

# РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ *BORRELIA BURGENDORFERI* SENSU LATO У КРОВОСОСУЩИХ КЛЕЩЕЙ В ПАРКОВЫХ ЗОНАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Ю.А. Панферова<sup>1</sup>, А.Н. Ваганова<sup>1</sup>, О.А. Фрейлихман<sup>1</sup>, К.А. Третьяков<sup>2</sup>,  
С.Г. Медведев<sup>2</sup>, А.О. Шапарь<sup>3</sup>, Н.К. Токаревич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора г. Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Россия

**Резюме.** Бактериальные и вирусные инфекции, ассоциированные с клещами-переносчиками, широко распространены в умеренных широтах Северного полушария. Природные очаги инфекций данной группы совпадают с ареалами иксодовых клещей. Иксодовый клещевой боррелиоз является актуальной проблемой для ряда регионов России, в частности, Северо-Западного федерального округа и мегаполиса Санкт-Петербурга с прилегающими территориями Ленинградской области, где заражение людей может происходить при присасывании клеща в лесопарковых зонах, посещаемых с рекреационными целями горожанами. В настоящее время имеется лишь небольшое число публикаций по превалентности возбудителей инфекций, передаваемых с укусом клеща, на территории Санкт-Петербурга. На наличие ДНК патогенных боррелий комплекса *Borrelia burgdorferi sensu lato* методом ПЦР были исследованы клещи, отловленные на флаг в парковой зоне мегаполиса (северное побережье Финского залива, Курортный район). Для положительных на присутствие ДНК боррелий образцов было проведено генотипирование с использованием видоспецифичных праймеров к фрагментам гена *rpoB*. Было установлено, что доминирующим видом иксодид на исследованной территории является таежный клещ *I. persulcatus*. Преvalентность боррелий, относящихся к комплексу геномовидов *B. burgdorferi* s.l., составила 9,33%. Были обнаружены боррелии геномовидов *B. afzelii* и, реже, *B. garinii*. В одном образце выявлена микст-инфекция боррелиями двух видов. Интересным является тот факт, что все инфицированные бактериями клещи относились к виду *I. persulcatus*, что позволяет предположить, что возможна более тесная ассоциация патогена с данным видом переносчика. Полученные данные важны для изучения распространенности очагов боррелиоза в окрестностях Санкт-Петербурга, получения новых знаний по эпидемиологии данной инфекции и развития мер профилактики, диагностики и лечения. Стоит отметить, что частота инфицирования переносчиков боррелиями значительно выше, чем вирусом клещевого энцефалита, что обеспечивает более высокую заболеваемость. При сравнении наших данных с данными других европейских исследователей можно отметить тот факт, что преvalентность боррелий в различных географических

---

**Адрес для переписки:**

Панферова Юлия Александровна  
197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, 14,  
ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера.  
Тел.: (812) 232-21-36 (служебн.).  
Факс: (812) 233-20-92.  
E-mail: ersvart@inbox.ru

**Contacts:**

Yulia A. Panferova  
197101, Russian Federation, St. Petersburg, Mira str., 14,  
St. Petersburg Pasteur Institute.  
Phone: +7 (812) 232-21-36 (office).  
Fax: +7 (812) 233-20-92.  
E-mail: ersvart@inbox.ru

**Библиографическое описание:**

Панферова Ю.А., Ваганова А.Н., Фрейлихман О.А., Третьяков К.А.,  
Медведев С.Г., Шапарь А.О., Токаревич Н.К. Распространенность  
генетических маркеров *Borrelia burgdorferi sensu lato* у кровососущих  
клещей в парковых зонах Санкт-Петербурга // Инфекция и иммунитет.  
2020. Т. 10, № 1. С. 175–179. doi: 10.15789/2220-7619-POB-806

**Citation:**

Panferova Yu.A., Vaganova A.N., Freylikhman O.A., Tretyakov K.A.,  
Medvedev S.G., Shapar' A.O., Tokarevich N.K. Prevalence of *Borrelia*  
*burgdorferi sensu lato* genetic markers in blood-sucking ticks in suburban  
park zones in Saint Petersburg // Russian Journal of Infection and Immunity =  
Infektsiya i immunitet, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 175–179. doi: 10.15789/2220-  
7619-POB-806

Исследование поддержано грантом сети Институтов Пастера ACIP-2010-08.

регионах варьирует в широких пределах. Необходимо принять во внимание, что превалентность маркеров боррелий у почти 10% клещей, учитывая частую посещаемость исследованных территорий людьми, свидетельствует об опасности заражения боррелиозом в лесопарковых зонах Санкт-Петербурга.

**Ключевые слова:** иксодовый клещевой боррелиоз, боррелии, геномовид, ПЦР, превалентность.

## PREVALENCE OF *BORRELIA BURGDORFERI* SENSU LATO GENETIC MARKERS IN BLOOD-SUCKING TICKS IN SUBURBAN PARK ZONES IN SAINT PETERSBURG

Panferova Yu.A.<sup>a</sup>, Vaganova A.N.<sup>a</sup>, Freylikhman O.A.<sup>a</sup>, Tretyakov K.A.<sup>b</sup>, Medvedev S.G.<sup>b</sup>, Shapar' A.O.<sup>c</sup>, Tokarevich N.K.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>b</sup> Zoological Institute of RAS, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>c</sup> Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance in St. Petersburg, St. Petersburg, Russian Federation

**Abstract.** Tick-borne bacterial and viral infections are widespread in middle latitudes of the Northern hemisphere. Natural foci of such infections coincide with geographic areas inhabited by ixodid ticks. Ixodid tick-borne borreliosis is a pressing issue for some territories of Russia, especially for the North-Western Federal District and St. Petersburg megalopolis as well as adjacent areas of the Leningrad District, where people may become infected after tick bite in recreational zones in suburban park areas. Currently, very few publications regarding prevalence of tick-borne pathogens in St. Petersburg area are available. In our study, questing ticks flagged in park zone (northern coast of Finnish Gulf, Kurortny District) were examined with PCR for carriage of pathogenic *B. burgdorferi* sensu lato complex. In addition, samples positive for *Borrelia* DNA signal were further genotyped with species-specific primers against *rpoB* gene fragment. It was found that *Ixodes persulcatus* dominated in this area. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* s.l. complex comprised 9.33%. Genospecies *B. afzelii* and less frequently *B. garinii* were detected. A mixt-infection with two *Borrelia* species was detected in one sample. Interestingly, all *Borrelia*-infected ticks belonged to *I. persulcatus* suggesting a closer association for certain species in «pathogen-vector» system. Our findings are essential in investigating distribution of ixodid borreliosis foci in St. Petersburg and suburbs, obtaining new data regarding epidemiology, diagnostics, treatment and prevention of this infection. It is noteworthy than prevalence of pathogenic *Borrelia* spp. vs. tick-borne encephalitis virus in vectors was higher thereby accounting for its higher morbidity. Comparing our data with those published elsewhere by European researchers allows to note that prevalence of pathogenic *Borrelia* spp. in ticks varies broadly in diverse geographic regions. It is necessary to take into consideration that prevalence of *Borrelia* markers achieves ~10% in ticks given frequent attendance of park areas near St. Petersburg that point at risk of developing borreliosis in recreational zones.

**Key words:** ixodid tick-borne borreliosis, *Borrelia*, genospecies, PCR, prevalence.

## Введение

В настоящее время иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ) является самым распространенным заболеванием, ассоциированным с членистоногими переносчиками, в Северном полушарии. Значительно распространение данная инфекция имеет в умеренных широтах Евразии. На территории Европы вклад в распространение инфекции вносят спирохеты различных видов, входящих в комплекс *Borrelia burgdorferi* sensu lato (*B. burgdorferi* s.l.) [6]. На территории Фенноскандии превалируют *B. afzelii* и *B. garinii* [7, 11], хотя в последние годы детектируются и другие виды боррелий [12]. Главными переносчиками патогенных боррелий на территории России являются таежный клещ *Ixodes persulcatus* и европейский лесной клещ *Ixodes ricinus*, имеющий также широкое распространение в странах Европы. Важным фактором в распространении боррелиоза, как и прочих инфекций, переносимых клещами, является

не только изменение климатических условий (преимущественно теплые зимы, способствующие увеличению численности клещей), но и возрастающая активность населения в посещении лесных угодий, где в основном происходит присасывание клещей. Очаги инфекций, переносимых клещами, могут формироваться как в естественных, так и в трансформированных человеком биоценозах. Таким образом, является актуальным исследование популяций клещей, обитающих в лесопарковых зонах крупных городов, на носительство патогенов, ассоциированных с данной группой переносчиков. Масштабные исследования на территории Санкт-Петербурга, являющегося эндемичной территорией по ИКБ, к настоящему моменту не проводились.

Целью настоящего исследования являлось изучение распространенности боррелий комплекса *B. burgdorferi* s.l. и отдельных видов на территории лесопарковых зон мегаполиса Санкт-Петербурга, имеющих рекреационное значение.

## Материалы и методы

Сбор голодных клещей проводился путем отлова на тканевый флаг с растительности. Сбор осуществляли на территории Курортного района Санкт-Петербурга (60°00' N, 30°03' E), заказника «Северное побережье Невской губы». Охраняемый статус данной территории придан в связи с наличием стоянок перелетных птиц на путях миграции на побережье Финского залива. Биоценоз в данных локациях был представлен смешанным лесом с преобладанием ели, сосны и мелколиственных древесных пород (береза, ольха черная), выраженным подлеском и распространенным травянистым покровом (цветковые растения и папоротники). Всего было отловлено на флаг 418 имаго голодных клещей при сборе клещей помещали в индивидуальные пробирки. Вид клещей определяли фенотипическим методом (Филиппова, 1977). Для определения инфицированности боррелиями клещей исследовали индивидуально. Перед исследованием клещей промывали однократно в 75% этаноле, высушивали на фильтровальной бумаге на воздухе при комнатной температуре. Каждого клеща индивидуально гомогенизировали в 100 мкл стерильного фосфатного буфера с помощью стальных стерильных шариков диаметром 5 мм на гомогенизаторе «FastPrep24» (MP Biomedicals, США) в следующем режиме: 2 раунда по 60 с, 6,0 м/с, перерыв 5 мин. Выделение ДНК из суспензии производили методом нуклеосорбции на силикагеле с применением набора «DNAprep 100» (Лаборатория Изоген, Москва, Россия), согласно инструкции производителя. Детекцию боррелий проводили с использованием праймеров, фланкирующих фрагмент гена *ospC*, F: AAAGAATACATTAAGTGCGATATT и R: GGGCTTGTAAGCTCTTTAACT [10]. Реакционная смесь объемом 25 мкл содержала 5-кратный реакционный буфер «ScreenMix hot-start» (Евроген, Москва, Россия), содержащий солевой буфер, 200 мМ каждого дНТФ, 4 мМ MgCl<sub>2</sub>, 2 единицы hot-start Taq-полимеразы, и 0,5 мкМ праймеров. Определение геновида боррелий проводили с помощью видоспецифичных праймеров к локусам гена *rpoB* по методу Lee S.H. [13]. Визуализацию результатов ПЦР проводили после электрофореза в 1,5% агарозном геле, окрашенном бромидом этидия с использованием маркера молекулярного веса 100–1000 п.н.

## Результаты и обсуждение

Из собранных на флаг 418 клещей 383 принадлежали к виду *I. persulcatus* (91,7%), 35 — *I. ricinus* (8,3%). Боррелии были обнаружены в 39 особях таежного клеща *I. persulcatus*, среди

*I. ricinus* патоген не был обнаружен. Вид боррелий был представлен в 29 случаях *B. afzelii* (74,36%), в 9 — *B. garinii* (23,08%). В одном случае была обнаружена микст-инфекция двумя видами (2,56%). Боррелии других видов комплекса *B. burgdorferi* s.l. не были обнаружены.

Общая степень инфицированности клещей патогенными боррелиями составила 9,33% (95% ДИ 6,6–12,1%). Превалентность боррелий у таежного клеща составила 10,18% (ДИ 95% 7,2–13,2%). Отсутствие боррелий в особях лесного клеща может быть связано с невысокой численностью данного вида на обследованной территории, по сравнению с таежным клещом, вследствие чего выборка переносчика была небольшой. Следует также учитывать тот факт, что в странах Северной Европы выявлялась более высокая инфицированность таежного клеща боррелиями в зонах симпатрии, что может быть связано со спецификой взаимоотношения «патоген–вектор» [12]. Полученные данные о более частом инфицировании боррелиями таежного клеща согласуются с данными ряда других исследователей, полученными на территории России [2].

ДНК-маркеры видов *B. afzelii* и *B. garinii* выявляли с частотой 6,94% (ДИ 95% 4,5–9,4%) и 2,15% (ДИ 95% 0,8–3,5%), что согласуется с данными других исследований в Северной Евразии (на территории России и Финляндии) [2, 3, 8]. Частота микст-инфекции двумя видами составила 0,24% (ДИ 95% 0,02–0,7%). Учитывая преимущественную ассоциацию видов патогенных боррелий с прокормителями разных классов позвоночных, было установлено, что в исследованных локациях на побережье Финского залива прокормителями иксодовых клещей могут являться не только наземные млекопитающие, с которыми ассоциированы *B. afzelii*, но и птицы, являющиеся более частыми хозяевами *B. garinii*. Ранее на территории Финляндии была выявлена преимущественная ассоциация боррелий вида *B. garinii* с таежными клещами по сравнению с европейским лесным клещом [12]. В нашем исследовании установлена преимущественная циркуляция вида *B. afzelii* в клещах при сборе с растительности в наземных станциях. В то же время, присутствие клещей *I. ricinus*, преобладающих по распространенности на более западных территориях Курортного района Санкт-Петербурга может отмечаться как свидетельство симпатрии двух видов иксодид в наземных экосистемах в месте сбора, так и наблюдаться в связи с заносом предимагинальных стадий европейского лесного клеща с прокормителями-птицами, однако это предположение требует более детального исследования.

Спорным моментом является вопрос о персистенции генетических маркеров патогенов

в клещах и истинные уровни бактерионосительства. С одной стороны, длительная циркуляция свободной ДНК в организме переносчика маловероятна, с другой стороны, ряд исследователей указывает на то, что высокая чувствительность метода ПЦР позволяет выявлять присутствие нежизнеспособных бактериальных клеток, что не является истинной превалентностью. Применяется бактериологическое исследование на присутствие боррелий, однако методы темнопольной микроскопии и посева на среды не являются столь же высокочувствительными, как амплификационные методы детекции [15]. Ранее была описана трансвариальная и трансстадийная передача некоторых видов боррелий у разных клещей-переносчиков, включая таежного и европейского лесного клеща, с разной частотой в различных моделях [1, 9, 14, 18]. Стоит отметить, что европейские исследователи в большинстве случаев приравнивают показатели обнаружения ДНК патогенов, передаваемых с укусом клеща, у переносчиков к их реальной превалентности [11, 12].

Выявленная нами распространенность генетических маркеров боррелий в иксодидях является относительно невысокой по сравнению с данными других исследователей [11, 17], однако соотносится с показателем инфицированности клещей боррелиями в некоторых других мегаполисах Восточной Европы [16]. Наблюдаемый уровень инфицированности переносчиков свидетельствует о достаточно высоком риске заражения ИКБ при присасывании клеща в лесопарковых зонах на северном побережье Финского залива, активно посещаемых жителями Санкт-Петербурга с рекреационными целями.

Количество пострадавших от укусов клещей в Курортном районе Санкт-Петербурга за период 2013–2016 гг. в среднем составляла 154 человека в год, в отдельные годы достигая максимума — 245 человек. Средняя заболеваемость ИКБ на территории Курортного района Санкт-Петербурга за 2013–2016 гг. составляла 101 случай на 100 тыс. населения. Несмотря на относительно невысокую, по сравнению с количеством пострадавших от укусов, заболеваемость жителей района болезнью Лайма, можно утверждать, что на территории Курортного района присутствуют очаги ИКБ и что циркуляция боррелий в иксодовых клещах в лесопарках на территории города создает потенциальную опасность заражения. Уровень инфицированности патогенными боррелиями клещей, снятых с людей, на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области, выявленный нами ранее, незначительно отличался от аналогичного, установленного в данном исследовании при исследовании голодных клещей [4].

В результате исследования установлена превалентность патогенных боррелий у иксодид в лесопарковых зонах мегаполиса Санкт-Петербурга. Выявлена циркуляция двух видов комплекса *B. burgdorferi* s.l., причем возможна микст-инфекция переносчика боррелиями двух видов. Обитающие в рекреационных зонах клещи *I. persulcatus* могут представлять опасность для здоровья горожан. Мониторинг за зараженностью клещей в биотопах является важным для прогнозирования эпидемиологической ситуации по болезни Лайма на территории мегаполиса и совершенствованию профилактики этой и других инфекций, передаваемых с укусом клеща.

## Список литературы/References

1. Балашов Ю.С., Григорьева Л.А., Оливер Дж.Х. Локализация боррелий в организме клеща *Ixodes persulcatus* на разных стадиях развития // Паразитология. 1997. Т. 31, № 2. С. 97–103. [Balashov Yu.S., Grigoryeva L.A., Oliver J.H. Location of borreliae in different stages of the tick *Ixodes persulcatus*. *Parazitologiya*, 1997, vol. 31, no. 2, pp. 97–103. (In Russ.)]
2. Коротков Ю.С., Кисленко Г.С., Буренкова Л.А., Рудникова Н.А., Карань Л.С. Пространственная и временная изменчивость зараженности клещей *Ixodes ricinus* и *Ixodes persulcatus* возбудителем болезни Лайма в Московской области // Паразитология. 2008. Т. 42, № 6. С. 441–451. [Korotkov Yu.S., Kislenco G.S., Burenkova L.A., Rudnikova N.A., Karan L.S. Spatial and temporal variability of *Ixodes ricinus* and *Ixodes persulcatus* infection with the Lyme disease agent in Moscow region. *Parazitologiya*, 2008, vol. 42, no. 6, pp. 441–451. (In Russ.)]
3. 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. Участие птиц в поддержании клещевых инфекций в Томском антропогенном очаге // Известия Российской Академии наук. Серия биологическая. 2014. № 4. С. 408–414. [Moskvitina N.S., Korobitsyn I.G., Tyuten'kov O.Yu., Gashkov S.I., Kononova Yu.V., Moskvitin S.S., Romanenko V.N., Mikryukova T.P., Protopopova E.V., Kartashov M.Yu., Chausov E.V., Konovalova S.N., Tupota N.L., Sementsova A.O., Ternovoi V.A., Loktev V.B. The role of birds in the maintenance of tick-borne infections in the Tomsk anthropogenic foci. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii nauk. Seriya biologicheskaya* = *Biology Bulletin (Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk)*, 2014, vol. 4, pp. 408–414. doi: 10.7868/S0002332914040092 (In Russ.)]
4. Панферова Ю.А., Суворова М.А., Шапарь А.О., Токаревич Н.К. Бактериальные и вирусные патогены в клещах *Ixodes* sp. на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Инфекция и иммунитет. 2018. Т. 8, № 2. С. 219–222. [Panferova Yu.A., Suvorova M.A., Shapar' A.O., Tokarevich N.K. Bacterial and viral pathogens in *Ixodes* sp. ticks in St. Petersburg and Leningrad district. *Infektsiya i immunitet* = *Russian Journal of Infection and Immunity*, 2018, vol. 8, no. 2, pp. 219–222. doi: 10.15789/2220-7619-2018-2-219-222 (In Russ.)]



5. Филиппова Н.А. Иксодовые клещи подсемейства Ixodinae. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1977. 393 с. [Filippova N.A. Ixodid ticks subfamily Ixodinae. Leningrad: Nauka, Leningrad Branch, 1977. 393 p. (In Russ.)]
6. Hubalek Z., Halouzka J. Prevalence rates of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in host seeking *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Parasitol. Res.*, 1998, vol. 84, pp. 167–172.
7. Junttila J., Tanskanen R., Tuomi J. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* in selected tick populations in Finland. *Scand. J. Infect. Dis.*, 1994, vol. 26, pp. 349–355
8. Junttila J., Peltomaa M., Soini H., Marjamaki M., Viljanen M. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes ricinus* ticks in urban recreational areas in Helsinki. *J. Clin. Microbiol.*, 1999, vol. 37, pp. 1361–1365.
9. Kalmar Z., Cozma V., Sprong H., Jahfari S., D'Amico G., Marcutan D., Ionica A., Magdas C., Modry D., Mihalca A. Transstadial transmission of *Borrelia turcica* in *Hyalomma aegyptium* ticks. *PLoS One*, 2015, vol. 10: e0115520. doi: 10.1371/journal.pone.0115520
10. Kim C., Yi Y., Yu D., Lee M., Ccho M., Desai A., Shringi S., Klein T.A., Kim H.C., Song J.W., Baek L.J., Chong S.T., O'Guinn M.L., Lee J.S., Lee I.Y., Park J.H., Foley J., Chae J.S. Tick-borne rickettsial pathogens in ticks and small mammals in Korea. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2006, vol. 72, no. 9, pp. 5766–5776. doi: 10.1128/AEM.00431-06
11. Kjelland V., Stuen S., Skarpaas T., Slettan A. Prevalence and genotypes of *Borrelia burgdorferi* sensu lato infection in *Ixodes ricinus* ticks in southern Norway. *Scand. J. Infect. Dis.*, 2010, vol. 42, pp. 579–585. doi: 10.3109/00365541003716526
12. Laaksonen M., Klemola T., Feuth E., Sormunen J., Puisto A., Makela S., Penttinen R., Ruohomaki K., Hanninen J., Saaksjarvi I., Sprong H., Hytonen J., Vesterinen E. Tick-borne pathogens in Finland: comparison of *Ixodes ricinus* and *I. persulcatus* in sympatric and parapatric areas. *Parasites Vectors*, 2018, vol. 11: 556. doi: 10.1186/s13071-018-3131-y
13. Lee S.H., Kim B.J., Kim J.H., Park K.H., Kim S.J., Kook Y.H. Differentiation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato on the basis of RNA polymerase gene (rpoB) sequences. *J. Clin. Microbiol.*, 2000, vol. 38, pp. 2557–2562.
14. Nefedova V., Korenberg E., Gorelova N., Kovalevskii Yu. Studies on the transovarial transmission of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in the taiga tick *Ixodes persulcatus*. *Folia Parasitol.*, 2004, vol. 51. pp. 67–71.
15. Noda A., Rodriguez I., Mondeja B., Fernandez C. Design, optimization and evaluation of a polymerase chain reaction for detection of *Borrelia* spp. *Adv. Clin. Exp. Med.*, 2013, vol. 22, pp. 639–653.
16. Rogovskyy A., Batool M., Gilis D., Holman P., Nebogatkin I., Rogovska Yu., Rogovskyy M. Diversity of *Borrelia* spirochetes and other zoonotic agents in ticks from Kyiv, Ukraine. *Ticks Tick-borne Dis.*, 2018, vol. 9, pp. 404–409. doi: 10.1016/j.ttbdis.2017.12.006
17. Sormunen J., Penttinen R., Klemola T., Hanninen J., Vuorinen I., Laaksonen M., Saaksjarvi I., Ruohomaki K., Vesterinen E. Tick-borne bacterial pathogen in southwestern Finland. *Parasit. Vectors*, 2016, vol. 9, pp. 168. doi: 10.1186/s13071-016-1449-x
18. Toutoungi L.N., Gern L. Ability of transovarially and subsequent transstadially infected *Ixodes hexagonus* ticks to maintain and transmit *Borrelia burgdorferi* in the laboratory. *Exp. Appl. Acarol.*, 1993, vol. 17, pp. 581–586.

**Авторы:**

**Панферова Ю.А.**, младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;  
**Ваганова А.Н.**, научный сотрудник лаборатории молекулярно-биологических технологий отдела новых технологий ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, Санкт-Петербург, Россия;  
**Фрейлихман О.А.**, к.б.н., зав. лабораторией молекулярно-биологических технологий ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;  
**Третьяков К.А.**, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории паразитологии Зоологического института РАН, Санкт-Петербург, Россия;  
**Медведев С.Г.**, д.б.н., зав. лабораторией паразитологии Зоологического института РАН, Санкт-Петербург, Россия;  
**Шапарь А.О.**, зав. отделом паразитологии Центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора г. Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Россия;  
**Токаревич Н.К.**, д.м.н., профессор, зав. лабораторией зооантропонозных инфекций ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия; профессор кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова МЗ РФ, Санкт-Петербург, Россия.

**Authors:**

**Panferova Yu.A.**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;  
**Vaganova A.N.**, Researcher, Laboratory of Biomolecular Technologies, Department of New Technologies, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;  
**Freylikhman O.A.**, PhD (Biology), Head of the Laboratory of Molecular Biological Techniques, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;  
**Tretyakov K.A.**, PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Parasitology, Zoological Institute of RAS, St. Petersburg, Russian Federation;  
**Medvedev S.G.**, PhD, MD (Biology), Head of Laboratory of Parasitology, Zoological Institute of RAS, St. Petersburg, Russian Federation;  
**Shapar A.O.**, Head of Parasitological Department, Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance, St. Petersburg, Russian Federation;  
**Tokarevich N.K.**, PhD, MD (Medicine), Professor, Head of the Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation; Professor, Department of Epidemiology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation.

Поступила в редакцию 23.11.2018  
 Отправлена на доработку 06.04.2019  
 Принята к печати 05.06.2019

Received 23.11.2018  
 Revision received 06.04.2019  
 Accepted 05.06.2019