

<https://doi.org/10.31631/2073-3046-2025-24-2-33-42>

Сравнительная характеристика спонтанной зараженности клещей в природных очагах бактериальных клещевых инфекций в Западном и Восточном Прибайкалье

Д. О. Киселев^{*1}, Ю. П. Джигоев¹, И. В. Козлова³, Л. А. Степаненко¹,
А. А. Бадмаев², В. И. Злобин^{1,4}

¹ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России

² ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия», г. Улан-Удэ

³ ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», г. Иркутск

⁴ ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н. Ф. Гамалеи» Минздрава России, Москва

Резюме

Актуальность. Изучение природных очагов инфекций, передаваемых клещами, является неотъемлемой составляющей в исследовании клинко-эпидемиологических особенностей данной группы заболеваний и их проявлений на различных эндемичных территориях. **Цель работы** – получение актуальной информации в отношении распространения наиболее эпидемически значимых возбудителей бактериальных инфекций, переносимых клещами в природных очагах Прибайкалья, с применением молекулярных методов анализа. **Материалы и методы.** Проведен анализ спонтанной зараженности клещей *I. persulcatus* возбудителями инфекций, передающихся клещами (*Borrelia* spp., *Ehrlichia* spp., *Anaplasma* spp.), в природных очагах на территории Байкальского региона России с определением видового разнообразия боррелий (*B. afzelii*, *B. garinii*, *B. miyamotoi*) в изучаемом материале. В качестве лабораторного метода детекции использована технология ПЦР-РВ. **Результаты.** Общая зараженность клещей боррелиями составила 45,3%, эрлихиями – 16,0% и анаплазмами – 15,9%. Показана неравномерность зараженности клещей патогенами на изучаемой территории. Доминирующим видом боррелий оказался *B. garinii* – 44,0% случаев, на втором месте *B. miyamotoi* – 15,9 %, *B. afzelii* – 13,6 %, боррелии неустановленных видов – 34,0%. Зафиксированы различия в зараженности клещей *B. afzelii*, *B. garinii* и *B. miyamotoi* между отдельными частями Прибайкалья. **Заключение.** Полученные данные дополняют и расширяют представления о видовом разнообразии природно-очаговых инфекций, переносимых клещами на территории Прибайкалья, и могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях и в организации профилактических и лечебных мер при заражении рассмотренными в исследовании патогенами.

Ключевые слова: боррелии, эрлихии, анаплазма, природно-очаговые инфекции, инфекции, переносимые клещами, Байкальский регион

Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Киселев Д. О., Джигоев Ю. П., Козлова И. В. и др. Сравнительная характеристика спонтанной зараженности клещей в природных очагах бактериальных клещевых инфекций в Западном и Восточном Прибайкалье. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2025;24(2): 33-42. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2025-24-2-33-42>

The Comparative Characteristics of Spontaneous Infection of Ticks in Natural Foci of Bacterial Tick-Borne Infections in Natural Foci in the Western and Eastern Baikal Region

DO Kiselev^{*1}, YuP Dzhigoev¹, IV Kozlova³, LA Stepanenko¹, AA Badmaev², VI Zlobin^{1,4}

¹ Irkutsk State Medical University, Russia

² Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Buryatia, Russia

³ Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems, Russia

⁴ The Gamaleya National Center of Epidemiology and Microbiology, Russia

* Для переписки: Киселев Дмитрий Олегович, ассистент кафедры патологической физиологии и клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО ИГМУ МЗ РФ, 664019, г. Иркутск, ул. Баррикад, 54Н, 8. +7 (983) 443-66-48, rancevich89@mail.ru. ©Киселев Д. О. и др.

** For correspondence: Kiselev Dmitrii O., assistant at the Department of Pathological Physiology and Clinical Laboratory Diagnostics, Irkutsk State Medical University, 54N, 8, Barrikad, Irkutsk, 664019, Russia. +7 (983) 443-66-48, rancevich89@mail.ru. ©Kiselev DO, et al.

Abstract

Relevance. The study of natural foci of infections transmitted by ticks is an integral part of the study of the clinical and epidemiological characteristics of this group of diseases and their manifestations in various endemic areas. **The aim of this work** was to obtain up-to-date information regarding the spread of the most epidemically significant pathogens of bacterial infections carried by ticks in natural foci of the Baikal region using molecular analysis methods. **Materials & Methods.** Analyzed infections of *I. persulcatus* with pathogens transmitted by ticks (*Borrelia* spp., *Ehrlichia* spp., *Anaplasma* spp.) in natural foci in the Baikal region of Russia with determination of the species diversity of *Borrelia* (*B. afzelii*, *B. garinii*, *B. miyamotoi*) in the studied material. The study used RT-PCR for detection. **Results.** The total infection of ticks with *Borrelia* - 45.3%, *Ehrlichia* - 16.0% and *Anaplasma* - 15.9%. The study shown the unevenness of infection of ticks by pathogens in the study area. The dominant species of *Borrelia* was *B. garinii* - 44.0% of cases, in second place was *B. miyamotoi* - 15.9%, *B. afzelii* - 13.6%, *Borrelia* of unidentified species - 34.0%. The analysis recorded the differences in the infection ticks with *B. afzelii*, *B. garinii* and *B. miyamotoi* between different parts of the Baikal region. **Conclusions.** The obtained data complement and expand the understanding of the species diversity of natural focal infections carried by ticks in the Baikal region and can be used in further scientific research and in organizing preventive and therapeutic measures in case of infection with the pathogens considered in the study.

Keywords: *Borrelia*, *Ehrlichia*, *Anaplasma*, natural focal infections, tick-borne infections, Baikal region

No conflict of interest to declare.

For citation: Kiselev DO, Dzhioev YuP, Kozlova IV et al. The comparative characteristics of spontaneous infection of ticks with tick-borne infections in natural foci in the Western and Eastern Baikal region. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2025;24(2):33-42 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2025-24-2-33-42>

Введение

Проблема природно-очаговых инфекционных болезней и их возбудителей, переносимых клещами, не теряет своей актуальности. В 2022 – 2023 гг. в некоторых регионах зафиксирован значительный рост заболеваемости клещевыми инфекциями, в том числе в Прибайкалье. За последние 20 лет произошло значительное расширение ареала возбудителей и их переносчиков в связи с освоением все более северных широт, увеличение численности клещей в природе и их контактов с человеком, возрастание числа антропоургических очагов, регистрация все большего числа сочетанных форм заболеваний [1].

Патогенные для человека боррелии, переносимые клещами рода *Ixodes*, являются возбудителями иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ), занимающих ведущее место по уровню заболеваемости и социально-экономическому ущербу среди трансмиссивных природно-очаговых инфекций в России [2]. Территории Иркутской области и Республики Бурятия относятся к регионам среднего риска по уровню инцидентности ИКБ в Российской Федерации (2,9–6,5 ‰₀₀₀₀), уступая в Восточной Сибири лишь Красноярскому краю (11,3 ‰₀₀₀₀). В Иркутской области ИКБ регистрируются в 28 из 33 административных районов региона (в т.ч. в южных – Ангарский, Иркутский, Шелеховский, Слюдянский) [3]. На территории Республики Бурятия случаи ИКБ регулярно регистрируются в 7 районах (Кабанском, Баргузинском, Тарбагатайском, Закаменском, Тункинском, Иволгинском и Прибайкальском), кроме того, еще в двух районах были выделены возбудители ИКБ от клещей, собранных в природных очагах инфекции (Окинский и Северобайкальский) [4].

К группе ИКБ в настоящее время относят 14 видов боррелий, включая *B. burgdorferi sensu stricto*

(болезнь Лайма в Северной Америке и Европе), *B. garinii*, *B. afzelii* (в Евразии) и реже встречающиеся – *B. lusitanae*, *B. valaisiana*, *B. spielmanii*. Некоторые виды боррелий занимают промежуточное положение между иксодовыми и аргасовыми клещевыми боррелиозами, однако по своей генетической структуре стоящие ближе к ИКБ (*B. miyamotoi*, *B. barbouri*, *B. lonestari*) [5]. Патогенность для человека *B. miyamotoi* в настоящее время активно изучается, в частности, с этим возбудителем связывают некоторые случаи безэритемной формы ИКБ [6–8].

В Российской Федерации ИКБ этиологически связаны преимущественно с *B. afzelii* и *B. garinii*, часто формирующими сочетанные природные очаги, сопряженные с очагами возбудителя клещевого энцефалита. Это объясняется тем, что все перечисленные патогены имеют одних и тех же переносчиков – клещей комплекса *I. persulcatus*/*I. ricinus*. Наряду с этим сообщалось также о возможности инфицирования боррелиями группы ИКБ клещей родов *Dermacentor* и *Haemaphysalis* и их возможной роли в функционировании природных очагов инфекции [3]. В Сибири и на Дальнем Востоке в заражении могут принимать участие клещи *I. pavlovskyi* [9]. Известно, что в России *B. afzelii* и *B. garinii* определяют не только этиологию, но и эпидемиологические и клинические особенности ИКБ [1]. Несмотря на то, что методика определения видовой принадлежности боррелий используется достаточно давно, время от времени находят новые генетические варианты детектируемых областей генома бактерий, требующие таксономического уточнения [10]. Зараженность боррелиями таежных клещей в Иркутской области, по данным микроскопии, составляет до 58% [11], а по результатам ПЦР этот показатель может быть еще выше.

Кроме того, по данным некоторых исследований, в России нередки случаи микст-инфицирования клещей: сочетание боррелий и вируса клещевого энцефалита у 5–10% клещей и у до 7% – сочетание нескольких видов боррелий в одном клеще [2].

Эрлихии и анаплазмы представляют собой грамотрицательные небольшого размера облигатные внутриклеточные бактерии, отнесенные к семейству *Anaplasmataceae*. Семейство *Anaplasmataceae* относится к порядку *Rickettsiales* и включает более 20 видов микроорганизмов, объединенных в 4 рода: *Anaplasma*, *Ehrlichia*, *Neorickettsia* и *Wolbachia*. В патологии человека наибольшее значение имеют *A. phagocytophilum* – возбудитель гранулоцитарного анаплазмоза человека (ГАЧ) и *E. chaffeensis* – возбудитель моноцитарного эрлихиоза человека (МЭЧ). В России возбудители ГАЧ впервые были выявлены в клещах *I. persulcatus* из Балтийского региона России, Приморского и Хабаровского краев. После включения ГАЧ в постоянный мониторинг, наряду с возбудителями других трансмиссивных природно-очаговых инфекций (с 2014 г.), область их обнаружения постоянно расширяется и, вероятно, распространяется на весь ареал *I. persulcatus*. Первые серологически установленные случаи МЭЧ в России описаны в 1999 г. в г. Пермь. В клещах *I. persulcatus*, собранных на территории Пермского края, были генотипированы микроорганизмы из рода эрлихий – *E. muris*. До настоящего времени этиологическое значение *E. muris* в развитии МЭЧ остается неподтвержденным. Возбудитель был изолирован в различных частях Евразии в клещах *I. ricinus*, *I. granulatus*, *H. flava*. Информация о распространении возбудителей МЭЧ и ГАЧ по-прежнему носит фрагментарный характер, в то же время у больных различными природно-очаговыми инфекциями после присасывания клеща с достаточной частотой выявляются антитела к возбудителям ГАЧ и реже – МЭЧ. Объективно существует необходимость дальнейшего изучения этих инфекций и их дифференциации с другими заболеваниями: клещевым энцефалитом, ИКБ и риккетсиозами [1, 12–13].

Цель исследования – получение актуальной информации в отношении распространения наиболее эпидемически значимых возбудителей бактериальных инфекций, переносимых клещами (микроорганизмов *Borrelia spp.*, *Ehrlichia spp.* и *Anaplasma spp.*) в природных очагах Прибайкалья с применением молекулярных методов анализа.

Материалы и методы

Исследуемые эндемичные по клещевым инфекциям территории Прибайкалья

В исследование были включены 3 административных района Иркутской области (Иркутский, Ангарский и Слюдянский) и 6 административных районов Республики Бурятия – Джидинский, Кяхтинский, Закаменский, Тункинский, Курумканский

и Баргузинский, куда был также включен природный очаг на полуострове «Святой Нос» озера Байкал).

Иркутская область и Республика Бурятия расположены на юге Восточной Сибири, на западном и восточном побережье Байкала, древнейшего озера на Земле с уникальной экосистемой. Климат в Прибайкалье – резко континентальный с морозной продолжительной зимой и теплым летом, режим осадков подвержен значительным колебаниям. Среднегодовая температура воздуха на всей территории – отрицательная, за исключением побережья Байкала. На территории Иркутской области и Республики Бурятия зарегистрированы популяции шести видов клещей: *I. persulcatus*, *I. lividus*, *I. trianguliceps*, *D. nuttalli*, *D. silvarum* и *H. concinna*, при этом основным эпидемически значимым переносчиком клещевых инфекций является клещ *I. persulcatus*. Каждый район, включенный в исследование, обладает своими ландшафтными, климатическими и экологическими характеристиками (табл. 1).

Сборы иксодовых клещей на эндемичных территориях Прибайкалья

Полевой сбор клещей на исследуемых территориях осуществлялся в соответствии с МУ 3.1.3012-12 от 4.04.2012г. «Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней» в местностях, изобилующих переносчиками *I. persulcatus* в период наибольшей активности клещей (май–июнь) с 2015 по 2017 гг. Клещи собираются в широкий (14 см) увлажненный бинт и хранятся при температуре 2–8 °С. Первоначально отмывали клещей: помещали в микроцентрифужные пробирки объемом 1,5 мл куда вносили 1мл 96% этанола, встряхивали на вортексе и центрифугировали в течение 3–5 с при 2000 g на микроцентрифуге для удаления капель с крышки пробирки; с помощью вакуумного аспиратора отдельными наконечниками для каждой пробы удаляли спирт из пробирки; вносили в пробирку 1 мл 0,15 М раствора хлорида натрия, встряхивали пробирку и осаждали капли с крышки пробирки, как описано выше; с помощью вакуумного аспиратора удаляли раствор хлорида натрия из пробирки. Гомогенизация проводилась в стерильных фарфоровых ступках с пестиками, которые обрабатывались 96% этиловым спиртом, обжигали и просушивали после каждого образца. Всего было собрано и обработано 973 особи (см. табл. 2).

Использованные в работе молекулярно-генетические методы выделения и идентификации возбудителей инфекций, переносимых клещами

Все лабораторные исследования выполнялись на базе НИИ Биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Original Articles

Таблица 1. Характеристика обследуемых районов Прибайкалья

Table 1. Characteristics of the territories of the Baikal region

	Северные Northern	Южные Southern
Высоко урбанизированные Highly urbanized	–	Иркутский, Ангарский Irkutsky, Angarsky
Преимущественно сельские Mostly rural	Курумканский Kurumkansky	Закаменский, Кяхтинский, Джидинский Zakamensky, Kyakhtinsky, Dzhidinsky
Природоохранные территории Nature protected areas	Баргузинский Barguzinsky	Слюдянский, Тункинский Slyudyansky, Tunkinsky

Таблица 2. Результаты сбора клещей в природных очагах Прибайкалья

Table 2. Results of collecting ticks in natural foci of the Baikal region

Исследуемый район District	N особей N ticks
Иркутский, ИО Irkutsky, IO	75
Ангарский, ИО Angarsky, IO	136
Слюдянский, ИО Slyudyansky, IO	281
Тункинский, РБ Tunkinsky, RB	79
Баргузинский, РБ Barguzinsky, RB	150
Курумканский, РБ Kurumkansky, RB	9
Джидинский, РБ Dzhidinsky, RB	20
Кяхтинский, РБ Kyakhtinsky, RB	58
Закаменский, РБ Zakamensky, RB	165
Σ (Прибайкалье) Σ (Baikal region)	973

Примечание: ИО – Иркутская область; РБ – Республика Бурятия.

Note: IO – Irkutsk region; RB – Republic of Buryatia

Экстракция нуклеиновых кислот. Процедура выделения тотальной ДНК/РНК из подготовленных гомогенатов клещей проводилась с использованием коммерческого набора «РИБО-преп» («Ампли-Прайм», Россия) стандартизированным методом осаждения нуклеиновых кислот изопропанолом и дальнейшей экстракцией их в раствор с предварительным лизисом клеток и денатурацией клеточных белков с помощью раствора для лизиса, содержащего хаотропный агент (гуанидин тиоцианат). Все манипуляции производились согласно инструкции к набору с применением внутреннего контроля экстракции.

Детекция ДНК возбудителей методом ПЦР в реальном времени. Идентификацию ДНК возбудителей клещевых инфекции производили стандартизированным методом ПЦР в реальном времени с гибридизационно-флуоресцентной детекцией, с использованием коммерческого набора

«AmpliSens *B. burgdorferi* sl, *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis*/E. muris-FL» («АмплиСенс», Россия), на амплификаторе Rotor-Gene Q (QIAGEN, Германия). Выявление ДНК основано на амплификации фрагмента ДНК микроорганизма при помощи смеси олигонуклеотидных зондов с флуоресцентной меткой и специфичных к данному участку ДНК праймеров. Все манипуляции проводились согласно инструкции к набору, на каждом этапе использовались отрицательные контроли.

Типирование до вида изолятов бактерий рода *Borrelia*

Для определения видовой принадлежности боррелий применяли специфичные праймеры и зонды для выявления изолятов *B. afzelii*, *B. garinii* и *B. miyamotoi* [15]. К 10,0 мкл пробы добавляли 10,0 мкл смеси, содержащей буфер для ПЦР, праймеры, зонды, сульфат магния, смесь dNTPs, TaqF-полимеразу («Интерлабсервис», Москва). Конечный

объем реакционной смеси – 20 мкл. Химический синтез праймеров и зондов осуществляли в НПФ «Синтол» (Москва) с определением концентрации олигонуклеотидов.

Полученная реакционная смесь использовалась в полимеразной цепной реакции с детекцией продуктов амплификации в реальном времени на амплификаторе Rotor Gene Q (QIAGEN, Германия) в режиме амплификации ДНК: 95 °C – 15 мин; далее 35 циклов, состоящих из трех этапов: 95 °C – 15 сек – денатурация, 62 °C – 20 сек – отжиг, 72 °C – 15 сек – элонгация.

Оценку результата проводили путем регистрации сигнала флуоресценции по каналам FAM (520 нм) для *B. afzelii* и *B. miyamotoi* в двух разных реакциях, по R6G (557 нм) для *B. garinii*.

Все лабораторные исследования выполнялись на базе НИИ Биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Для проведения сравнительного статистического анализа доли зараженных клещей использовали точный метод Фишера (точный ϕ^* -критерий) для сравнения частоты встречаемости качественного признака в двух независимых выборках. Достоверность различий считали значимыми при значении $p < 0,05$. Средние значения доли зараженных клещей отражены с учётом 95% доверительного интервала.

Результаты

С помощью ПЦР в реальном времени была получена информация о доле зараженных клещей на территории обследованных районов Иркутской области и Республики Бурятия в отношении *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.* и *Borrelia spp.* Территории со сходными географическими и экологическими условиями были объединены в три группы: «Западное Прибайкалье» (Ангарский, Иркутский, Слюдянский районы Иркутской области и Тункинский район Республики Бурятия), «Восточное Прибайкалье – Север» (Курумканский и Баргузинский районы Республики Бурятия) и «Восточное

Прибайкалье – Юг» (Джидинский, Закаменский и Кяхтинский районы Бурятии). Количество обследованных клещей с территории «Западное Прибайкалье» составило 571 особь, с территории «Восточное Прибайкалье – Юг» – 243 клеща и с территории «Восточное Прибайкалье – Север» – 159. Наименьшее количество клещей было собрано с северной территории с относительно небольшой численностью переносчика в природе.

Наибольшее количество клещей в Прибайкалье заражено боррелиями – 45,3%, эрлихиями и анаплазмой оказалась приблизительно одинаковой – около 16% (табл. 3).

В дальнейшем был проведен сравнительный анализ зараженности клещей между тремя объединенными территориями Прибайкалья (рис. 1).

Результаты сравнительного анализа указывают на неравномерное распределение клещей, зараженных *A. phagocytophilum* и *Ehrlichia spp.*, на территориях «Западное Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Север». Зараженность клещей *A. phagocytophilum* на территории Западного Прибайкалья оказалась в 2 раза выше, чем на территории северной части Восточного Прибайкалья, а возбудителем рода *Ehrlichia* – в 2,2 раза выше. Зараженность клещей боррелиями на анализируемых территориях оказалась сходной (табл. 4).

При исследовании клещей на зараженность патогенами на территориях «Западное Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Юг» обнаружены значимые различия. Клещи, зараженные *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.* и *Borrelia spp.* достоверно чаще встречались на территории южной части Восточного Прибайкалья: *A. phagocytophilum* – в 1,8 раза чаще, *Ehrlichia spp.*, – в 2,4 раза и *Borrelia spp.* – в 1,3 раза (табл. 5).

Доля клещей, зараженных возбудителями *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.* и *Borrelia spp.*, различалась по территориям «Восточное Прибайкалье – Север» и «Восточное Прибайкалье – Юг». Зараженность клещей патогенами в южных районах Восточного Прибайкалья оказалась

Таблица 3. Результаты скрининга клещей, собранных в Прибайкалье, на зараженность бактериальными клещевыми патогенами

Table 3. Results of screening ticks collected in the Baikal region for infection with bacterial tick-borne pathogens

Исследуемая территория District	Количество проб Number of samples	Доля зараженных клещей Proportion of infected ticks		
		<i>A. phagocytophilum</i>	<i>Ehrlichia spp.</i>	<i>Borrelia spp.</i>
Западное Прибайкалье Western Baikal region	571	14,2 ± 2,9	12,8 ± 2,7	41,5 ± 4,0
Восточное Прибайкалье – Север North-Eastern Baikal region	159	6,9 ± 3,9	5,7 ± 3,6	44,7 ± 7,7
Восточное Прибайкалье – Юг South-Eastern Baikal region	243	25,9 ± 5,5	30,5 ± 5,8	54,7 ± 6,3
Σ (Прибайкалье) Σ (Baikal region)	973	15,9 ± 2,3	16,0 ± 2,3	45,3 ± 3,1

Рисунок 1. Сравнительная характеристика зараженности клещей невирусными патогенами в Прибайкалье
Figure 1. Comparative characteristics of tick infection by non-viral pathogens in the Baikal region

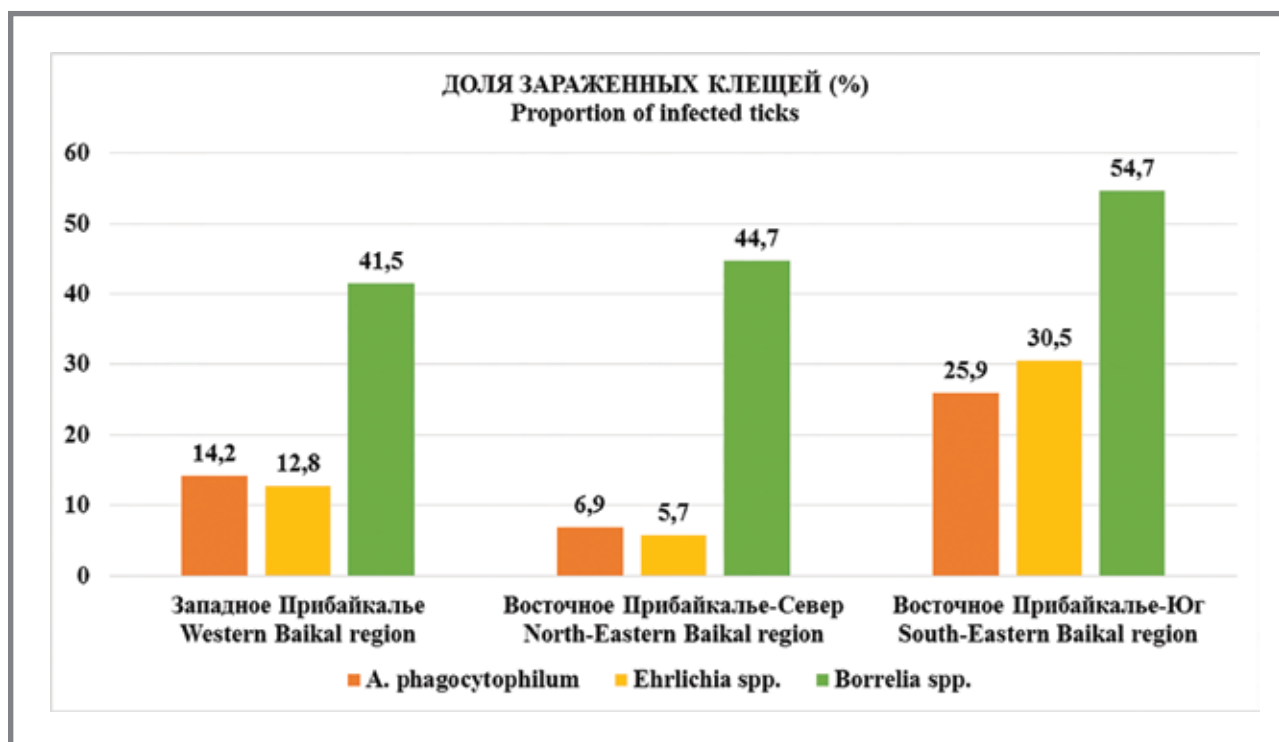


Таблица 4. Сравнительная характеристика зараженности клещей *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.* и *Borrelia spp.* в природных очагах на территориях «Западное Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Север»
Table 4. Comparative characteristics of tick infection with the pathogen *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.*, and *Borrelia spp.* in the Western and North-Eastern Baikal regions

Возбудитель Pathogen	Доля зараженных клещей (%) Proportion of infected ticks (%)		p
	Западное Прибайкалье Western Baikal region	Восточное Прибайкалье – Север North-Eastern Baikal region	
<i>A. phagocytophilum</i>	14,2 ± 2,9	6,9 ± 3,9	< 0,05
<i>Ehrlichia spp.</i>	12,8 ± 2,7	5,7 ± 3,6	< 0,05
<i>Borrelia spp.</i>	41,5 ± 4,0	44,7 ± 7,7	> 0,05

Таблица 5. Сравнительная характеристика зараженности клещей *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.* и *Borrelia spp.* в природных очагах на территориях «Западное Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Юг»
Table 5. Comparative characteristics of tick infection with the pathogen *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.*, and *Borrelia spp.* in the Western and South-Eastern Baikal regions

Возбудитель Pathogen	Доля зараженных клещей (%) Proportion of infected ticks (%)		P
	Западное Прибайкалье Western Baikal region	Восточное Прибайкалье – Юг South-Eastern Baikal region	
<i>A. phagocytophilum</i>	14,2 ± 2,9	25,9 ± 5,5	< 0,05
<i>Ehrlichia spp.</i>	12,8 ± 2,7	30,5 ± 5,8	< 0,05
<i>Borrelia spp.</i>	41,5 ± 4,0	54,7 ± 6,3	< 0,05

достоверно выше, чем в северных: зараженные *A. phagocytophilum* – в 3,8 раза чаще, *Ehrlichia spp.* – в 5,3 раза, а *Borrelia spp.* – в 1,2 раза (табл. 6).

Методом ПЦР в реальном времени был определен видовой состав возбудителей рода *Borrelia* у

зараженных ими клещей, собранных на территории Прибайкалья. Использование вид-специфических праймеров и флуоресцирующих ДНК-зондов позволило установить принадлежность боррелий к видам *B. garinii*, *B. afzelii* и *B. miyamotoi*. У части возбудителей рода *Borrelia* вид не был установлен.

Таблица 6. Сравнительная характеристика зараженности клещей *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia* spp. и *Borrelia* spp. в природных очагах на территориях «Восточное Прибайкалье – Север» и «Восточное Прибайкалье – Юг»
Table 6. Comparative characteristics of tick infection with the pathogen *A. phagocytophilum*, *Ehrlichia* spp., and *Borrelia* spp. in the North-Eastern and South-Eastern Baikal regions

Возбудитель Pathogen	Доля зараженных клещей (%) Proportion of infected ticks (%)		P
	Восточное Прибайкалье – Север North-Eastern Baikal region	Восточное Прибайкалье – Юг South-Eastern Baikal region	
<i>A. phagocytophilum</i>	6,9 ± 3,9	25,9 ± 5,5	< 0,05
<i>Ehrlichia</i> spp.	5,7 ± 3,6	30,5 ± 5,8	< 0,05
<i>Borrelia</i> spp.	44,7 ± 7,7	54,7 ± 6,3	< 0,05

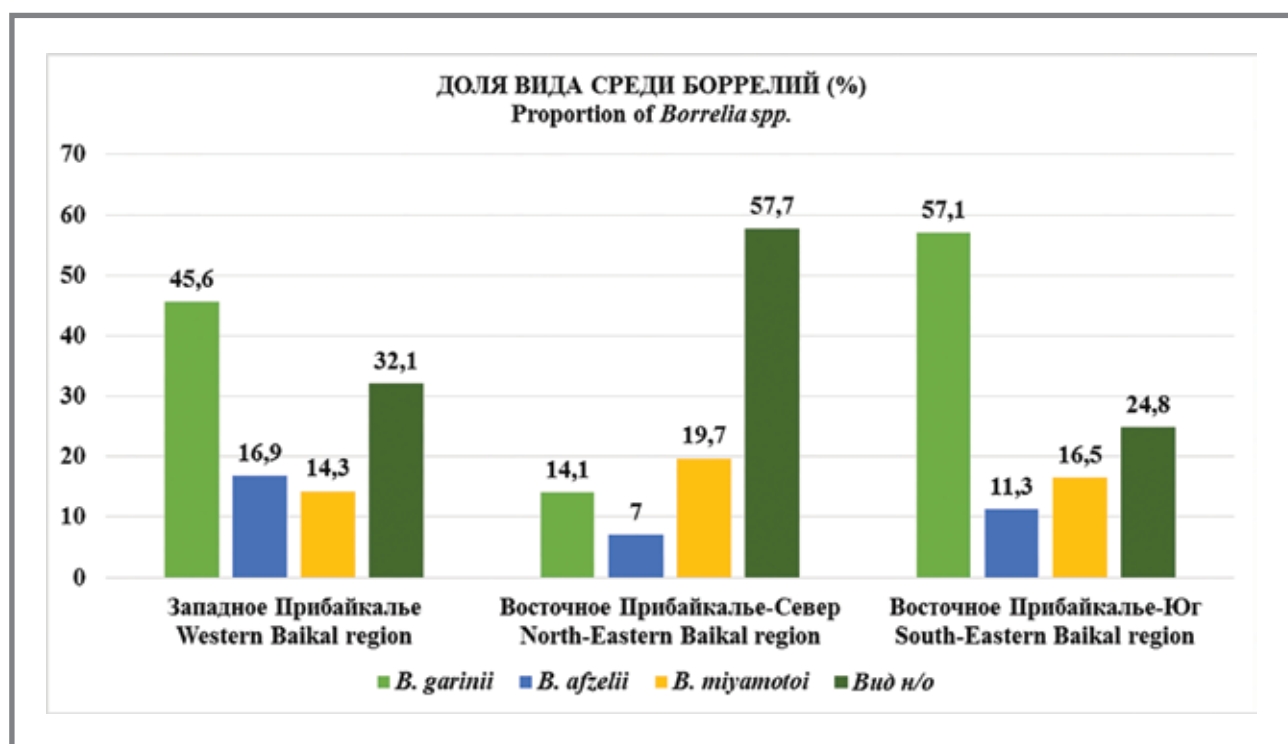
На территории Прибайкалья были обнаружены клещи, зараженные боррелиями всех изучаемых видов. Наибольшая доля боррелий в исследуемых

клещах относились к *B. garinii* – 44%, к *B. miyamotoi* – около 16%, к *B. afzelii* – 13,6% (табл. 7). Обращает на себя внимание значительная доля

Таблица 7. Видовое разнообразие боррелий из гомогенатов клещей, собранных на территории Прибайкалья
Table 7. Species diversity of *Borrelia* from tick homogenates collected in the Baikal region

Территория District	Количество проб Number of samples	Видовой состав боррелий (%) Species composition of <i>Borrelia</i> (%)			
		<i>B. garinii</i>	<i>B. afzelii</i>	<i>B. miyamotoi</i>	Вид н/о type not defined
Западное Прибайкалье Western Baikal region	237	45,6 ± 6,3	16,9 ± 4,8	14,3 ± 4,5	32,1 ± 6,0
Восточное Прибайкалье – Север North-Eastern Baikal region	71	14,1 ± 8,1	7,0 ± 6,0	19,7 ± 9,3	57,7 ± 11,4
Восточное Прибайкалье – Юг South-Eastern Baikal region	133	57,1 ± 8,4	11,3 ± 5,4	16,5 ± 6,3	24,8 ± 7,3
Σ (Прибайкалье) Σ (Baikal region)	441	44,0 ± 4,6	13,6 ± 3,2	15,9 ± 3,4	34,0 ± 4,4

Рисунок 2. Сравнительная характеристика видового состава боррелий в клещах природных очагов Прибайкалья
Figure 2. Comparative characteristics of the species composition of *Borrelia* in ticks of the Baikal region



Original Articles

положительных проб с неустановленным видом боррелий – 34%. Кроме того, во время проведения исследования были зафиксированы различные сочетания двух и даже трех видов боррелий в одном клеще.

Сравнительный анализ структуры зараженности различными видами боррелий в Прибайкалье выявило существенные различия между выделенными территориями (рис. 2).

Результаты анализа указывают на неравномерное распределение клещей, зараженных разновидностями боррелий, между территориями «Западное

Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Север»: *B. garinii* встречаются в Западном Прибайкалье в 3,2 раза чаще, а *B. afzelii* – в 2,4 раза. В то же время доля боррелий неустановленного вида в северной части Восточного Прибайкалья в 1,8 раза больше, чем в Западном Прибайкалье. Распространение *B. miyamotoi* на обозначенных территориях не имеет достоверных различий (табл. 8).

Сравнительный анализ зараженности клещей разновидностями боррелий на территориях «Западное Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Юг» показал, что доля клещей, зараженных

Таблица 8. Сравнительная характеристика структуры зараженности клещей боррелиями в природных очагах на территориях «Западное Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Север»

Table 8. Comparative characteristics of tick infestations structure with *Borrelia* in the Western and North-Eastern Baikal regions

Возбудитель Pathogen	Доля зараженных клещей (%) Proportion of infected ticks (%)		p
	Западное Прибайкалье Western Baikal region	Восточное Прибайкалье – Север North-Eastern Baikal region	
<i>B. garinii</i>	45,6±6,3	14,1±8,1	< 0,05
<i>B. afzelii</i>	16,9±4,8	7,0±6,0	< 0,05
<i>B. miyamotoi</i>	14,3±4,5	19,7±9,3	> 0,05
Вид не определен Species not defined	32,1±6,0	57,7±11,4	< 0,05

Таблица 9. Сравнительная характеристика структуры зараженности клещей боррелиями в природных очагах на территориях «Западное Прибайкалье» и «Восточное Прибайкалье – Юг»

Table 9. Comparative characteristics of tick infestations structure with *Borrelia* in the North-Eastern and South-Eastern Baikal regions

Возбудитель Pathogen	Доля зараженных клещей (%) Proportion of infected ticks (%)		p
	Западное Прибайкалье Western Baikal region	Восточное Прибайкалье – Юг South-Eastern Baikal region	
<i>B. garinii</i>	45,6 ± 6,3	57,1 ± 8,4	< 0,05
<i>B. afzelii</i>	16,9 ± 4,8	11,3 ± 5,4	> 0,05
<i>B. miyamotoi</i>	14,3 ± 4,5	16,5 ± 6,3	> 0,05
Вид не определен Species not defined	32,1 ± 6,0	24,8 ± 7,3	> 0,05

Таблица 10. Сравнительная характеристика структуры зараженности клещей боррелиями в природных очагах на территориях «Восточное Прибайкалье – Север» и «Восточное Прибайкалье – Юг»

Table 10. Comparative characteristics of tick infestations structure with *Borrelia* in the North-Eastern and South-Eastern Baikal regions

Возбудитель Pathogen	Доля зараженных клещей (%) Proportion of infected ticks (%)		p
	Восточное Прибайкалье – Север North-Eastern Baikal region	Восточное Прибайкалье – Юг South-Eastern Baikal region	
<i>B. garinii</i>	14,1 ± 8,1	57,1 ± 8,4	< 0,05
<i>B. afzelii</i>	7,0 ± 6,0	11,3 ± 5,4	> 0,05
<i>B. miyamotoi</i>	19,7 ± 9,3	16,5 ± 6,3	> 0,05
Вид не обнаружен Species not defined	57,7 ± 11,4	24,8 ± 7,3	< 0,05

B. garinii в южной части Восточного Прибайкалья в 1,3 раза больше, чем в Западном Прибайкалье. Распределение боррелий других разновидностей среди клещей на обозначенных территориях оказалось равномерным (табл. 9).

При изучении зараженности клещей разновидностями боррелий в природных очагах на территориях «Восточное Прибайкалье – Север» и «Восточное Прибайкалье – Юг» установлено, что *B. garinii* в 4 раза чаще встречались на юге региона, в то время как в северной части Восточного Прибайкалья в 2,3 раза чаще боррелии неуставленного вида. Различий в зараженности клещей *B. afzelii* и *B. miyamotoi* между обозначенными территориями зафиксировано не было (табл. 10).

Обсуждение

При рассмотрении информации, полученной в ходе проведенного исследования на территории Иркутской области и Республики Бурятия, при сравнении с другими регионами Сибири и Дальнего Востока обнаруживаются как общие черты, так и некоторые различия.

Общая зараженность клещей боррелиями на территории Прибайкалья оказалась несколько выше (45,3%), чем в соседних регионах: Республика Алтай – 34,9% [16], Западная Сибирь (Омская, Томская и Новосибирская области) – 37,6% [14], регионы Дальнего Востока (Амурская область, ЕАО, Хабаровский край, Сахалинская область и Приморье) – от 21,5 до 43,8% [24,25]. Доминирующим видом боррелий на территории всех упомянутых регионов оказывается *B. garinii*, на втором месте – *B. afzelii*. [14,16–18]. Также нужно принять во внимание факт, что, по результатам нашего исследования, в 34% случаев видовая принадлежность боррелий не была установлена, что может указывать на высокий уровень генетического разнообразия возбудителя в пределах обследованных

природных очагов Прибайкалья. Среди собранных в регионе клещей часто встречаются *B. miyamotoi* (15,9%) в сравнении с другими регионами: Республика Алтай – 8,5% [16], Дальний Восток – в среднем 8,9% [24,25]. Таким образом, характеристика природных очагов боррелиозов на территории Прибайкалья схожа с соседними регионами, но их эпидемический потенциал выглядит больше.

Видовой пейзаж *A. phagocytophilum* и *Ehrlichia spp.* на территории России остается малоизученным. В разные годы зараженность клещей *A. phagocytophilum* в регионах Сибири оценивалась в 1,3–2,7%, а на территории Дальнего Востока – от 2,4 до 4,7%. Зараженность клещей возбудителями *Ehrlichia spp.* в Сибири и на Дальнем Востоке варьировала от 1,4 до 6,6% [1]. Таким образом, и в отношении *A. phagocytophilum* и *Ehrlichia spp.* зараженность клещей в Прибайкалье оказывается значительно выше (около 16%).

Заключение

По итогам исследования видны различия в зараженности клещей изучаемыми патогенами в природных очагах Прибайкалья. Поскольку обследованные районы Иркутской области и Республики Бурятия неоднородны по своим климатогеографическим и экологическим характеристикам, нельзя исключать влияние этих факторов на структуру возбудителей и активность природных очагов боррелиоза, эрлихиоза и анаплазмоза.

Результаты работы дополняют и расширяют представления о видовом разнообразии природно-очаговых инфекций, переносимых клещами на территории Прибайкалья, и могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях и в организации профилактических и лечебных мер при заражении рассмотренными в исследовании патогенами.

Литература

1. Проворова В. В., Краснова Е. И., Хохлова Н. И. и др. Старые и новые клещевые инфекции в России. Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2019. Т. 8, № 2. С. 102–112.
2. Коренберг Э. И. Инфекции, передающиеся иксодовыми клещами в лесной зоне, и стратегия их профилактики: изменение приоритетов. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика, 2013. – №5. – С. 7–17.
3. Рудакова С. А., Теслова О. Е., Муталинова Н. Е. и др. Обзор эпидемиологической ситуации по иксодовым клещевым боррелиозам в российской Федерации в 2013–2022 гг. и прогноз на 2023 г. Проблемы особо опасных инфекций, 2023. – №2. – С. 75–87.
4. Данчинова Г. А., Ляпунов А. В., Хаснаинов М. А. и др. Туризм и проблема «клещевых» инфекций в Республике Бурятия. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика, 2015. – №5. – С. 36–43.
5. Соколова Е. П., Хаметова А. П., Судьина Л. В. и др. Достижения в области изучения молекулярно-биологических характеристик различных видов рода *Borrelia*. Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. – 2023. – Т. 12, № 3(46). – С. 112–119.
6. Sato K., Liu D., Cui Y. et al. Surveillance of *Borrelia miyamotoi*-carrying ticks and genomic analysis of isolates in Inner Mongolia, China. Parasit Vectors. – 2021. Vol. 14 – P. 368.
7. Gao Y., Lv X-L, Han S-Z, et al. First detection of *Borrelia miyamotoi* infections in ticks and humans from the northeast of Inner Mongolia. China Acta Trop. – 2021. – 217:105857.
8. Черных В. И., Миноранская А. А., Анисимова Е. Н. и др. Клинический случай затяжного течения иксодового клещевого боррелиоза, вызванного *Borrelia miyamotoi*. Журнал инфектологии. – 2024. – Т. 16, № 2 S2. – С. 132.
9. Малхазова С. М., Шартова С. В., Зелухина Д. С. и др. Анализ пространственной неоднородности в распространении клещевых инфекций на юге Дальнего Востока. Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2023. – Т. 78, № 2. – С. 51–61.
10. Gray J., Kahl O., Zintl A. Pathogens transmitted by *Ixodes ricinus*. Ticks and tick-borne Dis. – 2024. Nov;15 (6):102402.
11. Мельникова О. В., Адельшин Р. В., Вершинин Е. А. и др. Байкальский тракт как место высокого риска заражения трансмиссивными «клещевыми» инфекциями. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2023. – Т. 46. – С. 29–43.
12. Ляпунова, Н. А., Хаснаинов М. А., Данчинова Г. А. Серопревалентность к *Anaplasma phagocytophilum* и *Ehrlichia sp.* у людей, пострадавших от укусов клещей. Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). – 2022. – Т. 7, № 5-1. – С. 139–144.
13. Croci C, Erriquez L, Bisaglia B. Genome sequence of *Ehrlichia muris* from *Ixodes ricinus* collected in Italy on a migratory bird provides epidemiological and evolutionary insights. Ticks Tick Borne Dis. – 2024. Nov;15(6):102409.

Original Articles

14. Рудакова С. А., Рудаков Н. В., Штрек С. В. и др. Генотиповая характеристика клещевых боррелиозов в России. *Фундаментальная и клиническая медицина*. – 2021. – Т. 6, № 3. – С. 94–99.
15. Мухачева Т. А. Молекулярно-генетическая характеристика возбудителей иксодового клещевого боррелиоза в природных очагах на территории России. Дис... канд. биол. наук., Екатеринбург, 2015.
16. Шучинова Л. Д., Злобин В. И. Клещевые трансмиссивные инфекции Республики Алтай. Барнаул: ООО «Спектр», 2019. – 195с.
17. Шутикова А. Л., Лубова В. А., Леонова Г. Н. Верификация моно- и микст-инфицированности переносчиков клещевых инфекций. *Клин. лаб. диагн.*, 2020. – №10. – С. 659–664.
18. Pukhovskaya N., Morozova O., Vysochina N., et al. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Borrelia miyamotoi* in ixodid ticks in the Far East of Russia. *Int J Parasitol Parasites Wildl*, 2019. – №8. – P. 192–202.

References

1. Provorova V.V., Krasnova E.I., Khokhlova N.I., et al. Tissue infections in Russia. *Infektsionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie* [Infectious Diseases: News, Opinions, Training]. 2019; 8 (2): 102–12 (In Russ).
2. Korenberg E.I. Infections transmitted by ticks in the forest area and the strategy of prevention: changing of priorities. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*, 2013; 5:7–17 (In Russ).
3. Rudakova SA, Pen'yevskaya NA, Rudakov NV, et al. Intensity and Trends in Development of Epidemic Process of Ixodes Tick-Borne Borrelioses in the Russian Federation in 2002–2018 and Forecast for 2019. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2019; 2: 22–29 (In Russ). doi: 10.21055/0370-1069-2019-2-22-29.
4. Danchinova GA, Lyapunov AB, Khasnatinov MA, et al. Tourism and the problem of tick-Borne infections in the Republic of Buryatia. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2015; 5:36–43 (In Russ). doi: 10.31631/2073-3046-2015-14-5-36-43
5. Sokolova E.P., Khametova A.P., Sudina L.V., et al. Achievements in the study of molecular biological characteristics of different species within the genus *Borrelia*. *Infektsionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie* [Infectious Diseases: News, Opinions, Training]. 2023; 12 (3): 112–9 (In Russ). DOI: <https://doi.org/10.33029/2305-3496-2023-12-3-112-119>.
6. Sato K., Liu D., Cui Y., et al. Surveillance of *Borrelia miyamotoi*-carrying ticks and genomic analysis of isolates in Inner Mongolia, China. *Parasit Vectors*. – 2021. Vol. 14 – P. 368.
7. Gao Y., Lv X-L, Han S-Z., et al. First detection of *Borrelia miyamotoi* infections in ticks and humans from the northeast of Inner Mongolia. *China Acta Trop*. – 2021. – 217:105857.
8. Chernykh V.I., Minoranskaya A.A., Anisimova Ye.N., et al. Klinicheskiy sluchay zatyazhnogo kleshchevogo borrelioz, vyzvannogo *Borrelia miyamotoi*. *Journal of Infectology*. – 2024. – Т. 16, № 2 S2. – S. 132 (In Russ).
9. Malkhazova S.M., Shartova S.V., Zelikina D.S., et al. Analiz prostranstvennoy neodnorodnosti v rasprostraneni kleshchevykh infektsiy na yuge Dal'nego Vostoka. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. – 2023. – Т. 78, № 2. – S. 51–61 (In Russ).
10. Gray J., Kahl O., Zintl A. Pathogens transmitted by *Ixodes ricinus*. *Ticks and tick-borne Dis*. – 2024. Nov;15 (6):102402.
11. Mel'nikova O.V., Adel'shin R.V., Vershinin Ye.A., et al. Baykal'skiy trakt kak mesto vysokogo riska zarazheniya transmissivnymi «kleshchevymi» infektsiyami. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Ekologiya*. – 2023. – Т. 46. – S. 29–43 (In Russ).
12. Lyapunova, N. A., Khasnatinov M. A., Danchinova G. A. Seroprevalence of *Anaplasma phagocytophilum* and *Ehrlichia* sp. in people affected by tick bites. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2022. Vol. 7, No. 5–1. – P. 139–144 (In Russ).
13. Croci C, Enriquez L, Bisaglia B. Genome sequence of *Ehrlichia muris* from *Ixodes ricinus* collected in Italy on a migratory bird provides epidemiological and evolutionary insights // *Ticks Tick Borne Dis*. – 2024. Nov;15(6):102409.
14. Rudakova S.A., Rudakov N.V., Shrek S.V., et al. Gene-specific features of tick-borne borreliosis in Russia. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2021;6(3):94–99 (In Russ).
15. Mukhacheva TA. Molecular genetic characteristics of pathogens of ixodid tick-borne borreliosis in natural foci in Russia. *Ekaterinburg: 2015* (In Russ).
16. Shchuchina LD, Zlobin VI. Tick-borne infections of the Altai Republic: Barnaul: ООО «Спектр»; 2019. – 195p. (In Russ).
17. Shutikova A. L., Lubova V. A., Leonova G. N. Verification of mono- and mixed contaminations transmitting agents tick-borne infections. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika (Russian Clinical Laboratory Diagnostics)*. 2020; 65 (10): 659–664 (In Russ). doi: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-10-659-664>.
18. Pukhovskaya N., Morozova O., Vysochina N. et al. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Borrelia miyamotoi* in ixodid ticks in the Far East of Russia. *Int J Parasitol Parasites Wildl*. 2019; 8:192–202. doi: 10.1016/j.jppaw.2019.01.005.

Об авторах

- **Дмитрий Олегович Киселев** – ассистент кафедры патологической физиологии и клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО ИГМУ МЗ РФ. +7 (983) 443-66-48, rancevich89@mail.ru. ORCID 0000-0003-4902-6837.
- **Юрий Павлович Джиоев** – к.м.н., ассистент кафедры патологической физиологии и клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО ИГМУ МЗ РФ. +7 (914) 004-74-45, alanir07@mail.ru. ORCID 0000-0001-5410-5113.
- **Ирина Валерьевна Козлова** – д.м.н., руководитель лаборатории молекулярной эпидемиологии и генетической диагностики ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ. +7 (964) 808-83-39, diwerhoz@rambler.ru. ORCID 0000-0002-6324-8746.
- **Лилия Александровна Степаненко** – к.м.н., ассистент кафедры детских болезней и детских инфекций ФГБОУ ВО ИГМУ МЗ РФ. +7 (901) 633-08-63, steplia@mail.ru. ORCID 0000-0002-5792-7283.
- **Алдар Александрович Бадмаев** – заведующий отделением дезинфекции ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия». +7 (964) 402-10-23, 19aab85@gmail.com. ORCID 0000-0003-4902-6837.
- **Владимир Игоревич Злобин** – академик РАН, д.м.н., главный научный сотрудник отдела арбовирусов лаборатории популяционной изменчивости патогенных микроорганизмов ФГБУ НИЦ ЭМ им. Н. Ф. Гамалеи МЗ РФ; профессор кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО ИГМУ МЗ РФ. +7 (914) 926-24-51, vizlobin@mail.ru. ORCID 0000-0002-5480-9054.

Поступила: 06.10.2024. Принята к печати: 09.03.2025.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- **Dmitrii O. Kiselev** – assistant at the Department of Pathological Physiology and Clinical Laboratory Diagnostics, Irkutsk State Medical University, Russia. +7 (983) 443-66-48, rancevich89@mail.ru. ORCID 0000-0003-4902-6837.
- **Yuri P. Dzhoiev** – Cand. Sci. (Med.), assistant of the Department of Pathological Physiology and Clinical Laboratory Diagnostics, Irkutsk State Medical University, Russia. +7 (914) 004-74-45, alanir07@mail.ru. ORCID 0000-0001-5410-5113.
- **Irina V. Kozlova** – Dr. Sci. (Med.), head of the Laboratory of Molecular Epidemiology and Genetic Diagnostics, Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems, Russia. +7 (964) 808-83-39, diwerhoz@rambler.ru. ORCID 0000-0002-6324-8746.
- **Liliya A. Stepanenko** – Cand. Sci. (Med.), assistant at the Department of Childhood Diseases and Childhood Infections, Irkutsk State Medical University, Russia. +7 (901) 633-08-63, steplia@mail.ru. ORCID 0000-0002-5792-7283.
- **Aldar A. Badmaev** – head of the Disinfection department, Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Buryatia, Russia. +7 (964) 402-10-23, 19aab85@gmail.com. ORCID 0000-0003-4902-6837.
- **Vladimir I. Zlobin** – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Med.), chief researcher of the Arbovirus Department of the Laboratory of Population Variation of Pathogenic Microorganisms, The Gamaleya National Center of Epidemiology and Microbiology; professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Irkutsk State Medical University, Russia. +7 (914) 926-24-51, vizlobin@mail.ru. ORCID 0000-0002-5480-9054.

Received: 06.10.2024. Accepted: 09.03.2025.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.