

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-3-94-99>

ГЕНОВИДОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕЩЕВЫХ БОРРЕЛИОЗОВ В РОССИИ

РУДАКОВА С.А.¹, РУДАКОВ Н.В.^{1,2}, ШТРЕК С.В.^{1,2}, ТЕСЛОВА О.Е.^{1,2}, КАНЕШОВА Н.Е.^{1,2}

¹ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора, г. Омск, Россия

²ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Омск, Россия

Резюме

Цель. Анализ геновидового состава боррелий в иксодовых клещах различных видов в природных очагах иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ) юга Западной Сибири.

Материал и методы. Выполнен обзор исследований, посвященных изучению геновидового состава боррелий в иксодовых клещах различных видов в природных очагах ИКБ юга Западной Сибири, бактериологическим (посев на питательную среду BSK-H (SIGMA, США) и молекулярно-генетическим (ПЦР в режиме реального времени) методами, генотипированных путем секвенирования (1148 экземпляров иксодовых клещей, собранных с растительности, и 2183 экземпляров клещей, снятых с людей).

Результаты. Инфицированность клещей боррелиями варьировала от 22,4% в Республике Алтай до 56,9% в Новосибирской области. Существенных различий в уровнях инфицированности боррелиями клещей *I. persulcatus* и *I. pavlovskiy* не установлено (средние уровни зараженности 40,0% и 38,8% соответственно). Изучение геновидового состава боррелий, циркулирующих в природных очагах Западной Сибири, показало наличие, как минимум, пяти геновидов патогенных боррелий (*B. garinii*, *B. afzelii*, *B.*

bavariensis, *B. miyamotoi* и *B. spielmanii*). В базу данных GenBank депонировано 45 нуклеотидных последовательностей межгенного спейсера *gfp* (5S)-*rrl* (23S). Частота выявления геновидов *B. garinii* и *B. afzelii* у клещей различных видов (*I. persulcatus* и *I. pavlovskiy*) не имеет значимых отличий. Отмечена более частая встречаемость *B. garinii* по сравнению с *B. afzelii*. Уровни инфицированности клещей *I. persulcatus* боррелиями *B. miyamotoi* существенно ниже (в 3,5 раза), чем геновидами *B. garinii* и *B. afzelii*. В клещах *D. reticulatus* выявлена ДНК *B. spielmanii* и *B. miyamotoi*.

Заключение. Необходимо продолжение исследований по оценке роли луговых клещей *D. reticulatus* в циркуляции боррелий различных геновидов в природных очагах на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: иксодовые клещи, боррелии, клещевые боррелиозы.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования

Собственные средства.

Для цитирования:

Рудакова С.А., Рудаков Н.В., Штрек С.В., Теслова О.Е., Канешова Н.Е., Геновидовая характеристика клещевых боррелиозов в России. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2021;6(3): 94-99. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-3-94-99>

*Корреспонденцию адресовать:

Штрек Сергей Владимирович, 644080, Россия, г. Омск, пр-т Мира, д. 7. E-mail: studi1990@mail.ru
© Рудакова С.А. и др.

REVIEW ARTICLES

GENE-SPECIFIC FEATURES OF TICK-BORNE BORRELIOSIS IN RUSSIA

SVETLANA A. RUDAKOVA¹, NIKOLAY V. RUDAKOV^{1,2}, SERGEY V. SHTRUK ^{1,2**}, OLGA E. TESLOVA ^{1,2}, NADIA E. KANESHOVA ^{1,2}

¹Omsk Research Institute of Natural Focal Infections, Omsk, Russian Federation

²Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Abstract

Aim. To study the gene-specific composition of *Borrelia spp.* in ixodid ticks inhabiting the foci of ixodid tick-borne borreliosis (ITBB) in the south of Western Siberia.

Materials and Methods. The gene-specific composition of *Borrelia spp.* in ixodid ticks was determined by inoculation on a BSK-H nutrient medium, real-time polymerase chain reaction, and sequencing (1148 specimens of ixodid ticks collected from vegetation and 2183 specimens withdrawn from humans).

Results. Infection of ticks with borrelia ranged from 22.4% in the Altai Republic to 56.9% in the Novosibirsk Region. There were no significant differences in the levels of *Borrelia* infection between two major ixodides, *I. persulcatus* and *I. pavlovskiy* (average infection levels 40.0% and 38.8%, respectively). At least five gene species of pathogenic *Borrelia* (*B. garinii*, *B. afzelii*, *B. bavariensis*, *B. miyamotoi*, and *B. spielmanii*) have been iden-

tified. The GenBank database contains 45 nucleotide sequences of the intergenic spacer rrf (5S)-rrl (23S). Prevalence of gene species *B. garinii* and *B. afzelii* in different ticks (*I. persulcatus* and *I. pavlovskiy*) did not differ significantly, yet *B. garinii* was found to be more frequent than *B. afzelii*. The frequency of infection of *I. persulcatus* ticks with *B. miyamotoi* was significantly (3.5-fold) as compared to those of *B. garinii* and *B. afzelii*. In *D. reticulatus* ticks, the DNA of *B. spielmanii* and *B. miyamotoi* was detected.

Conclusion. It is necessary to continue studies to assess the role of the meadow ticks *D. reticulatus* in the circulation of different *Borrelia spp.* in various natural foci within the Russian Federation.

Keywords: ixodid ticks, borrelia, tick-borne borreliosis.

Conflict of Interest

None declared.

Funding

There was no funding for this project.

◀ English

For citation:

Svetlana A. Rudakova, Nikolay V. Rudakov, Sergey V. Shtrek, Olga E. Teslova, Nadia E. Kaneshova. Gene-specific features of tick-borne borreliosis in Russia. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2021;6(3): 94-99. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-3-94-99>

**Corresponding author:

Dr. Sergey V. Shtrek, 7, Mira Prospekt, Omsk, 644080, Russian Federation, E-mail: studi1990@mail.ru

©Dr. Svetlana A. Rudakova et al.

Иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ) – инфекционное трансмиссивное природно-очаговое заболевание, вызываемое бактериями рода *Borrelia* семейства Spirochaetaceae, передающиеся иксодовыми клещами и характеризующееся поражением кожи, нервной системы, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы, имеющее склонность к хроническому и рецидивирующему течению [1].

ИКБ являются широко распространенными природно-очаговыми инфекциями лесной зоны умеренного климатического пояса Северного полушария [2]. Данная нозологическая форма находится на первом месте по распространенности очагов и частоте регистрации среди клещевых трансмиссивных инфекций (КТИ) в России. В 2018 году выявлено 6,5 тыс. случаев ИКБ (4,41 на 100 тыс. населения) в 77 из 85 административных территорий страны [3].

Род *Borrelia* представлен двумя крупными таксономическими группами. В первую группу входят виды, передаваемые аргасовыми клещами и вызывающие аргасовые клещевые боррелиозы (АКБ) или клещевые возвратные лихорад-

ки (КВЛ) – *B. persica*, *B. hispanica*, *B. crocidure*, *B. hermsii*, *B. turicatae*, *B. parkeri*, *B. venesuelensis* и *B. duttonii*, также в эту группу входит возбудитель вшивой возвратной лихорадки (ВВЛ) *B. recurrentis*. Вторая группа представлена уже более чем 20 видами, связанными с иксодовыми клещами и формирующими комплекс *B. burgdorferi sensu lato* [2, 4], часть из которых (*B. burgdorferi sensu stricto*, *B. garinii*, *B. afzelii*, *B. spielmanii*, *B. valaisiana*, *B. lusitaniae*, *B. bavariensis*, *B. mayonii*, *B. bissettii*) патогенны для человека и вызывают иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ) [5]. В первой большой группе АКБ выделяется группа, объединяющая виды, ассоциированные не с аргасовыми, а с иксодовыми клещами: *B. theileri*, *B. lonestari* (*B. barbouri*, *Amblyomma agent*), а также вид *Borrelia miyamotoi*, переносчиком которого являются клещи *Ixodes*. Спирахета *B. miyamotoi* впервые была обнаружена в Японии в 1995 году в клещах *I. persulcatus* [6]. В настоящее время известно, что ДНК этой бактерии обнаруживается в клещах *I. ricinus*, *I. persulcatus*, *I. scapularis*, *I. pacificus*, *I. dentatus* [4, 6, 7].

Установление видовой принадлежности воз-

будителя является важным аспектом при диагностике и лечении клещевого боррелиоза. Генотипические особенности возбудителя находят отражение в характере органных поражений, что обуславливает полиморфность клинической картины в зависимости от этиологии заболевания. Так, мигрирующая эритема наблюдается наиболее часто (до 90%) при инфицировании *B. afzelii*, тогда как *B. garinii* обуславливает преимущественно поражение нервной системы (до 40%). *B. burgdorferi sensu stricto* обуславливает преимущественное поражение опорно-двигательного аппарата [8]. Кроме того, имеются убедительные доказательства, что некоторые из безэритемных форм ИКБ связаны с видом *B. miyamotoi*, который генетически ближе к боррелиям группы КВЛ, но передается иксодовыми клещами [9].

На территории России доминируют три основных патогенных вида боррелий комплекса *B. burgdorferi sensu lato* – *B. afzelii* (включает не менее 10 генетических вариантов) [10] *B. garinii* (не менее 16 геновариантов) [11], *B. bavariensis* (новый предложенный вид, соответствующий геногруппе NT29 *B. garinii*) [12]. Их циркуляция и эпидемическое значение неразрывно связаны с жизненными схемами таежного (*Ixodes persulcatus*) и лесного (*I. ricinus*) клещей, которые выполняют функции хозяев и переносчиков. При этом инфицированность клещей *I. persulcatus* обычно выше, чем *I. ricinus* [13].

У *B. garinii* выявлены две геномные подгруппы. Одна из них (20047Т), широко распространенная в природных очагах Евразии, встречается как среди клещей *I. persulcatus*, так и среди *I. ricinus*. Вторая (NT29) – практически только в паразитарных системах с основным переносчиком *I. persulcatus*. В целом можно констатировать, что в природных очагах ИКБ с одним основным переносчиком *I. ricinus* менее эффективно способствует циркуляции боррелий и представляет меньшую эпидемическую угрозу (риск заражения ИКБ для человека), чем *I. persulcatus* [2, 13].

Изученные нуклеотидные последовательности штаммов боррелий, распространенных в России, говорят о филогенетической близости выявленных геномов *B. afzelii* преимущественно к азиатским вариантам штаммов. Штаммы *B. bavariensis*, выделенные на территории России, отличаются неоднородной структурой и включают представителей разных групп азиатских штаммов. *B. garinii* также отличаются сложной структурой, однако преимущественно близки штаммам, выделенным в Японии.

Для этого вида характерна наиболее высокая степень генетической гетерогенности, при которой к одной генетической линии могут принадлежать штаммы, выделенные как в Европе, так и в Азии [11]. Влияние на распространение боррелий оказывает видовой состав резервуара возбудителей ИКБ – определенных видов животных, обеспечивающих непрерывность циркуляции возбудителей ИКБ и сохранение их как видов. Так, была показана ассоциация *B. afzelii* и *B. bavariensis* с млекопитающими (мелкими грызунами), а *B. garinii* – с птицами [14].

При мультилокусном сиквенс-анализе на территории России также были выявлены «нетипичные» *B. burgdorferi sensu lato* – *B. spielmanii*, *B. finlandensis* [12], которые могут быть этиологическими агентами заболеваний группы ИКБ.

B. miyamotoi на территории Российской Федерации впервые идентифицировали в 2006 г. в 6,3% клещей рода *Ixodes*, собранных на территории Удмуртии и в крови пациентов с диагнозом ИКБ. Российскими учеными было доказано, что заболевание с лихорадочным синдромом, диагностируемое обычно как «иксодовый клещевой боррелиоз в безэритемной форме», вызывается в ряде случаев *Borrelia miyamotoi* [9]. В дальнейшем установлено, что данная спирохета встречается в клещах *Ixodes ricinus* в Московской и Липецкой областях, Ставропольском крае. Уровень зараженности *I. persulcatus* *B. miyamotoi* составил для центральных европейских областей РФ – 1,9%, Поволжья – 5,7%, Урала – 2,9%, Сибири – 3,3%, Казахстана – 3,7%. В то же время на этих территориях выявляли ДНК *B. burgdorferi s.l.* до 62% в клещах *I. ricinus* и до 35% – в *I. persulcatus* [4]. ДНК *B. miyamotoi* была выявлена в суспензиях клещей *I. persulcatus* в 10,0% из Омской области, в 15,4% – из Новосибирской и в 17,1% – из Республики Алтай [15]. На юге Западной Сибири в клещах *D. reticulatus* выявлена ДНК *B. spielmanii* и *B. miyamotoi* [16]. При исследовании на территориях 7 регионов Сибири и Дальнего Востока методом ПЦР-РВ было показано, что генетические маркеры *B. miyamotoi* выявляются в клещах родов *Ixodes* (*I. persulcatus* и *I. pavlovskyi*), *Dermacentor* (*D. nuttalli*, *D. silvarum*) и *Haemaphysalis* (*H. concinna*, *H. japonica*) [17].

Лихорадка, симптомы интоксикации, признаки поражения печени и сердца, неврологическая симптоматика достоверно чаще встречаются у больных с безэритемной формой болезни Лайма в сравнении с эритемной формой этого заболевания. Такие наблюдения были сделаны в Ки-

ровской области, в республике Удмуртия, Томской области, Приморском крае, Санкт-Петербурге, Пермском крае и других регионах РФ. Высказывалось мнение, что более тяжелое течение безэритемной формы обусловлено отсутствием своевременной медицинской помощи в связи с трудностью ранней диагностики. Необходимо отметить, что *B. miyamotoi* оказалась ответственной за часть случаев безэритемной формы болезни Лайма в регионах РФ [18].

Уровни инфицированности клещей *I. persulcatus* на различных территориях юга Западной Сибири методом ПЦР в реальном времени составили: боррелиями *B. burgdorferi s.l.* – 38,3% (*I. persulcatus* – в Омской области; 53,5% *I. persulcatus* и 56,9% *I. pavlovskiyi* – в Новосибирской области; 22,4% *I. persulcatus* и 24,1% *I. pavlovskiyi* в Республике Алтай, 44,1% *I. persulcatus* и 35,5% *I. pavlovskiyi* в Кемеровской области). ДНК *B. miyamotoi* была выявлена в *I. persulcatus*, собранных в Омской области (10,0% экз. клещей), в Новосибирской области (15,4% экз. клещей), в Республики Алтай (17,1%) и в Кемеровской области (13,2%). Полученные в результате секвенирования межгенного спейсера 5S-23S и поверхностного белка OspA 45 нуклеотидных последовательностей (НП) депонированы в международной базе данных GenBank: 15 НП – *B. afzelii* (MK118769.1, MK118768.1, MK118767.1, MK118766.1, MK118763.1, MK118757.1, MK118756.1, MK118755.1, MK118754.1, MK118753.1, MK118752.1, MK118751.1, MK118750.1, MN719904, MT084765); 25 НП – *B. garinii* (MK118765.1, MK118764.1, MK118762.1, MK118761.1, MK118760.1, MN782659.1, MN782658.1, MN782657.1, MN777466.1, MN777465.1, MN401039.1, MN388433.1, MT084762, MT084763, MT084764, MT084766, MT084767, MT084768, MT084769, MN746111, MN746112, MN746113, MN719903, MN719906, MN719907); 2 НП – *B. bavariensis* (MK118758, MK118759), 2 НП – *B. spielmanii* (MN685134, MN695027) и 1 нуклеотидная последовательность *Borrelia sp.* (MN719905).

Изучение геновидового состава боррелий в иксодовых клещах в природных очагах юга За-

падной Сибири показало наличие как минимум пяти геновидов патогенных боррелий (*B. garinii*, *B. afzelii*, *B. bavariensis*, *B. spielmanii* и *B. miyamotoi*). Частота выявления *B. garinii* и *B. afzelii* у клещей различных видов (*I. persulcatus* и *I. pavlovskiyi*) не имеет значимых отличий. Отмечается более частая встречаемость *B. garinii* по сравнению с *B. afzelii*. Уровни инфицированности клещей *I. persulcatus* боррелиями *B. miyamotoi* существенно ниже (в 3,5 раза), чем геновидами *B. garinii* и *B. afzelii*. Среднегодовалая инфицированность боррелиями клещей *D. Reticulatus*, по данным ПЦР, составляет 1,14%. В 2019 г. в клещах *D. reticulatus*, снятых с людей, боррелии выявлены в 1,53% случаев. Методом ПЦР в реальном времени установлено наличие ДНК *B. miyamotoi* в клещах этого вида в 0,13% случаев. Ранее нами при исследовании *D. reticulatus* методом ПЦР с применением рестрикционного анализа было показано наличие боррелий, близких к *B. afzelii* в 4,8% случаев [19, 20]. Нуклеотидные последовательности ДНК боррелий, полученные при исследовании двух клещей *D. reticulatus* в 2004 г., депонированы в GenBank как *Borrelia sp.* (AY540051, AY540052). В 2019 г. при сравнении этих нуклеотидных последовательностей с последовательностями, представленными в базе GenBank, с помощью поисковой системы BLAST получены данные о более чем 95% гомологии с *Borrelia spielmanii* (AF497994.1, JX910054.1, JX448322.1). Необходимо дальнейшая оценка роли луговых клещей *D. reticulatus* в распространении боррелий с молекулярно-генетической идентификацией выявляемых в клещах этого вида возбудителей ИКБ.

Заключение

Изучение этиологической структуры и географического распространения боррелий является важным звеном в комплексе мер по профилактике, диагностике и своевременному лечению ИКБ. Клещевые боррелиозы по-прежнему остаются актуальной патологией для России. Необходимо дальнейшее пополнение знаний о геновидовом составе боррелий и их вкладе в региональную инфекционную патологию.

Литература:

1. Рудаков Н.В., Рудакова С.А. Клещевые трансмиссивные инфекции Сибири. Практическое руководство. Омск: Издательский центр «Омский научный вестник»; 2019.
2. Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. Москва; 2013.
3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия на-

селения в Российской Федерации в 2018 году : Государственный доклад. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2019. Ссылка активна на 24.08.2021. <https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/798/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-sanitarno-epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-rossiyskoy->

- federatsii-v-2018-godu.pdf
4. Карань Л.С., Колясникова Н.М., Сарксян Д.С., Гриднева К.А., Федорова М.В., Есаулкова А.Ю., Романенко В.В. Инфицированность иксодовых клещей и мелких млекопитающих боррелиями различных таксономических групп. *Молекулярная диагностика*. 2014;493-494.
 5. Fukunaga M, Takahashi Y, Tsuruta Y, Matsushita O, Ralph D, McClelland M, Nakao M. Genetic and phenotypic analysis of *Borrelia miyamotoi* sp. nov., isolated from the ixodid tick *Ixodes persulcatus*, the vector for Lyme disease in Japan. *Int J Syst Bacteriol*. 1995;45(4):804-810. <https://doi.org/10.1099/00207713-45-4-804>. PMID: 7547303
 6. Mukhacheva TA, Salikhova II, Kovalev SY. Multilocus spacer analysis revealed highly homogeneous genetic background of asian type of *Borrelia miyamotoi*. *Infect Genet Evol*. 2015;31:257-262. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2015.02.009>
 7. Sinski E, Welc-Faleciak R, Zajkowska J. *Borrelia miyamotoi*: A human tick-borne relapsing fever spirochete in Europe and its potential impact on public health. *Adv Med Sci*. 2016;61(2):255-260. <https://doi.org/10.1016/j.advms.2016.03.001>
 8. ФГБУ НИИДИ ФМБА России, Общественная организация «Евразийское общество по инфекционным болезням», Общественная организация «Ассоциация врачей инфекционистов Санкт-Петербурга и Ленинградской области» (АВИСПО). *Клинические рекомендации (протокол лечения) оказания медицинской помощи детям больным болезнью Лайма*. Санкт-Петербург; 2015. Ссылка активна на 24.08.2021. <http://niidi.ru/dotAsset/aacc042d-345c-4b45-9a4b-fa9d0d9e6714.pdf>
 9. Платонов А.Е., Коетсвелд Ж., Колясникова Н.М., Сарксян Д.С., Топоркова М.Г., Шипулин Г.А., Novius J.W. Микробиологическое подтверждение этиологии иксодового клещевого боррелиоза в безэритемной форме – инфекции, вызываемой *Borrelia miyamotoi*. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2017;16(1):29-35. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2017-16-1-29-35>
 10. Фадеева И.А., Неведова В.В., Коренберг Э.И., Горелова Н.Б. Генетические варианты *Borrelia afzelii* – одного из возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2005;3:18-21.
 11. Неведова В.В., Коренберг Э.И., Горелова Н.Б. Генетические варианты *Borrelia garinii* – широко распространенного евразийского возбудителя заболеваний группы иксодовых клещевых боррелиозов. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2010;3:7-12.
 12. Неведова В.В., Коренберг Э.И., Горелова Н.Б. Мультилокусный сиквенс-анализ «нетипичных» *Borrelia burgdorferi sensu lato*, изолированных в России. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2017;35(4):145-150. <https://doi.org/10.18821/0208-0613-2017-35-4-145-150>
 13. Коренберг Э.И., Сироткин М.Б., Ковалевский Ю.В. Общая схема циркуляции возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов в природных очагах Евразии. *Зоологический журнал*. 2016;95(3):283-299. <https://doi.org/10.7868/S0044513416030090>
 14. Москвитина Н.С., Коробицын И.Г., Тютеньков О.Ю., Гашков С.И., Кононова Ю.В., Москвитин С.С., Романенко В.Н., Микрюкова Т.П., Протопопова Е.В., Карташов М.Ю., Чаусов Е.В., Коновалова С.Н., Тупота Н.Л., Семенцова А.О., Терновой В.А., Локтев В.Б. Возможная роль мигрирующих птиц в распространении клещевых инфекций на территории Сибири и Дальнего Востока. *Успехи наук о жизни*. 2014;9:127-131.
 15. Рудакова С.А. Молекулярно-эпидемиологический мониторинг за инфекциями, передающимися иксодовыми клещами в сочетанных природных очагах. *Молекулярная диагностика: сборник трудов*, Москва, 18-20 марта 2014 года. Москва: Издательство МБА, 2014:499-500.
 16. Рудакова С.А., Теслова О.Е., Канешова Н.Е., Штрек С.В., Якименко В.В., Пеньевская Н.А. Генотиповое разнообразие боррелий в иксодовых клещах на территории юга Западной Сибири. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2019;(4):92-96. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2019-4-92-96>
 17. Бондаренко ЕИ, Леонова ГН, Щучинова ЛД, Щучинов ЛВ, Суховеркова АВ, Иванов ЛИ, Мжельская ТВ, Драгомерецкая АГ, Мокрецова ЕВ, Андаев ЕИ, Трушина ЮН, Зверева НГ, Тимофеев ДИ, Офицеров ВИ. Распространенность *Borrelia miyamotoi* – возбудителя клещевой возвратной лихорадки в семи регионах Сибири и Дальнего Востока. *Молекулярная диагностика 2017*, Москва, 18-20 апреля 2017 года. 2017:168-170.
 18. Сарксян Д.С. Иксодовые клещевые боррелиозы – современное состояние проблемы. *Инфекционные болезни*. 2015;2(13):61-67.
 19. Rar V, Fomenko N, Dobrotvorsky A, Livanova N, Rudakova S, Fedorov E, Astanin V, Morozova O. Tickborne Pathogen Detection, Western Siberia, Russia. *Emerg Infect Dis*. 2005;11(11):1708-1715. <https://doi.org/10.3201/eid1111.041195>
 20. Рудакова С.А., Фоменко Н.В., Тупикин А.Е., Ливанова Н.Н. Результаты генотипирования боррелий в клещах *Dermacentor reticulatus* в Западной Сибири. *Медицинская микробиология – XXI век*. Саратов; 2004:196-197.

References:

1. Rudakov NV, Rudakova SA. *Tick-borne infections in Siberia*. Practical guide. Omsk : Izdatel'skiy tsentr «Omskiy nauchnyy vestnik»; 2019. (In Russ).
2. Korenberg EI, Pomelova VG, Osin NS. *Infections with natural foci transmitted by Ixodid ticks*. Moscow; 2013. (In Russ).
3. *O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2018 godu*: Gosudarstvennyy doklad. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ey i blagopoluchiya cheloveka; 2019. (In Russ). Available at: <https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/798/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-sanitarno-epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-rossiyskoy-federatsii-v-2018-godu.pdf>. Accessed: 24 August, 2021.
4. Karan' LS, Kolyasnikova NM, Sarksyas DS, Gridneva KA, Fedorova MV, Esaulkova AYU, Romanenko VV. Infitsirovannost' iksodovykh kleshchey i melkikh mlekopitayushchikh borreliyami razlichnykh taksonomicheskikh grupp. *Molekulyarnaya diagnostika*. 2014:493-494. (In Russ).
5. Fukunaga M, Takahashi Y, Tsuruta Y, Matsushita O, Ralph D, McClelland M, Nakao M. Genetic and phenotypic analysis of *Borrelia miyamotoi* sp. nov., isolated from the ixodid tick *Ixodes persulcatus*, the vector for Lyme disease in Japan. *Int J Syst Bacteriol*. 1995;45(4):804-810. <https://doi.org/10.1099/00207713-45-4-804>. PMID: 7547303
6. Mukhacheva TA, Salikhova II, Kovalev SY. Multilocus spacer analysis revealed highly homogeneous genetic background of asian type of *Borrelia miyamotoi*. *Infect Genet Evol*. 2015;31:257-262. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2015.02.009>
7. Sinski E, Welc-Faleciak R, Zajkowska J. *Borrelia miyamotoi*: A human tick-borne relapsing fever spirochete in Europe and its potential impact on public health. *Adv Med Sci*. 2016;61(2):255-260. <https://doi.org/10.1016/j.advms.2016.03.001>
8. ФГБУ НИИДИ ФМБА России, Общественная организация «Евразийское общество по инфекционным болезням», Общественная организация «Ассоциация врачей инфекционистов Санкт-Петербурга и Ленинградской области» (АВИСПО). *Клинические рекомендации (протокол лечения) оказания медицинской помощи детям больным болезнью Лайма*. Санкт-Петербург; 2015. Ссылка активна на 24.08.2021. <http://niidi.ru/dotAsset/aacc042d-345c-4b45-9a4b-fa9d0d9e6714.pdf>. Accessed: 24 August, 2021.
9. Platonov AE, Koetsveld J, Kolyasnikova NM, Sarksyas DS, Toporkova MG, Shipulin GA, Novius JW. Microbiological evidence of etiology "ixodes tick-borne borreliosis without erythema migrans" - infection caused by *borrelia miyamotoi*. *Epidemiology and vaccinal prevention*. 2017;16(1):29-35. (In Russ). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2017-16-1-29-35>
10. Fadeeva IA, Nefedova VV, Korenberg E, Gorelava NB. Genetic variants of *borrelia afzeli*, a pathogen of the ixodes tick borreliosis. *Molekulyarnaya genetika mikrobiologia i virusologia*. 2005;3:18-21. (In Russ).
11. Nefedova VV, Korenberg EI, Gorelava NB. Genetic variants of *borrelia garinii*, a widespread eurasian pathogen of ixodid tick borreliosis. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2010;25(3):95-100. (In Russ).
12. Nefedova VV, Korenberg EI, Gorelava NB. Multilocus sequence analysis of "atypical" *borrelia burgdorferi sensu lato* isolated in Russia. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2017;32(4):196-203. (In Russ). <https://doi.org/10.3103/S0891416817040073>
13. Korenberg EI, Sirotkin MB, Kovalevskii YuV. A general scheme of the circulation of ixodid tick-borne borreliosis pathogens in natural foci of Eurasia. *Zoologicheskii zhurnal*. 2016;95(3):283-299. (In Russ). <https://doi.org/10.7868/S0044513416030090>
14. Moskvitina NS, Korobitsyn IG, Tyutenkov OYu, Gashkov SI, Kononova YuV, Moskvitin SS, Romanenko VN, Mikryukova TP, Protopopova EV, Kartashov MYu, Chausov EV, Konovalova SN, Tupota NL, Sementso-

- va AO, Temovoy VA, Loktev VB. Possible role of migratory birds in the spread tick-borne infections in the territory of Siberia and Russian far east. *Achievements in the Life Sciences*. 2014;9:127-131. (In Russ).
15. Rudakova SA. Molekulyarno-epidemiologicheskiy monitoring za infektsiyami, peredayushchimisya iksovodnymi kleshchami v sochetannykh prirodnykh ochagakh. *Molekulyarnaya diagnostika: sbornik trudov*, Moscow, 18-20 marta 2014 goda. Moscow: Izdatel'stvo MBA, 2014:499-500. (In Russ).
 16. Rudakova SA, Teslova OE, Kaneshova NE, Shtrek SV, Yakimenko VV, Penyevskaya NA. Genospecies diversity of borrelia in ixodes ticks of the west Siberia. *Problems of particularly dangerous infections*. 2019;(4):92-96. (In Russ). <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2019-4-92-96>
 17. Bondarenko EI, Leonova GN, Shchuchinova LD, Shchuchinov LV, Sukhoverkova AV, Ivanov LI, Mzhel'skaya TV, Dragomeretskaya AG, Mokretsova EV, Andaev EI, Trushina YuN, Zvereva NG, Timofeev DI, Ofitserov VI. Rasprostranennost' Borellia miyamotoi – vozбудitelya kleshchevoy vozvratnoy likhoradki v semi regionakh Sibiri i Dal'nego Vostoka. *Molekulyarnaya diagnostika 2017*, Moscow, 18-20 aprelya 2017 goda. 2017:168-170. (In Russ).
 18. Sarkisian DS. Ixodes tick borreliosis - current state of problem. *Infectious diseases*. 2015;2(13):61-67. (In Russ).
 19. Rar V, Fomenko N, Dobrotvorsky A, Livanova N, Rudakova S, Fedorov E, Astanin V, Morozova O. Tickborne Pathogen Detection, Western Siberia, Russia. *Emerg Infect Dis*. 2005;11(11):1708-1715. <https://doi.org/10.3201/eid1111.041195>
 20. Rudakova SA, Fomenko NV, Tupikin AE, Livanova NN. Rezul'taty genotipirovaniya borrelii v kleshchakh Dermacentor reticulatus v Zapadnoy Sibiri. *Meditsinskaya mikrobiologiya – XXI vek*. Saratov; 2004:196-197. (In Russ).

Сведения об авторах

Рудакова Светлана Анатольевна, доктор медицинских наук, заведующая лабораторией молекулярной диагностики с группой клещевых боррелиозов, главный научный сотрудник; заведующая отделом природно-очаговых бактериальных зоонозов ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (644080, Россия, г. Омск, пр-т Мира, д. 7).

Вклад в статью: концепция статьи, анализ данных, написание статьи.

ORCID: 0000-0001-6262-129X

Рудаков Николай Викторович, доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (644080, Россия, г. Омск, пр-т Мира, д. 7), заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (644099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, д. 12).

Вклад в статью: концепция, написание статьи.

ORCID: 0000-0001-9566-9214

Штрек Сергей Владимирович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории зоонозных инфекций ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (644080, Россия, г. Омск, пр-т Мира, д. 7), ассистент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (644099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, д. 12).

Вклад в статью: анализ литературы, написание статьи.

ORCID: 0000-0002-4509-1212

Теслова Ольга Евгеньевна, младший научный сотрудник лаборатории зоонозных инфекций ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (644080, Россия, г. Омск, пр-т Мира, д. 7), ассистент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (644099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, д. 12).

Вклад в статью: анализ литературы, анализ данных.

ORCID: 0000-0002-1897-5522

Канешова Надия Ералыевна, младший научный сотрудник лаборатории зоонозных инфекций ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (644080, Россия, г. Омск, пр-т Мира, д. 7), ассистент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (644099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, д. 12).

Вклад в статью: анализ литературы, анализ данных.

ORCID: 0000-0002-9572-7792

Статья поступила: 29.03.2021 г.

Принята в печать: 31.08.2021 г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

Authors

Dr. Svetlana A. Rudakova, MD, DSc, Head of the Laboratory for Molecular Diagnostics with a Group of Tick-Borne Borrelioses, Chief Scientific Officer; Head of the Department of Zoonotic Infections, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Prospekt, Omsk, 644080, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study, performed the data analysis, wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0001-6262-129X

Prof. Nikolay V. Rudakov, MD, DSc, Director, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Prospekt, Omsk, 644080, Russian Federation); Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University (12, Lenina Street, Omsk, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0001-9566-9214

Dr. Sergey V. Shtrek, MD, PhD, Senior Researcher, Laboratory of Zoonotic Infections, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Prospekt, Omsk, 644080, Russian Federation); Assistant Professor, Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation (12, Lenina Street, Omsk, Russian Federation).

Contribution: performed the literature analysis; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-4509-1212

Dr. Olga E. Teslova, MD, Junior Researcher, Laboratory for Molecular Diagnostics with a Group of Tick-Borne Borrelioses, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Prospekt, Omsk, 644080, Russian Federation); Assistant Professor, Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation (12, Lenina Street, Omsk, Russian Federation).

Contribution: conducted the literature analysis; performed the data analysis.

ORCID: 0000-0002-1897-5522

Dr. Nadia E. Kaneshova, MD, Junior Researcher, Laboratory for Molecular Diagnostics with a Group of Tick-Borne Borrelioses, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Prospekt, Omsk, 644080, Russian Federation); Assistant Professor, Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation (12, Lenina Street, Omsk, Russian Federation).

Contribution: conducted the literature analysis; performed the data analysis.

ORCID: 0000-0002-9572-7792

Received: 29.03.2021

Accepted: 31.08.2021

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.