

DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-129-133

УДК 616.98:579.834.114(571.1/.5)

Н.Л. Тупота, В.А. Терновой, М.Ю. Карташов, Е.П. Пономарева, В.Б. Локтев

ДЕТЕКЦИЯ *BORRELIA MIYAMOTOI* В ИКСОДОВЫХ КЛЕЩАХ, СОБРАННЫХ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», р.п. Кольцово, Российская Федерация

Цель работы – оценить уровень инфицированности *Borrelia miyamotoi* клещей *Ixodes persulcatus* и *Ixodes pavlovskyi*, собранных на юге Западной Сибири. **Материалы и методы.** Исследованы 688 клещей *I. persulcatus* и *I. pavlovskyi*, собранных на территории Новосибирской, Томской и Кемеровской областей. ДНК боррелий выявлены методом двухраундовой полимеразной цепной реакции со специфическими праймерами к участку гена *omp66* с последующим секвенированием выделенных фрагментов и проведением филогенетического анализа, включая последовательности прототипных изолятов, опубликованных в международной базе данных GenBank. Сравнение и анализ нуклеотидных последовательностей выполняли с использованием пакета программ MEGA 7. Параллельно методами ОТ-ПЦР и ПЦР с использованием видоспецифических и родоспецифических праймеров проведено исследование образцов на наличие возбудителей трансмиссивных инфекций: лихорадки Западного Нила и клещевого энцефалита, анаплазмоза, эрлихиоза, бабезиоза, бартонеллеза и кандидатных возбудителей клещевых риккетсиозов. **Результаты и обсуждение.** Генетический материал *B. miyamotoi* выявлен в 2,2 % клещей *I. persulcatus* и *I. pavlovskyi* в Томской, Новосибирской и Кемеровской областях, определена их принадлежность к азиатскому генотипу. Установлено, что степень сходства фрагментов гена *omp66* внутри группы, объединяющей изоляты азиатского генотипа, составила 100 %. Взаимосвязь *B. miyamotoi* с определенным видом переносчика не обнаружена.

Ключевые слова: иксодовый клещевой боррелиоз, *Borrelia miyamotoi*, генотипирование.

Корреспондирующий автор: Тупота Наталья Леонидовна, e-mail: tupota_nl@vector.nsc.ru.

Для цитирования: Тупота Н.Л., Терновой В.А., Карташов М.Ю., Пономарева Е.П., Локтев В.Б. Детекция *Borrelia miyamotoi* в иксодовых клещах, собранных на юге Западной Сибири. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021; 3:129–133. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-129-133.

Поступила 09.07.2020. Отправлена на доработку 15.09.2020. Принята к публ. 18.09.2020.

N.L. Tupota, V.A. Ternovoy, M.Yu. Kartashov, E.P. Ponomareva, V.B. Loktev

Detection of *Borrelia miyamotoi* in Ixodidae Ticks Collected in the South of Western Siberia

State Scientific Center of Virology and Biotechnology “Vector”, Kol'tsovo, Novosibirsk Region, Russian Federation

Abstract. Objective of the study was to assess the level of infection with *Borrelia miyamotoi* in ticks *Ixodes persulcatus* and *Ixodes pavlovskyi* collected in the south of Western Siberia. **Materials and methods.** 688 ticks *I. persulcatus* and *I. pavlovskyi* collected on the territory of Novosibirsk, Tomsk and Kemerovo Regions were examined. *Borrelia* DNA was detected by a two-round polymerase chain reaction with specific primers to the *omp66* gene region, followed by sequencing of the isolated fragments and phylogenetic analysis, including the sequences of prototype isolates published in the international GenBank database. Comparison and analysis of nucleotide sequences was carried out using the MEGA 7 software package. In parallel, the samples were examined for the presence of the agents of transmissible infections – West Nile fever and tick-borne encephalitis, anaplasmosis, ehrlichiosis, babesiosis, bartonellosis and candidate pathogens of tick-borne rickettsiosis through RT-PCR and PCR with species-specific and genus-specific primers. **Results and discussion.** The genetic material of *B. miyamotoi* was found in 2.2 % of *I. persulcatus* and *I. pavlovskyi* ticks in the Tomsk, Novosibirsk, and Kemerovo Regions and their appurtenance to the Asian genotype was determined. It was revealed that the degree of similarity of the *omp66* gene fragments within the group of isolates of the Asian genotype was 100 %. No relation between *B. miyamotoi* and a specific vector species was identified.

Key words: Ixodidae tick-borne borreliosis, *Borrelia miyamotoi*, genotyping.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Corresponding author: Natalia L. Tupota, e-mail: tupota_nl@vector.nsc.ru.

Citation: Tupota N.L., Ternovoy V.A., Kartashov M.Yu., Ponomareva E.P., Loktev V.B. Detection of *Borrelia miyamotoi* in Ixodidae Ticks Collected in the South of Western Siberia. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2021; 3:129–133. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-129-133.

Received 09.07.2020. Revised 15.09.2020. Accepted 18.09.2020.

Tupota N.L., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6150-370X>
Ternovoy V.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1275-171X>
Kartashov M.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7857-6822>

Ponomareva E.P., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8237-457X>
Loktev V.B., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0229-321X>

Иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ) – природно-очаговые трансмиссивные заболевания, возбудители которых выявляются в иксодовых клещах Евразии и Северной Америки [1]. Заражение

человека происходит трансмиссивным путем после укуса клеща. Этиология части безэритемных форм иксодового клещевого боррелиоза связана с *Borrelia miyamotoi*, генетически относимыми к воз-

будителям клещевых возвратных лихорадок и распространены на значительной территории земного шара [1–7]. Относительно недавно было показано, что *B. miyamotoi* способна вызывать тяжелые заболевания, включая менингоэнцефалит у людей с ослабленным иммунитетом, и микст-инфекции с другими возбудителями клещевых инфекций [8–11]. Инфицированность иксодовых клещей *B. miyamotoi* значительно ниже, чем боррелиями комплекса *B. burgdorferi s.l.* На территории Польши этот показатель составляет от 14 % для *B. burgdorferi s.l.* до 0,3 % для *B. miyamotoi*, в Германии – 9,4 и 1,2 %, в Испании – 11,84 и 0,85 % соответственно [12–14]. В разных регионах России этот показатель варьируется от 0,5 до 16 % [15–18].

Цель – оценить уровень инфицированности *B. miyamotoi* клещей *Ixodes persulcatus* и *I. pavlovskyi*, собранных на юге Западной Сибири.

Материалы и методы

В исследование взято 688 клещей *I. persulcatus* и *I. pavlovskyi*, из которых 271 сняли с людей, 417 клещей собрали на флаг в Новосибирской, Томской и Кемеровской областях в мае–июне 2017–2018 гг. Принадлежность исследуемых клещей к виду *Ixodes* устанавливали морфологически с последующим определением нуклеотидной последовательности фрагмента митохондриального гена цитохромоксидазы COI. Гомогенизацию образцов осуществляли в 300 мкл фосфатно-солевого буфера. Выделение нуклеиновых кислот проводили из 100 мкл гомогената с использованием набора «РИБО-преп» (ФБУН ЦНИИЭ, Россия) согласно инструкции производителя. ДНК боррелий выявляли методом двухраундовой полимеразной цепной реакции со специфическими праймерами к участку гена *omp66* с последующим секвенированием выделенных фрагментов и проведением филогенетического анализа [18]. Параллельно методами ОТ-ПЦР и ПЦР проведено исследование образцов с видоспецифическими и родоспецифическими праймерами, описанными ранее [19], на наличие возбудителей клещевых инфекций: вирусов Западного Нила (ВЗН) и клещевого энцефалита (ВКЭ), анаплазмоза (*Anaplasma* spp.), эрлихиоза (*Ehrlichia* spp.), бабезиоза (*Babesia* spp.), бартонеллеза (*Bartonella* spp.) и кандидатных возбудителей клещевых риккетсиозов (*Rickettsia* spp.). Определение нуклеотидных последовательностей продуктов амплификации проводили на автоматическом секвенаторе ABI 3130xl (Applied Biosystems, США), используя набор реактивов BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, США), согласно инструкции производителя. При проведении филогенетического анализа для сравнения использовали последовательности прототипных изолятов, опубликованных в международной базе данных GenBank. Сравнение и анализ нуклеотидных последовательностей

выполняли с использованием пакета программ MEGA 7. Нуклеотидные последовательности фрагмента гена *omp66* длиной 574 п.н. были секвенированы и депонированы в базу данных GenBank (MN689812 – MN689814, MN181500, MN181501, MN986989, MN986990, MN994870, MN994871, MT185687, MT185688).

Результаты и обсуждение

Генетический материал *B. miyamotoi* обнаружен у 15 (2,2 %) особей из 688 клещей *I. persulcatus* и *I. pavlovskyi*, собранных в Новосибирской, Томской и Кемеровской областях. Филогенетический анализ секвенированных нуклеотидных последовательностей гена *omp66* показал, что идентифицированные изоляты относятся к азиатскому генотипу *B. miyamotoi*. Идентичные последовательности гена *omp66* были получены ранее при анализе генетического материала *B. miyamotoi*, выявленного как в клинических образцах, так и в суспензиях иксодовых клещей в Новосибирске, Екатеринбурге, Южно-Сахалинске, Биробиджане и Хабаровске (рисунок).

При этом внутри группы, объединяющей изоляты азиатского генотипа, отсутствовала гетерогенность, степень сходства фрагментов гена *omp66* составила 100 %. Изоляты, относящиеся к американскому и европейскому генотипу, на исследуемой территории и в данной выборке не обнаружены.

В ходе нашего исследования не обнаружена взаимосвязь *B. miyamotoi* с определенным видом переносчика: пять изолятов получены из *I. pavlovskyi*, семь – из *I. persulcatus*. Взаимосвязи уровня инфицированности с объектом обнаружения клеща (человек или флаг) также не выявлено.

Известно, что у иксодовых клещей нередко встречаются микст-инфекции, ассоциированные с различными инфекционными агентами [20–22] и оказывающие влияние на течение и клиническое проявление заболевания. Однако в ходе нашей работы в клещах, инфицированных *B. miyamotoi*, мы не обнаружили генетических маркеров других возбудителей трансмиссивных инфекций: *B. afzelii*, *B. garinii*, *Anaplasma* spp., *Babesia* spp., *Ehrlichia* spp., *Rickettsia* spp. и вируса клещевого энцефалита.

Таким образом, нами выполнена детекция генетических маркеров *B. miyamotoi* в двух видах иксодовых клещей, собранных на юге Западной Сибири в течение 2017–2018 гг. Генетический материал *B. miyamotoi* выявлен в 2,2 % клещей *I. persulcatus* и *I. pavlovskyi* в Томской, Новосибирской и Кемеровской областях. Генотипирование выделенных изолятов по нуклеотидной последовательности фрагмента гена *omp66* показало, что на юге Западной Сибири циркулируют изоляты азиатского генотипа *B. miyamotoi*. Ассоциация данного возбудителя с безэритемными формами боррелиоза у человека требует совершенствования диагностики этой клещевой инфекции на юге Западной Сибири.



Филогенетическое древо *B. miyamotoi*, построенное на основе нуклеотидных последовательностей фрагмента гена *omp66* с помощью метода максимального правдоподобия, содержит внешнюю группу сравнения, представленную *B. garinii* и *B. afzelii*. На рисунке показаны изученные изоляты, депонированные в GenBank

Phylogenetic tree of *B. miyamotoi* constructed on the basis of nucleotide sequences of the *omp66* gene fragment using the maximum likelihood method. It contains an external comparison group represented by *B. garinii* and *B. afzelii*. The figure shows the studied isolates deposited in the GenBank

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Список литературы

1. Krause P.J., Fish D., Narasimhan S., Barbour A.G. *Borrelia miyamotoi* infection in nature and in humans. *Clin. Microbiol. Infect.* 2015; 21(7):631–9. DOI: 10.1016/j.cmi.2015.02.006.

2. Платонов А.Е., Малеев В.В., Карань Л.С. Боррелиозные возвратные лихорадки: забытые и новые. *Терапевтический архив*. 2010; 11(82):74–80.

3. Wagemakers A., Staarink P.J., Sprong H., Hovius J.W.R. *Borrelia miyamotoi*: a widespread tick-borne relapsing fever spirochete. *Trends Parasitol.* 2015; 31(6):260–9. DOI: 10.1016/j.pt.2015.03.008.

4. Henningsson A.J., Asgeirsson H., Hammas B., Karisson E., Parke A., Hoornstra D., Wilhelmsson P., Hovius J.W. Two cases of *Borrelia miyamotoi* Meningitis, Sweden, 2018. *Emerg. Infect. Dis.* 2019; 25(10):1965–8. DOI: 10.3201/eid2510.190416.

5. Hoornstra D., Koetsveld J., Sprong H., Platonov A.E., Hovius J.W. *Borrelia miyamotoi* disease in an immunocompetent patient, Western Europe. *Emerg. Infect. Dis.* 2018; 24(9):1770–2. DOI: 10.3201/eid2409.180806.

6. Ravagnan S., Tomassone L., Montarsi F., Krawczyk A.I., Mastrorilli E., Sprong H., Milani A., Rossi L., Capelli G. First detection of *Borrelia miyamotoi* in *Ixodes ricinus* ticks from northern Italy. *Parasit. Vectors.* 2018; 11(1):130. DOI: 10.1186/s13071-018-2713-z.

7. Kim C.M., Seo J.W., Kim D.M., Yun N.R., Park J.W., Chung J.K., Song H.J. Detection of *Borrelia miyamotoi* in *Ixodes nipponensis* in Korea. *PLoS One.* 2019; 14(7):e0220465. DOI: 10.1371/journal.pone.0220465.

8. Platonov A.E., Karan L.S., Kolyasnikova N.M., Makhneva N.A., Toporkova M.G., Maleev V.V., Fish D., Krause P.J. Humans infected with the relapsing fever spirochete *Borrelia miyamotoi*, Russia. *Emerg. Infect. Dis.* 2011; 17(10):1816–22. DOI: 10.3201/eid1710.101474.

9. Gugliotta J.L., Goethert H.K., Berardi V.P., Telford S.R. 3rd. Meningoencephalitis from *Borrelia miyamotoi* in an immunocompromised patient. *N. Engl. J. Med.* 2013; 368(3):240–5. DOI: 10.1056/NEJMoa1209039.

10. Hovius J.W.R., de Wever B., Sohne M., Brouwer M.C., Coumou J., Wagemakers A., Oei A., Knol H., Narasimhan S., Hodiament C.J., Jahfari S., Pals S.T., Horlings H.M., Fikrig E., Sprong H., van Oers M.H. A case of meningoencephalitis by the relapsing fever spirochete *Borrelia miyamotoi* in Europe. *Lancet.* 2013; 382(9892):658. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61644-X.

11. Fukunaga M., Koreki Y. The flagellin gene of *Borrelia miyamotoi* sp. nov. and its phylogenetic relationship among *Borrelia* species. *FEMS Microbiol. Lett.* 1995; 134(2-3):255–8. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1995.tb07947.x.

12. Kiewra D., Stanczak J., Richter M. *Ixodes ricinus* ticks (Acari, Ixodidae) as a vector of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Borrelia miyamotoi* in Lower Silesia, Poland – preliminary study. *Ticks Tick Borne Dis.* 2014; 5(6):892–7. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2014.07.004.

13. Szekeres S., Lügner J., Fingerle V., Margos G., Földvári G. Prevalence of *Borrelia miyamotoi* and *Borrelia burgdorferi* sensu lato in questing ticks from a recreational coniferous forest of East Saxony, Germany. *Ticks Tick Borne Dis.* 2017; 8(6):922–7. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2017.08.002.

14. Remesar S., Diaz P., Venzal J.M., Prieto A., Estrada-Peña A., Manuel López C., Panadero R., Fernández G., Diez-Baños P., Morrono P. Longitudinal study of infection with *Borrelia* spp. in questing ticks from North-Western Spain. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2019; 19(11):785–92. DOI: 10.1089/vbz.2019.2442.

15. Козлова И.В., Дорошенко Е.К., Лисак О.В., Джиоев Ю.П., Верхожина М.М., Демина Т.В., Рар В.А., Ткачев С.Е., Фоменко Н.В., Сунцова О.В., Черноиванова О.О., Парамонов А.И., Ревизор А.О., Злобин В.И. Видовое и генетическое разнообразие возбудителей клещевых инфекций на территории Восточной Сибири. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2012; 2-2(84):75–82.

16. Платонов А.Е., Карань Л.С., Гаранина С.Б., Шопенская Т.А., Колясникова Н.М., Платонова О.В., Федорова М.В. Природно-очаговые инфекции в XXI веке в России. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2009; 2:30–5.

17. Любезнова О.Н., Бондаренко А.Л., Карань Л.С. Зараженность клещей *Ixodes persulcatus* возбудителями различных заболеваний в эндемичном регионе европейской части России. *Актуальная инфектология*. 2014; 2(3):49–52.

18. Фоменко Н.В., Ливанова Н.Н., Боргояков В.Ю., Козлова И.В., Шулайкина И.В., Пуховская Н.М., Токаревич К.Н., Ливанов С.Г., Дорошенко Е.К., Иванов Л.И. Выявление *Borrelia miyamotoi* в клещах *Ixodes persulcatus* на территории России. *Паразитология*. 2010; 44(3):201–11.

19. Чаусов Е.В., Терновой В.А., Протопопова Е.В., Коновалова С.Н., Кононова Ю.В., Першикова Н.Л., Москвитина Н.С., Романенко В.Н., Иванова Н.В., Большакова Н.П., Москвитин С.С., Коробицын И.Г., Гашков С.И., Тютеньков О.Ю., Куранова В.Н., Кравченко Л.Б., Сучкова Н.Г., Агулова Л.П., Локтев В.Б. Генетическое разнообразие инфекционных агентов, переносимых иксодовыми клещами в г. Томске и его пригородах. *Паразитология*. 2009; 43(5):374–88.

20. Тетерин В.Ю., Коренберг Э.И., Нефедова В.В.,

Воробьева Н.Н., Фризен В.И., Помелова В.Г., Кузнецова Т.И. Клинико-лабораторная диагностика инфекций, передающихся иксодовыми клещами, в Пермском крае. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2013; 4:11–5.

21. Платонов А.Е., Топоркова М.Г., Колясникова Н.М., Стуколова О.А., Долгова А.С., Бродовикова А.В., Махнева Н.А., Карань Л.С., Koetsveld J., Шипулин Г.А., Малеев В.В. Клинические проявления иксодового клещевого боррелиоза, вызванного *Borrelia miyamotoi*, в контексте иммунного ответа на возбудитель. *Терапевтический архив*. 2017; 89(11):35–43.

22. Pukhovskaya N.M., Morozova O.V., Vysochina N.P., Belozeroва N.B., Ivanov L.I. 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.ijppaw.2019.01.005.

References

1. Krause P.J., Fish D., Narasimhan S., Barbour A.G. *Borrelia miyamotoi* infection in nature and in humans. *Clin. Microbiol. Infect.* 2015; 21(7):631–9. DOI: 10.1016/j.cmi.2015.02.006.

2. Platonov A.E., Maleev V.V., Karan L.S. [Borreliosis relapsing fevers: neglected and new]. *Terapevticheskii Arkhiv [Therapeutic Archive]*. 2010; 11:74–80.

3. Wagemakers A., Staarink P.J., Sprong H., Hovius J.W.R. *Borrelia miyamotoi*: a widespread tick-borne relapsing fever spirochete. *Trends Parasitol.* 2015; 31(6):260–9. DOI: 10.1016/j.pt.2015.03.008.

4. Henningsson A.J., Asgeirsson H., Hammas B., Karisson E., Parke A., Hoornstra D., Wilhelmsson P., Hovius J.W. Two cases of *Borrelia miyamotoi* Meningitis, Sweden, 2018. *Emerg. Infect. Dis.* 2019; 25(10):1965–8. DOI: 10.3201/eid2510.190416.

5. Hoornstra D., Koetsveld J., Sprong H., Platonov A.E., Hovius J.W. *Borrelia miyamotoi* disease in an immunocompetent patient, Western Europe. *Emerg. Infect. Dis.* 2018; 24(9):1770–2. DOI: 10.3201/eid2409.180806.

6. Ravagnan S., Tomassone L., Montarsi F., Krawczyk A.I., Mastrorilli E., Sprong H., Milani A., Rossi L., Capelli G. First detection of *Borrelia miyamotoi* in *Ixodes ricinus* ticks from northern Italy. *Parasit. Vectors.* 2018; 11(1):130. DOI: 10.1186/s13071-018-2713-z.

7. Kim C.M., Seo J.W., Kim D.M., Yun N.R., Park J.W., Chung J.K., Song H.J. Detection of *Borrelia miyamotoi* in *Ixodes nipponensis* in Korea. *PLoS One.* 2019; 14(7):e0220465. DOI: 10.1371/journal.pone.0220465.

8. Platonov A.E., Karan L.S., Kolyasnikova N.M., Makhneva N.A., Toporkova M.G., Maleev V.V., Fish D., Krause P.J. Humans infected with the relapsing fever spirochete *Borrelia miyamotoi*, Russia. *Emerg. Infect. Dis.* 2011; 17(10):1816–22. DOI: 10.3201/eid1710.101474.

9. Gugliotta J.L., Goethert H.K., Berardi V.P., Telford S.R. 3rd. Meningoencephalitis from *Borrelia miyamotoi* in an immunocompromised patient. *N. Engl. J. Med.* 2013; 368(3):240–5. DOI: 10.1056/NEJMoa1209039.

10. Hovius J.W.R., de Wever B., Sohne M., Brouwer M.C., Coumou J., Wagemakers A., Oei A., Knol H., Narasimhan S., Hodiament C.J., Jahfari S., Pals S.T., Horlings H.M., Fikrig E., Sprong H., van Oers M.H. A case of meningoencephalitis by the relapsing fever spirochete *Borrelia miyamotoi* in Europe. *Lancet.* 2013; 382(9892):658. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61644-X.

11. Fukunaga M., Koreki Y. The flagellin gene of *Borrelia miyamotoi* sp. nov. and its phylogenetic relationship among *Borrelia* species. *FEMS Microbiol. Lett.* 1995; 134(2-3):255–8. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1995.tb07947.x.

12. Kiewra D., Stanczak J., Richter M. *Ixodes ricinus* ticks (Acari, Ixodidae) as a vector of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Borrelia miyamotoi* in Lower Silesia, Poland – preliminary study. *Ticks Tick Borne Dis.* 2014; 5(6):892–7. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2014.07.004.

13. Szekeres S., Lügner J., Fingerle V., Margos G., Földvári G. Prevalence of *Borrelia miyamotoi* and *Borrelia burgdorferi* sensu lato in questing ticks from a recreational coniferous forest of East Saxony, Germany. *Ticks Tick Borne Dis.* 2017; 8(6):922–7. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2017.08.002.

14. Remesar S., Diaz P., Venzal J.M., Prieto A., Estrada-Peña A., Manuel López C., Panadero R., Fernández G., Diez-Baños P., Morrono P. Longitudinal study of infection with *Borrelia* spp. in questing ticks from North-Western Spain. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2019; 19(11):785–92. DOI: 10.1089/vbz.2019.2442.

15. Kozlova I.V., Doroshenko E.K., Lisak O.V., Dzhioyev Yu.P., Verkhovina M.M., Dyomina T.V., Rar V.A., Tkachev S.E., Fomenko N.V., Suntsova O.V., Chernovianova O.O., Paramonov A.I., Revizor A.O., Zlobin V.I. [Species and genetic diversity of tick infections pathogens on the territory of the Eastern Siberia]. *Bulletin of the East-Siberian Scientific Center of the RAMS Siberian Branch*. 2012; 2-2(84):75–82.

16. Platonov A.E., Karan' L.S., Garanina S.B., Shopenskaya T.A., Kolyasnikova N.M., Platonova O.V., Fedorova M.V. [Natural-focal infections in Russia in the 21st century]. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni [Epidemiology and Infectious Diseases]*. 2009; 2:30–35.
17. Lyubeznova O.N., Bondarenko A.L., Karan' L.S. [Infectiousness of *Ixodes persulcatus* ticks with pathogens of various diseases in endemic regions of European Russia]. *Actual'naya Infektologiya [Actual Infectology]*. 2014; 2(3):49–52.
18. Fomenko N.V., Livanova N.N., Borgoyakov V.Yu., Kozlova I.V., Shulaykina I.V., Pukhovskaya N.M., Tokarevich K.N., Livanov S.G., Doroshchenko E.K., Ivanov L.I. [Detection of *Borrelia miyamotoi* in ticks *Ixodes persulcatus* from Russia]. *Parazitologiya [Parasitology]*. 2010; 44(3):201–11.
19. Chaurov E.V., Ternovoy V.A., Protopopova E.V., Konovalova S.N., Kononova Yu.V., Pershikova N.L., Moskvitina N.S., Romanenko V.N., Ivanova N.V., Bol'shakova N.P., Moskvitin S.S., Korobitsin I.G., Gashkov S.I., Tyuten'kov O.Yu., Kuranova V.N., Kravchenko L.B., Suchkova N.G., Agulova L.P., Loktev V.B. [Genetic diversity of Ixodidae tick-borne pathogens in Tomsk city and its suburbs]. *Parazitologiya [Parasitology]*. 2009; 43(5):374–88.
20. Teterin V.Yu., Korenberg E.I., Nefedova V.V., Vorob'eva N.N., Frizen V.I., Pomelova V.G., Kuznetsova T.I. [Clinical and laboratory diagnosis of infections transmitted by ixodes ticks in the Perm Territory]. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni [Epidemiology and Infectious Diseases]*. 2013; 4:11–5.
21. Platonov A.E., Toporkova M.G., Kolyasnikova N.M., Stukolova O.A., Dolgova A.S., Brodovikova A.V., Makhneva N.A., Karan' L.S., Koetsveld J., Shipulin G.A., Maleev V.V. [Clinical presentation of Ixodes tick-borne borreliosis caused by *Borrelia miyamotoi* in the context of an immune response to the pathogen]. *Terapevtichesky Arkhiv [Therapeutic Archive]*. 2017; 89(11):35–43. DOI: 10.17116/terarkh2017891135-43.
22. Pukhovskaya N.M., Morozova O.V., Vysochina N.P., Belozerova N.B., Ivanov L.I. 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.ijppaw.2019.01.005.

Authors:

Tupota N.L., Ternovoy V.A., Kartashov M.Yu., Ponomareva E.P., Loktev V.B. State Scientific Center of Virology and Biotechnology "Vector". Kol'tsovo, Novosibirsk Region, 630559, Russian Federation. E-mail: vector@vector.nsc.ru.

Об авторах:

Тупота Н.Л., Терновой В.А., Карташов М.Ю., Пономарева Е.П., Локтев В.Б. Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор». Российская Федерация, 630559, Новосибирская обл., п.п. Кольцово. E-mail: vector@vector.nsc.ru.