет назад [37,38]. Изучение артефактов доколумбовых культур показало, что перуанская бородавка (одна из форм болезни Карриона, вызванная *B. bacilliformis*) встречалась в Эквадоре за 1000 лет до прихода европейцев [39].

Инфекции, обусловленные патогенными бартоanelлами, остаются эндемичными для ряда регионов мира и продолжают вызывать спорадические вспышки во разных странах [7]. Бартоanelлезы – инфекции с широким спектром клинических симптомов и состояний у человека, которые могут проявляться в широком диапазоне – от субклинического течения (якобы безобидного сосуществования в сосудистой сети) до васкулитов, тромбоэмболий, разрыва селезенки, инфекций сосудистых имплантатов, миокардитов, эндокардитов, вазо-пролиферативных поражений, представляя уже серьезную опасность для жизни [40,41]. На тяжесть клинических проявлений оказывают влияние иммунный статус пациента, факторы вирулентности определенных видов бартоanelл, бактериальная нагрузка. Хроническая бартоanelлезная инфекция также может сопровождаться целым спектром клинических проявлений.

С патологиями человека связаны не менее 20 видов бартоanelл (табл. 1), некоторые из которых (*B. bacilliformis*, *B. quintana*, *B. henselae*) чаще других отмечаются как этиологические источники бартоanelлезов [20,42,43]. В Соединенных Штатах *B. henselae* является наиболее распространенным патогеном среди бартоanelл, вызывая ежегодно до 12 500 официально регистрируемых случаев заболевания [44].

Человек обычно является случайным хозяином бартоanelл. Микроорганизмы, как правило, обнаруживаются в резервуарных хозяевах, к которым можно отнести и домашних животных, включая кошек и собак [27]. Владельцы кошек и собак, некоторые профессиональные группы (ветеринары, ветеринарные медсестры и люди, работающие с животными, охотники, лесные рабочие и пр.) подвергаются повышенному риску заражения, поскольку они чаще контактируют с резервуарными хозяевами и переносчиками бартоanelл [18,45–47]. Сероэпидемиологические исследования, проведенные в Испании [48] показали, что от 11,2% до

Таблица 1. Виды бартонелл, вызывающих заболевания или патологические состояния у людей
Table 1. Types of bartonella that cause diseases or pathological conditions in humans

Возбудитель бартонеллеза The causative agent of bartonellosis	Год открытия (реклассификации) Year of opening (reclassification)	Переносчик Vector	Известное географическое распространение возбудителя или места изоляции The known geographical distribution of the pathogen or the place of isolation of the pathogen	Известные основные резервуарные хозяева Known major reservoir hosts	Патология у человека Pathology in humans
<i>B. bacilliformis</i>	1909	москиты <i>Lutzomyia</i> (<i>L. verrucarum</i> , <i>L. reigiensis</i> , <i>L. robusta</i> , <i>L. colombiana</i> , <i>L. ayacuchensis</i> , <i>L. gomezi</i> и др.), <i>Phlebotomus</i> (мошки), блохи, песчаная муха, возможно клещи <i>Lutzomyia</i> mosquitoes (<i>L. verrucarum</i> , <i>L. pratensis</i> , <i>L. robusta</i> , <i>L. colombiana</i> , <i>L. ayacuchensis</i> , <i>L. gomez</i> , v. v.), flea mosquitoes, possibly ticks	Южная Америка (Перу, Эквадор, Колумбия, Чили, Боливия), Гватемала. Преимущественно возникновение болезни строго ограничено эндемичными для перуанских Анд и регионов Эквадора и Колумбии South America (Peru, Ecuador, Colombia, Chile, Bolivia), Guatemala. Predominantly, the occurrence of the disease is strictly limited to those endemic to the Peruvian Andes and the regions of Ecuador and Colombia	человек, ночная кошачья обезьяна (<i>Aotus inflatus</i>) human, nocturnal feline, monkey (<i>Aotus inflatus</i>)	Болезнь Карриона, двухфазное заболевание (острая форма – первичная гемолитическая «лихорадка Оройя» (системный бартонеллез) со смертностью до 90% у нелеченных пациентов), хроническая форма – «перуанская бородавка (кожный и кожно-слизистый бартонеллез), приводящая к ангиогенным поражениям кожи («перуанская бородавка»), бактериемия» Carrión disease, a two-phase disease (acute form - primary geolytic «Oroya fever» (systemic bartonellosis) with a mortality rate of up to 90% in untreated patients), the chronic form is «Peruvian wart (cutaneous and mucosal bartonellosis), leading to angiogenic skin lesions («Peruvian wart»), bacteremia)
<i>B. quintana</i> (до 1993 г. - <i>Rochalimaea quintana</i>) <i>B. quintana</i> (until 1993 - <i>Rochalimaea quintana</i>)	1917 (1993)	вши человека, кошачьи блохи (<i>Stenopscephalides felis</i>), блохи грызунов, постельные клопы, кошки (случайный механизм передачи) human lice, cat fleas (<i>Stenopscephalides felis</i>), rodent fleas, bed bugs, cats (random transmission mechanism)	повсеместно, на всех континентах (Европа, Северная Америка, Азия, Африка, Австралия), кроме Антарктиды everywhere, on all continents (Europe, North America, Asia, Africa, Australia), except Antarctica	человек, грызуны, собаки, кошки, макаки human, rodents, dogs, cats, macaques	окопная лихорадка (траншейная лихорадка, пятнивая лихорадка, волынская лихорадка, горюдая окопная лихорадка (у бездомных и наркоманов) и т.д.), генерализованная лимфаденопатия, бацилярный ангиоматоз, пелиозный гепатит, культурально-негативные эндокардиты, аневризмы, васкулиты и/или тромбозы, хроническая бактериемия, литические поражения костей, бацилярный пелиозный гепатит, расстройство центральной нервной системы, бартонеллезный (рохалимический) синдром с бактериемией, глазные симптомы, неспецифические симптомы (лихорадка, головная боль, анорексия, миалгия), причина оппортунистической инфекции у ВИЧ-инфицированных. От 80 до 90% пациентов имеют эритематозные, макулопапулезные поражения размером до 1 см на туловище, языке, гиперемия конъюнктивы trench fever (five-day fever, Volyn fever, urban trench fever (in homeless and drug addicts), etc.), generalized lymphadenopathy, bacillary angiomatosis, peliotic hepatitis, culturally negative endocarditis, aneurysms, vasculitis and/or thrombosis, chronic bacteremia, lytic bone lesions,

Таблица 1. Продолжение
Table 1. Continuation

Возбудитель бартонеллеза The causative agent of bartonellosis	Год открытия (реклассификации) Year of opening (reclassification)	Переносчик Vector	Известное географическое распространение возбудителя или места изоляции возбудителя The known geographical distribution of the pathogen or the place of isolation of the pathogen	Известные резервуарные хозяева Known major reservoir hosts	Патология у человека Pathology in humans
<i>B. clarridgeiae</i>	1996	кошачьи блохи <i>C. felis</i> , клещи <i>C. felis</i> cat fleas, ticks	повсеместно: Северная Америка (США), Европа (Франция, Греция), Южная Америка (Парагвай), Азия (Япония, Лаос Восточный Алжир, Иран, Тунис, Египет, Ирак, Марокко), Россия и т.д. everywhere: North America (USA), Europe (France, Greece), South America (Paraguay), Asia (Japan, Laos, Algeria, Iran, Tunisia, Egypt, Iraq, Morocco), Russia, etc.	домашние кошки, собаки, человек domestic cats, dogs, human	bacillary peliotic hepatitis, central nervous system disorder nervous system, bartonella (rohalimic) syndrome with bacteriemia, ocular symptoms, nonspecific symptoms (fever, headache, anorexia, myalgia), the cause of opportunistic infection in HIV-infected people. From 80 to 90% of patients have erythematous, maculopapular lesions up to 1 cm in size on the trunk, tongue, conjunctival hyperemia
<i>B. elizabethae</i> (до 1993 г. - <i>Rochalimaea elizabethae</i>) <i>B. elizabethae</i> (until 1993 - <i>Rochalimaea elizabethae</i>)	1986 (1993)	блохи (<i>Xenopsylla cheopis</i> , <i>C. felis</i> и т.д.), клещи fleas (<i>Xenopsylla cheopis</i> , <i>C. felis</i> , etc.), ticks	Азия (Китай, Япония, Тайвань, Таиланд, Непал, Палестина, Иран, Ирак, Пакистан, Израиль, Бангладеш, Афганистан), Африка (Тунис, Египет, Марокко, Восточный Алжир), Северная (США) и Южная (Перу) Америка, Европа (Грузия) Asia (China, Japan, Taiwan, Thailand, Nepal, Palestine, Iran, Iraq, Pakistan, Israel, Bangladesh, Afghanistan), Africa (Tunisia, Egypt, Morocco, Eastern Algeria), North (USA) and South (Peru) America, Europe (Georgia)	грызуны (разные виды крыс, обнаружена у 43 видов мелких млекопитающих в 34 странах), человек, собаки rodents (different types of rats, found in 43 species of small mammals in 34 countries), human, dogs	культурально-негативные эндокардиты, нейроретиниты, бациллярный ангиоматоз, острое лихорадочное заболевание головная боль лихорадка, миалгия), лимфаденопатия, бактериемия culturally negative endocarditis, neuroretinitis, bacillary angiomatosis, acute febrile disease (headache, fever, myalgia), lymphadenopathy, bacteriemia
<i>B. henselae</i> (до 1993 г. - <i>Rochalimaea henselae</i>) <i>B. henselae</i> (until 1993 - <i>Rochalimaea henselae</i>)	1950 (1993)	кошачьи блохи (<i>C. felis</i>), собачьи блохи (<i>C. canis</i>), вши, клещи, пауки cat fleas (<i>C. felis</i>), dog fleas (<i>C. canis</i>), lice, ticks, spiders scratch or bite infected cats	повсеместно: Азия (Иордания, Япония, Египет, Иран, Ирак, Саудовская Аравия, Палестина, Корея), Южная Америка, Африка (Египет, Марокко, Тунис Северная Америка (США), Европа (Франция, Германия, Дания, Россия, Венгрия, Греция, Швейцария и т.д.), Австралия	домашние кошки, собаки, человек, койот, морская выдра, лошадь, быки, морские свинки, кролики	возбудитель является причиной множества клинических форм у людей, которые приводят к различным исходам заболевания в зависимости от иммунного статуса пациента: болезнь кошачьей царапины, бациллярный ангиоматоз, бациллярный пелиозный гепатит (бациллярный пелиоз), культурально-негативные эндокардиты, нейроретинит, менингит, энцефалит,

Таблица 1. Продолжение
Table 1. Continuation

Возбудитель бартонеллеза The causative agent of bartonellosis	Год открытия (реклассификации) Year of opening (reclassification)	Переносчик Vector	Известное географическое распространение возбудителя или места изоляции возбудителя The known geographical distribution of the pathogen or the place of isolation of the pathogen	Известные основные резервуарные хозяева Known major reservoir hosts	Патология у человека Pathology in humans
<i>B. vinsonii</i>	1993		everywhere: Asia (Jordan, Japan, Egypt, Iran, Iraq, Saudi Arabia, Palestine, Korea), South America, Africa (Egypt, Morocco, Tunisia North America (USA), Europe (France, Germany, Denmark, Russia, Hungary, Greece, Switzerland, etc.), Australia	domestic cats, dogs, human, coyote, sea otter, horses, bulls, guinea pigs, rabbits	поперечные миелиниты, лимфадениты, аневризмы, васкулиты и/или тромбозы, эпителиоидная гемангиоэндотелиома, специфические симптомы (головная боль, лихорадка, миалгия) The pathogen is the cause of many clinical forms in humans that lead to different disease outcomes depending on the patient's immune status: cat scratch disease, bacillary angiomatosis, bacillary peliosis hepatitis (bacillary peliosis), culture-negative endocarditis, bacteremia with fever, myocarditis, neuroretinitis, meningitis, encephalitis, transverse myelitis, lymphadenitis, aneurysms, vasculitis and/or thrombosis, epithelioid hemangioendothelioma, specific symptoms (headache, fever, myalgia)
subsp. <i>arupensis</i>	1999	блохи, клещи fleas, ticks	Таиланд Thailand	грызуны (белоногая мышь), собаки, человек, крупный рогатый скот rodents (white-footed mouse), dogs, human, cattle	культурально-негативные эндокардиты, острое лихорадочное заболевание, неспецифические симптомы (головная боль, миалгии, головокружение, утомляемость, лихорадка неясного генеза, повышение активности печеночных ферментов), неврологические расстройства, гранулематозные поражения печени, бактериемия, бессонница culturally negative endocarditis, acute febrile disease, nonspecific symptoms (headache, myalgia, dizziness, fatigue, fever of unknown origin, increased activity of liver enzymes), neurological disorders, granulomatous liver lesions, bacteremia, insomnia
subsp. <i>berkhoffii</i>	1995	блохи, клещи fleas, ticks	космополит: Северная Америка (США, Канада), Европа, Азия (Китай, Иран, Ирак), Южная Америка, Африка Cosmopolitan: North America (USA, Canada), Europe, Asia (China, Iran, Iraq), South America, Africa	собаки, койоты, лисы, красный волк, кошки, лошади, человек dogs, coyotes, foxes, red wolf, cats, horses, human	культурально-негативные эндокардиты, эпителиоидная гемангиоэндотелиома, артралгии, миалгии, септицемии, артриты, нейропатия, бациллярный ангиоматоз (у пациентов с ВИЧ-инфекцией), пролиферативные сосудистые заболевания, глазные симптомы culturally negative endocarditis, epithelioid hemangioendothelioma, arthralgia, myalgia, septicemia, arthritis, neuropathy, bacillary angiomatosis (in patients with HIV infection), proliferative vascular diseases, ocular symptoms

Таблица 1. Продолжение
Table 1. Continuation

Возбудитель бартонеллеза The causative agent of bartonellosis	Год открытия (реклассификации) Year of opening (reclassification)	Переносчик Vector	Известное географическое распространение возбудителя или места изоляции возбудителя The known geographical place of isolation of the pathogen	Известные резервуарные хозяева Known major reservoir hosts	Патология у человека Pathology in humans
subsp. <i>vinsonii</i>	1946	блохи, клещи fleas, ticks	Канада, Таиланд Canada, Thailand	грызуны (<i>Microtus pennsylvanicus</i>) rodents (<i>Microtus pennsylvanicus</i>)	острое лихорадочное заболевание (головная боль, миалгии, головокружение, усталость), неспецифические психоневрологические симптомы, бактериемия acute febrile disease (headache, myalgia, dizziness, fatigue), nonspecific neuropsychiatric symptoms, bacteremia
subsp. <i>yucatanensis</i>	2016	блохи, клещи? fleas, ticks?	Мексика Mexico	грызуны rodent	нет данных no data available
<i>B. doshiae</i> (до 1995 г. - <i>Grahamella doshiae</i>) (until 1995 - <i>Grahamella doshiae</i>)	1995	блохи грызунов rodent fleas	Великобритания, Швейцария, Афганистан Great Britain, Switzerland, Afghanistan	грызуны, человек rodent, human	неспецифические симптомы (усталость, нечеткость зрения, артралгия) non-specific symptoms (fatigue, blurred vision, arthralgia)
<i>B. grahamii</i> (до 1995 г. - <i>Grahamella grahamii</i>) (until 1995 - <i>Grahamella grahamii</i>)	1995	блохи грызунов (<i>C. nobilis</i>), клещи <i>I. ricinus</i> ? rodent fleas (<i>C. nobilis</i>), <i>I. ricinus</i> ?	Азия (Китай, Япония, Таиланд, Япония), Европа (Россия, Швеция, Дания, Великобритания, Польша, Испания, Германия, Швейцария, Нидерланды, Словения), Северная Америка (Канада, США) Asia (China, Japan, Thailand, Japan), Europe (Russia, Sweden, Denmark, Great Britain, Poland, Spain, Germany, Switzerland, Netherlands, Slovenia), North America (Canada, USA)	грызуны (рыжая полевка, крысы), обнаружен у 53 видов мелких млекопитающих в 31 стране, человек, собаки, домашние кошки rodents, rats, found in 53 species of small mammals in 31 countries, human, dogs, domestic cats	болезнь кошачьей царапины (пациент с ослабленным иммунитетом), нейроретиниты, эндокардиты, лимфаденопатия, увеиты cat scratch disease (immunocompromised patient), neuroretinitis, endocarditis, lymphadenopathy, uveitis
<i>B. washoensis</i>	1995	блохи, клещи fleas, ticks	Северная Америка (США), Европа (Литва, Чехия), Азия North America (USA), Europe (Lithuania, Czech Republic), Asia	белки, кролики (<i>Oryctolagus cuniculus</i>), человек, собаки squirrels, rabbits (<i>Oryctolagus cuniculus</i>), human, dogs	менингиты, миокардиты, культурально-негативные эндокардиты, лихорадка meningitis, myocarditis, culture-negative endocarditis, fever

Таблица 1. Продолжение
Table 1. Continuation

Возбудитель bartonellosis The causative agent of bartonellosis	Год открытия (реклассификации) Year of opening (reclassification)	Переносчик Vector	Известное географическое распространение возбудителя или места изоляции The known geographical distribution of the pathogen or the place of isolation of the pathogen	Известные основные резервуарные хозяева Known major reservoir hosts	Патология у человека Pathology in humans
subsp. <i>cuponyi</i> (<i>Candidatus</i>)	2008	нет данных no data available	нет данных no data available	грызуны (луговые собачки) rodents (prairie dogs)	нет валидной публикации no valid publication
subsp. <i>brasiliensis</i> (<i>Candidatus</i>)	2020	нет данных no data available	нет данных no data available	мелкие млекопитающие small mammals	нет валидной публикации no valid publication
<i>B. tribocorum</i>	1998	блохи (<i>Xenopsylla</i> spp. и т.д.) fleas (<i>Xenopsylla</i> spp., etc.)	Европа (Бельгия, Франция, Грузия), Азия (Китай, Япония, Бангладеш, Израиль, Палестина), Северная и Южная (Бразилия) Америка Europe (Belgium, France, Georgia), Asia (China, Japan, Bangladesh, Israel, Palestine), North and South (Brazil) America	обнаружена у 30 видов мелких млекопитающих в 34 странах It is found in 30 species of small mammals in 34 countries	острое лихорадочное заболевание неспецифические симптомы (усталость, мышечная боль, головная боль), лимфаденопатия acute febrile disease nonspecific symptoms (fatigue, muscle pain, headache), lymphadenopathy
<i>B. alsatica</i>	1999	кроличьи блохи (<i>Spilopsyllus cuniculi</i> и <i>X. cunicularis</i>), клещи rabbit fleas (<i>Spilopsyllus cuniculi</i> and <i>X. cunicularis</i>), ticks	Европа (Франция) Europe (France)	дикие и домашние кролики (<i>Oryctolagus cuniculus</i>), человек (редко) wild and domestic rabbits (<i>Oryctolagus cuniculus</i>), human (rare)	культурально-негативные эндокардиты, мембранопролиферативный гломерулонефрит, лимфаденопатия, лимфадениты culturally negative endocarditis, membranoproliferative glomerulonephritis, lymphadenopathy, lymphadenitis
<i>B. koehlerae</i>	1999	кошачьи блохи (<i>C. felis</i>), блохи грызунов, клещи (<i>R. sanguineus</i>) cat fleas (<i>C. felis</i>), rodent fleas, ticks (<i>R. sanguineus</i>)	Северная (США) и Южная Америка, Европа, Африка (Намибия), Азия (Афганистан, Палестина) North (USA) and South America, Europe, Africa (Namibia), Asia (Afghanistan, Palestine)	домашние кошки, грызуны (песчанки), собаки, человек	культурально-негативные эндокардиты, болезнь кошачьей царапины, бактериемия, невропатия, глазные симптомы culturally negative endocarditis, cat scratch disease, bacteremia, neuropathy, ocular symptoms
subsp. <i>koehlerae</i>	2000	блохи fleas	США USA	кошки, львы cats, lions	нет данных no data available
subsp. <i>boulouisii</i>	2016	блохи fleas	США USA	пума, рысь cougar, lynx	нет данных no data available
subsp. <i>bothieri</i>	2016	блохи fleas	США USA	пума, рысь cougar, lynx	нет данных no data available

Таблица 1. Продолжение
Table 1. Continuation

Возбудитель бартонеллеза The causative agent of bartonellosis	Год открытия (реклассификации) Year of opening (reclassification)	Переносчик Vector	Известное географическое распространение возбудителя или места изоляции возбудителя The known geographical distribution of the pathogen or the place of isolation of the pathogen	Известные основные резервуарные хозяева Known major reservoir hosts	Патология у человека Pathology in humans
<i>B. schoenbuchensis</i>	2001	кусающие мухи - <i>Lipoptena cervi</i> (оленья муха), клещи biting flies - <i>Lipoptena cervi</i> (deer fly), ticks	Европа (Германия, Австрия) Europe (Germany, Austria)	олени, косули, лоси, крупный рогатый скот, человек deer, roe deer, moose, cattle, human	олений дерматит у человека deer dermatitis in humans
<i>B. rattimassiliensis</i>	2004	блохи грызунов, <i>Polypylax spinulosa</i> , <i>Horoppleura pacifica</i> grizunov's fleas, <i>Polyplax spinulosa</i> , <i>Horoppleura pacifica</i>	Европа (Франция), Азия (Япония, Непал, Таиланд, Пакистан), Африка (Египет) Europe (France), Asia (Japan, Nepal, Thailand, Pakistan), Africa (Egypt)	серые крысы, человек grey rats, human	острое лихорадочное заболевание acute febrile illness
<i>B. rochalimae</i>	2007	блохи (<i>Xenopsylla</i> spp и т.д.), клещи (<i>Hyalomma dromedarii</i> , <i>Rhipicephalus sanguineus</i>) fleas (<i>Xenopsylla</i> spp. etc), ticks (<i>Hyalomma dromedarii</i> , <i>Rhipicephalus sanguineus</i>)	Северная (США) и Южная (Чили, Перу) Америка, Европа, Азия (Иран, Ирак, Непал, Палестина), Африка (Тунис, Марокко) North (USA) and South (Chile, Peru) America, Europe, Asia (Iran, Iraq, Nepal, Palestine), Africa (Tunisia, Morocco)	собаки, грызуны, кошки, койоты, лисы, еноты, человек dogs, rodents, cats, coyotes, foxes, raccoons, human	симптомы, подобные малярии; симптомы, подобные болезни Карриона; кожные поражения, спленомегалия, лихорадка malaria-like symptoms; Carrion disease-like symptoms; skin lesions, splenomegaly, fever
<i>B. tamiae</i>	2008	клещи, мухи ticks, flies	Южная Азия, Алжир, Таиланд South Asia, Algeria, Thailand	грызуны (крысы), кошка, человек rodents (rats), cat, human	неспецифические симптомы (лихорадка, миалгии, головная боль, усталость, желтковая макулопапулезная сыпь), эндокардиты nonspecific symptoms (fever, myalgia, headache, fatigue, nodular (maculopapular) rash), endocarditis
<i>B. melophagi</i> (панее - <i>Candidatus</i> Bartonella melophagi) (previously - <i>Candidatus</i> Bartonella melophagi)	2006 (2016)	овечьи кедды (кровососки <i>Melophagus ovinus</i>) клещи sheep speckers (bloodsuckers <i>Melophagus ovinus</i>) mites	Африка (Эфиопия, северный Алжир), Северная (США) и Южная (Перу) Америка, Европа (Хорватия, Австрия, Чехия Шотландия), Китай Northern (USA) and Southern (Peru) America, Europe (Croatia, Austria, Czech Republic, Scotland), China	домашние овцы, человек domestic sheep, human	неспецифические симптомы (проблемы со сном, мышечная слабость, боль в суставах, тремор лица) non-specific symptoms (sleep problems, muscle weakness, joint pain, facial tremor).
<i>B. ancashensis</i> (панее - <i>Candidatus</i> Bartonella ancashii)	2013 (2015)	неизвестен, возможно, определенные виды москитов unknown, possibly certain types of mosquitoes	Южная Америка (Перу) South America (Peru)	человек human	хроническое кожное высыпание (перуанская бородавка (<i>verruca peruana</i>)) chronic skin rash (Peruvian wart (<i>verruca peruana</i>))

Таблица 1. Продолжение
Table 1. Continuation

Возбудитель бартонеллеза The causative agent of bartonellosis	Год открытия (реклассификации) Year of opening (reclassification)	Переносчик Vector	Известное географическое распространение возбудителя или места изоляции возбудителя The known geographical distribution of the pathogen or the place of isolation of the pathogen	Известные резервуарные хозяева Known major reservoir hosts	Патология у человека Pathology in humans
<i>Candidatus</i> Bartonella mayotimonensis	2010	кровососки летучих мышей, блохи, клещи bloodsucking bats, fleas, ticks	Северная (США), Центральная и Южная Америка, Европа (Великобритания, Франция, Венгрия) Грузия, Азия (Таиланд) и Африка (Нигерия) North (USA), Central and South America, Europe (UK, France, Spain, Finland, Romania, Hungary) Georgia, Asia (Thailand) and Africa (Nigeria)	летучие мыши, человек bats, human	культурально-негативные эндокардиты culturally negative endocarditis
<i>Candidatus</i> Bartonella rousetii	2020	мухи flies	Африка (Кения, Замбия, Нигерия и т.д.) Africa (Kenya, Zambia, Nigeria, etc.)	летучие мыши bats	недостаточно данных, лихорадочные состояния insufficient data, feverish conditions

56% обследованных ветеринарных специалистов имели антитела к *B. henselae*, *B. quintana* и/или *B. vinsonii* subsp. *berkhoffii*. В одной из работ было показано, что ДНК бартонелл была обнаружена в крови 28% ветеринарных работников, тогда как в контрольных группах бартонеллы не были выявлены [18]. Известен случай заражения ветеринара *B. vinsonii* subsp. *berkhoffii* в результате укола иглой [45]. Предполагается, что инфекции *B. henselae* стали причиной смерти двух ветеринаров в 2013 г. [49]. В недавнем исследовании в Германии IgG к *B. henselae* были обнаружены у почти 45% работников лесного хозяйства, что может быть связано с интенсивным контактом с кровососущими [47]. Более высокий риск заражения бартонеллами описан у бездомных, алкоголиков и наркоманов [37,50–52]. Переливание крови определен как один из факторов риска передачи бартонеллезной инфекции [18].

Многие виды грызунов обитают в непосредственной близости от людей, поэтому их контакты с людьми не являются маловероятным событием. Случайная передача специфичных для грызунов видов бартонелл человеку, как нерезервуарному хозяину, может привести к заболеванию [32,53]. Вместе с тем в литературе описано лишь небольшое количество лабораторно подтвержденных клинических случаев (24 случая) бартонеллеза у людей, ассоциированного с грызунами [13], в результате инфицирования *B. vinsonii* subsp. *arupensis*, *B. elizabethae*, *B. alsatica*, *B. tribocorum*, *B. doshiae*, *B. grahamii*, *B. rattimassiliensis*. Следует отметить, что патогенность для человека большинства видов бартонелл, выделенных от грызунов, до сих пор неизвестна [53]. Возможными причинами относительно низкого числа случаев заболеваний людей, по сравнению с высокой распространенностью бартонелл среди мелких млекопитающих, являются: недостаточная в целом осведомленность врачей об инфекциях, вызываемых бартонеллами у людей (в том числе, ассоциированных с грызунами); отсутствие диагностических наборов реагентов для лабораторной верификации инфекции.

Атипичное течение установленной трансмиссивной инфекции может наблюдаться при коинфицировании бартонеллами [54,55]. В частности, у пациентов с атипичным нейроборрелиозом была подтверждена инфицированность не только *B. burgdorferi* sensu lato, но и *B. henselae* [56]. Следует отметить, что переносчик (в частности, клещ) может быть заражен несколькими возбудителями. В одной из работ одновременная встречаемость боррелий, анаплазм/эрлихий и бартонелл была выявлена у 2,9% клещей *I. persulcatus* [54].

Заключение

Большое генетическое разнообразие бартонелл и их широкое распространение представляют недооцененную опасность для здоровья населения. Только видов, вызывающих патологические состояния

у человека, к настоящему времени известно не менее 20.

Бартонеллезная инфекция проявляется широким спектром симптомов – от субклинических течений с умеренным уровнем заболеваемости (например, траншейная лихорадка человека, вызываемая *B. quintana*) до опасного для жизни человека заболевания, примером которого является болезнь Карриона (этиологический источник – *B. bacilliformis*).

Между тем медицинские работники нередко игнорируют бартонеллезы. Кроме того, ресурсы для лабораторного подтверждения бартонеллеза в настоящее время весьма ограничены. Возможно, необходимо рассмотреть вопрос о скрининге доноров крови на наличие возбудителя бартонеллезной инфекции, особенно при переливании крови определенным группам риска для предотвращения трансфузионной передачи инфекции [18].

В РФ отсутствует официальная регистрация бартонеллезной инфекции, она не включена в Форму №2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» федеральной статистической отчетности Роспотребнадзора. В настоящее время не приходится объективно судить о масштабе распро-

странении бартонеллезозов среди населения в нашей стране. Имеются лишь отрывочные данные: в различных субъектах РФ были выявлены больные, инфицированные *B. vinsonii* subsp. *arupensis*, *B. henselae* [58–60]. Бартонеллы были выделены из крови инфицированных людей [61–64]. Отдельные исследования показали наличие бартонелл среди диких мелких млекопитающих [63], в иксодовых клещах [57,61,63], комарах [61]. ДНК *B. henselae* была обнаружена у 38–44% клещей *I. persulcatus* в Западной Сибири [64]. Высокая встречаемость бартонелл в клещах и других экологических нишах, а также геновидовое разнообразие, не уступающее или даже превосходящее род *Borrelia* [65], может привести к тому, что бартонеллезы встанут в один ряд по эпидемиологической значимости с официально регистрируемыми иксодовыми клещевыми боррелиозами, лидирующими в настоящее время среди клещевых инфекций бактериальной этиологии.

Глобальное потепление представляет собой дополнительный фактор, способствующий распространению бартонеллезозов, в связи с расширением географического ареала их переносчиков и основных резервуарных хозяев.

Литература\References

1. LPSN bacterio.net. Доступно на Available at: <https://psn.dsmz.de/genus/bartonella>. Ссылка действительна на 09.08.2024 г. The link is valid in 09.08.2024
2. Kumar S, Stecher G, Suleski M, et al. TimeTree: a resource for timelines, timetrees, and divergence times. *Molecular biology and evolution*. 2017 Vol.34, N7. P. 1812–1819.
3. Marin J, Battistuzzi FU, Brown AC, et al. The Timetree of Prokaryotes: New Insights into Their Evolution and Speciation. *Molecular biology and evolution*. 2017 Vol. 34, N2. P. 437–446.
4. Segers FH, Kešnerová L, Kosoy M, et al. Genomic changes associated with the evolutionary transition of an insect gut symbiont into a blood-borne pathogen. *The ISME journal*. 2017 Vol. 11, N5. P. 1232–1244.
5. McKee C.D., Bai Y, Webb CT, et al. Bats are key hosts in the radiation of mammal-associated *Bartonella* bacteria. *Infection, Genetics and Evolution*. 2021 Vol. 89. P. 104719.
6. Brenner DJ, O'Connor SP, Winkler HH, et al. Proposals to unify the genera *Bartonella* and *Rochalimaea*, with descriptions of *Bartonella quintana* comb. nov., *Bartonella vinsonii* comb. nov., *Bartonella henselae* comb. nov., and *Bartonella elizabethae* comb. nov., and to remove the family *Bartonellaceae* from the order *Rickettsiales*. *International journal of systematic bacteriology*. 1993 Vol.43, N4. P. 777–886.
7. Birtles RJ, Harrison TG, Saunders NA, et al. Proposals to unify the genera *Grahamella* and *Bartonella*, with descriptions of *Bartonella talpae* comb. nov., *Bartonella peromysci* comb. nov., and three new species, *Bartonella grahamii* sp. nov., *Bartonella taylorii* sp. nov., and *Bartonella doshiae* sp. nov. *International journal of systematic bacteriology*. 1995 Vol.45. P.1–8.
8. Houpiakian P, Raoult D. Molecular phylogeny of the genus *Bartonella*: what is the current knowledge? *FEMS microbiology letters*. 2001 Vol. 200, N1. P. 1–7.
9. Wagner A, Dehio C. Role of distinct type-IV-secretion systems and secreted effector sets in host adaptation by pathogenic *Bartonella* species. *Cell Microbiology*. 2019 Vol.21 P.13004.
10. Jackson LA, Spach DH. Emergence of *Bartonella quintana* infection among homeless persons. *Emerging infectious diseases*. 1996 Vol.2. P.141–144.
11. Krügel M, Król N, Kempf V, et al. Emerging rodent-associated *Bartonella*: a threat for human health? *Parasites & Vectors*. 2022 Vol.15, 113.
12. Jiyipong T, Jittapalpong S, Morand S, et al. *Bartonella* species in small mammals and their potential vectors in Asia. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2014 Vol. 4, N10. P.757–767.
13. Breitschwerdt EB, Kordick DL. *Bartonella* infection in animals: carriership, reservoir potential, pathogenicity, and zoonotic potential for human infection. *Clinical microbiology reviews*. 2000 Vol.13, N3.P.428–438.
14. Chomel BB, Kastan RW. *Bartonellosis*, an increasingly recognized zoonosis. *Journal of applied microbiology*. 2010 Vol.109, N3. P.743–750.
15. Portillo A, Santibáñez S, García-Álvarez L, et al. *Rickettsioses in Europe. Microbes and infection*. 2015 Vol. 17, N11–12. P. 834–838.
16. Mascarelli PE, Maggi RG, Hopkins S, et al. *Bartonella henselae* infection in a family experiencing neurological and neurocognitive abnormalities after woodlouse hunter spider bites. *Parasites & vectors*. 2013 Vol.6, 98.
17. Guru PK, Agarwal A, Fritz A. A miraculous recovery: *Bartonella henselae* infection following a red ant bite. *BMJ case reports*. 2018, bcr2017222326.
18. Regier Y, Rourke F, Kempf VA. *Bartonella* spp. – a chance to establish One Health concepts in veterinary and human medicine. *Parasites & vectors*. 2016 Vol.9, N1, 261.
19. Kosoy M, Goodrich I. Comparative Ecology of *Bartonella* and *Brucella* Infections in Wild Carnivores. *Frontiers in veterinary science*. 2019 Vol.5, 322.
20. Cheslock M, Embers M. Human *Bartonellosis*: An Underappreciated Public Health Problem? *Tropical medicine and infectious disease*. 2019 Vol.4,N2, 69.
21. Dietrich F, Schmidgen T, Maggi RG, et al. Prevalence of *Bartonella henselae* and *Borrelia burgdorferi* sensu lato DNA in *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Applied and environmental microbiology*. 2010 Vol.76, N5. P. 1395–1398.
22. Del Valle-Mendoza J, Rojas-Jaimes J, Vasquez-Achaya F, et al. Molecular identification of *Bartonella bacilliformis* in ticks collected from two species of wild mammals in Madre de Dios: Peru. *BMC research notes*. 2018.Vol.11, N1.P. 405.
23. Angelakis E, Pulcini C, Waton J, et al. Scalp eschar and neck lymphadenopathy caused by *Bartonella henselae* after tick bite. *Clinical infectious diseases*.2010 Vol.50,N4. P. 549–551.
24. Telford SR, Wormser GP. *Bartonella* spp. transmission by ticks not established. *Emerging Infection Diseases*. 2010 Vol.16. P.379–384.
25. Minnick MF, Anderson BE Chapter 105 – *Bartonella*. In: Tang YW, Sussman M, Liu D, et al. *Molecular Medical Microbiology*. 2nd ed. Academic Press. Boston, FL, USA. 2015 P. 1911–1939.
26. Jin X, Gou Y, Xin Y, et al. Advancements in understanding the molecular and immune mechanisms of *Bartonella* pathogenicity. *Frontiers in microbiology*. 2023 Vol.14, 1196700.
27. Fromm K, Dehio Ch. The Impact of *Bartonella* VirB/VirD4 Type IV Secretion System Effectors on Eukaryotic Host Cells. *Frontiers in microbiology*. 2021 Vol.12, 762582.
28. Chomel BB, Boulouis HJ, Breitschwerdt EB, et al. Ecological fitness and strategies of adaptation of *Bartonella* species to their hosts and vectors. *Veterinary research*. 2009 Vol. 40,29.
29. Angelakis E, Raoult D. Pathogenicity and treatment of *bartonella* infections. *International journal of antimicrobial agents*. 2014 Vol.44. P.16–25.
30. Chomel BB, Boulouis HJ, Breitschwerdt EB. Cat scratch disease and other zoonotic *Bartonella* infections. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2004 Vol.224, N8.P.1270–1279.

31. Oksi J, Rantala S, Kilpinen S, et al. Cat scratch disease caused by *Bartonella grahamii* in an immunocompromised patient. *Journal of clinical microbiology*. 2013 Vol. 51, N8. P.2781–2784.
32. Lins KA, Drummond MR, Velho PE. Cutaneous manifestations of bartonellosis./*Anais brasileiros de dermatologia*. 2019 Vol. 94, N5. P.594–602.
33. Alexander B. A review of bartonellosis in Ecuador and Colombia.*The American journal of tropical medicine and hygiene*.1995 Vol.52, N4. P.354–359
34. Stuckeya MJ, Chomela BB, Henri-Jean EC, et al. Bartonella, bats and bugs: a review. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2017 Vol. 55. P.20–29.
35. Kosoy M, Saito E, Green D, et al. Experimental evidence of host specificity of *Bartonella* infection in rodents. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2000 Vol.23. P.221–238.
36. Brock TD. *Robert Koch, a life in medicine and bacteriology*.ASM Press, Washington, D.C. 1999 P. 1–364.
37. Drancourt M, Tran-Hung L, Courtin J, et al. *Bartonella quintana* in a 4000-year-old human tooth. *The Journal of infectious diseases*. 2005 Vol.191,N4. P.607–611.
38. Barbieri R, Mai B-H-A, Chenal T, et al. A 2,000-year-old specimen with intraerythrocytic *Bartonella quintana*. *Scientific reports*. 2020 Vol.10, N1, 10069.
39. Alexander B. A review of bartonellosis in Ecuador and Colombia. *The American journal of tropical medicine and hygiene*.1995 Vol.52. P.354–359
40. Breitschwerdt EB, Maggi RG, Chomel BB, et al. Bartonellosis: an emerging infectious disease of zoonotic importance to animals and human beings. *Journal of veterinary emergency and critical care*.2010 Vol.20, N1. P.8–30.
41. Kaiser PO, Riess T, O'Rourke F, et al. *Bartonella* spp.: throwing light on uncommon human infections. *International journal of medical microbiology*. 2011 Vol.301,N1. P.7–15.
42. Lamas C, Curi A, Bóia MN, et al. Human bartonellosis: seroepidemiological and clinical features with an emphasis on data from Brazil – a review. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2008. Vol.103, N1. P.221–235.
43. Nelson CA, Saha S, Mead PS. Cat-Scratch Disease in the United States, 2005–2013. *Emerging infectious diseases*. 2016 Vol.22, N10. P.1741–1746.
44. Oliveira AM, Maggi RG, Woods CW, et al. Suspected needle stick transmission of *Bartonella vinsonii* subspecies *berkhoffii* to a veterinarian. *J Vet Intern Med*. 2010;24:1229–32.
45. Lantos PM, Maggi RG, Ferguson B, et al. Detection of *Bartonella* species in the blood of veterinarians and veterinary technicians: a newly recognized occupational hazard? *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2014 Vol.14. P.563–70.
46. Jurke A, Bannert N, Brehm K, et al. Serological survey of *Bartonella* spp., *Borrelia burgdorferi*, *Brucella* spp., *Coxiella burnetii*, *Francisella tularensis*, spp., *Echinococcus*, *Hanta-*, *TBE-* and *XMR-virus* infection in employees of two forestry enterprises in North Rhine–Westphalia, Germany, 2011–2013. *International journal of medical microbiology*. 2015 Vol.305, N7. P.652–662.
47. Oteo JA, Maggi R, Portillo A, et al. Prevalence of *Bartonella* spp. by culture, PCR and serology, in veterinary personnel from Spain. *Parasit & Vectors*. 2017 Vol.10. P.1–9.
48. Breitschwerdt EB. Did *Bartonella henselae* contribute to the deaths of two veterinarians? *Parasit & Vectors*. 2015 Vol.8. P.317.
49. Jackson LA, Spaeh DH, Kippen DA, et al. Seroprevalence to *Bartonella quintana* among patients at a community clinic in downtown Seattle. *The Journal of infectious diseases*. 1996 Vol.173.P.1023–1026.
50. Foucault C, Brouqui P, Raoult D. *Bartonella quintana* characteristics and clinical management. *Emerging infectious diseases*. 2006 Vol.12. P.217–223.
51. Smith HM, Reporter R, Rood MP, et al. Prevalence study of antibody to ratborne pathogens and other agents among patients using a free clinic in downtown Los Angeles. *The Journal of infectious diseases*. 2002 Vol.186.P.1673–1676.
52. Orellana-Rios J, Verdaguier-Diaz JI, Opazo G, et al. Not cat-scratch disease: *Bartonella henselae* neuroretinitis associated with non-feline pet mammals. *IDCases*. 2020 Vol. 22. P. e00978.
53. R. Gutiérrez, T. Shalit, B. Markus, et al. *Bartonella kosoyi* sp. nov. and *Bartonella krasnovii* sp. nov., two novel species closely related to the zoonotic *Bartonella elizabethae*, isolated from black rats and wild desert rodent-fleas. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. 2020 Vol.70, N3.P.1656–1665. P. 10.1099/ijsem.0.003952.
54. Holden K, Boothby JT, Kasten RW, et al. Co-detection of *Bartonella henselae*, *Borrelia burgdorferi*, and *Anaplasma phagocytophilum* in *Ixodes pacificus* ticks from California, USA. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2006 Vol. 6. P.99–102.
55. Belongia EA. Epidemiology and impact of coinfections acquired from *Ixodes* ticks. *Vector Borne Zoonotic Diseases*. 2002 Vol. 2. P.265–273.
56. Halos L, Jamal T, Maillard R., et al. Evidence of *Bartonella* sp. in questing adult and nymphal *Ixodes ricinus* ticks from France and co-infection with *Borrelia burgdorferi sensu lato* and *Babesia* sp. *Veterinary research*. 2005 Vol. 36. P.79–87.
57. Rar VA, Fomenko NV, Dobrotvorsky AK, et al. Tick-borne Pathogen Detection, Western Siberia, Russia. *Emerging infectious diseases*. 2005 Vol. 11. N 11. P. 1708–1715.
58. Круглов А. Н., Осадчая В. А., Фролова Г. П. и др. Первые случаи заболеваний, вызванных бактериями рода *Bartonella*, в России. *Инфекционные болезни*. 2006 Т.4, №3. С.64–68. Kruglov A.N., Osadchaya V.A., Frolova G.P. i dr. *Pervyye sluchai zabolnavaniy, vyzvannykh bakteriyami roda Bartonella, v Rossii. Infektsionnyye bolezni* 2006; 4(3):64–8. (In Russ.).
59. Мазанкова Л. Н., Харламова Ф. С., Османов И. М. и др. Бартонеллез (болезнь кошачьих царапин) у детей. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2018 Т. 63, N3. P. 112–117. Mazankova L.N., Kharlamova F.S., Osmanov I.M., et al. *Bartonellosis (cat-scratch disease) in children. Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2018;63(3):112–7. (In Russ.). doi:10.21508/1027-4065-2018-63-3
60. Лунякова М. А., Демихов В. Г., Инякова Н. В., Панина Е. А. Атипичное течение бартонеллеза с гепатолиенальным поражением. *Pediatric Hematology, Oncology and Immunopathology*. 2021 Т. 20, №1. С.136–144. Lunyakova M.A., Demikhov V.G., Inyakova N.V., et al. *Atypical presentation of bartonellosis with hepatolienal lesions. Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology*. 2021;20(1):136–144. (In Russ.) doi:10.24287/1726-1708-2021-20-1-136-144
61. Морозова О. В., Петрожицкая Л. В., Черноусова Н. Я. и др. Детекция ДНК бартонелл в иксодовых клещах, комарах и крови больных в Новосибирской области. *Бюллетень сибирской медицины*. 2006 №1. С.106–110. Morozova O.V., Petrozhitskaya L.V., Chernousova N.Ya., et al. *Detection of bartonella DNA in ixodid ticks, mosquitoes and in patients blood in Novosibirsk region. Bulletin of Siberian Medicine*. 2006;5:106–110. (In Russ.) doi:10.20538/1682-0363-2006-106-110
62. Rydkina EB, Roux V, Gagua EM, et al. *Bartonella quintana* in body lice collected from homeless persons in Russia. *Emerging infectious diseases*. 1999 Vol.5, N1. P.176–178.
63. Mediannikov O, Ivanov L, Zdanovskaya N, et al. Molecular Screening of *Bartonella* Species in Rodents from the Russian Far. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2005 Vol.1063. P.308–311.
64. Morozova OV, Cabello FC, Dobrotvorsky AK. Semi-nested PCR detection of *Bartonella henselae* in *Ixodes persulcatus* ticks from Western Siberia, Russia. *Vector Borne Zoonotic Diseases*. 2004 Vol.4. P.306–309.
65. Чеканова Т. А., Манзенюк И. Н. Клещевые возвратные лихорадки и генетическое разнообразие боррелий: текущее состояние вопроса. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2021 Т. 20, №6. С.108–116. Chekanova T.A., Manzenyuk I.N. *Tick-Born Relapsing Fever and Genespecies Diversity of Borrelia: Current Status. Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2021;20(6):108–16. (In Russ.). doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-6-108-116

Об авторах

- **Татьяна Александровна Чеканова** – к. б. н., заведующая лабораторией эпидемиологии природно-очаговых инфекций, ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора. +7 (903) 195-26-42, tchekanova74@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-2532-0054>.
- **Игорь Николаевич Манзенюк** – к. м. н., помощник директора по научной работе, ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора. +7 (926) 296-06-04, manzenyuk@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0002-1146-1430>.

Поступила: 27.08.2024. Принята в печать: 07.11.2024.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- **Tatiana A. Chekanova** – Cand. Sci. (Biol.), Head of Laboratory for Natural Focal Infection Epidemiology, Central Research Institute of Epidemiology, Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being. +7 (903) 195-26-42, tchekanova74@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-2532-0054>.
- **Igor N. Manzenyuk** – Cand. Sci. (Med.), Aide to Director of Institute (Scientific work), Central Research Institute of Epidemiology, Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being. +7 (926) 296-06-04, manzenyuk@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0002-1146-1430>.

Received: 27.08.2024. Accepted: 07.11.2024.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.