

Клещевые возвратные лихорадки и геновидовое разнообразие боррелий: текущее состояние вопроса

Т. А. Чеканова*, И. Н. Манзенюк

ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии»
Роспотребнадзора, Москва

Резюме

Актуальность. Клещевые возвратные лихорадки, вызываемые патогенными для человека видами боррелий, недостаточно изучены. **Цель обзора** – оценка геновидового разнообразия боррелий с особым вниманием к группе возбудителей возвратных лихорадок и филогенетически смежных с ней видов, переносимых клещами. В обзоре также представлена актуальная информация об основных переносчиках (клещах) и их известном географическом распространении, природных резервуарах боррелий – возбудителей и потенциальных возбудителей клещевых возвратных лихорадок. **Заключение.** Новые виды боррелий, в т.ч. кандидатные, клады возвратных лихорадок и смежных филогенетических линий/групп, переносчиками которых являются не только аргасовые клещи, но и твердотельные иксодовые, заслуживают дальнейшего изучения. Сохранению эпидемического потенциала клещевых возвратных лихорадок могут способствовать климатические изменения, а также мало изученные адаптационные механизмы боррелий к вероятным переносчикам.

Ключевые слова: клещевые возвратные лихорадки, геновидовое разнообразие, боррелии, переносчики, резервуары, географическое распространение
Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Чеканова Т. А., Манзенюк И. Н. Клещевые возвратные лихорадки и геновидовое разнообразие боррелий: текущее состояние вопроса. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2021;20(6): 108–116. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-6-108-116>.

Tick-Born Relapsing Fever and Genespecies Diversity of *Borrelia*: Current Status

TA Chekanova**, IN Manzeniuk

Central Research Institute of Epidemiology, Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Moscow, Russia

Abstract

Relevance. Tick-borne relapsing fevers caused by *Borrelia* species pathogenic for humans are not well understood. **Aim** of this review is to assess the genetic diversity of *Borrelia* with special attention to the relapsing fever group and phylogenetically related species carried by ticks. The review also provides up-to-date information on the main vectors and their geographic distribution, reservoirs of borrelia – pathogens, and potential pathogens of tick-borne recurrent fevers. **Conclusions.** New types of *Borrelia*, including a candidate, of relapsing fever clade and related phylogenetic lines/groups, which are carried not only by argasid, but also by solid-body ixodid ticks, deserve further study. The preservation of the epidemic potential of tick-borne relapsing fever can be facilitated by climatic changes, and poorly studied adaptation mechanisms of *Borrelia* to the range of vectors.

Keywords: tick-borne relapsing fevers, species diversity, *Borrelia*, vectors, reservoirs, geographic distribution

No conflict of interest to declare.

For citation: Chekanova TA, Manzeniuk IN. Tick-born relapsing fever and genespecies diversity of borrelia: current status. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2021;20(6): 108–116 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-6-108-116>.

Введение

Borrelia – широко распространенный и быстро пополняемый род бактерий, включающий на

сегодняшний день, в соответствии с правилами Международного комитета по систематике прокариот (ICSP), по меньшей мере 42 подтвержденных

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

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

вида, 2 подвида и 12 кандидатных видов [1]. За исключением *Borrelia recurrentis* – этиологического источника эпидемического возвратного тифа, переносимого вшами – остальные виды боррелий тесно ассоциированы с клещами.

Цель обзора – оценка геновидового разнообразия боррелий с особым вниманием к группе возбудителей возвратных лихорадок и филогенетически близких таксонов, переносимых клещами, а также состояния вопроса изучения эпидемиологии клещевых возвратных лихорадок.

Таксономия боррелий

Таксономические позиции боррелий за последние годы подвергалась неоднократному пересмотру. Так, в 2014 г. было предложено боррелии разделить на два рода: собственно род *Borrelia* и род *Borreliaella* gen. nov. [2]. В этом предложении все виды, входящие в группу возвратных лихорадок (Relapsing Fever, RF), были сохранены в пределах рода *Borrelia*, тогда как виды, относящиеся к группе Лайм-боррелиоза (*Lime borreliosis*, LB), были помещены в новый род, названный *Borreliaella*. Однако вскоре эта позиция была подвергнута критике. Филогенетический анализ продемонстрировал, что большинство видов боррелий можно отнести к одной из двух основных сестринских групп внутри одного рода *Borrelia*, которые когда-то имели общего предка: к группе (кладе) возбудителей RF или к группе (кладе) возбудителей LB (*Borrelia burgdorferi sensu lato* complex) [3]. Долгое время признавалось наличие только этих двух групп.

Недавно были описаны новые виды боррелий [4–8], ассоциированные с рептилиями (REP). Сравнение последовательностей генов 16S рРНК показало, что эти виды расходятся как с кладой возбудителей LB, так и с боррелиями клады возбудителей RF [9], занимая промежуточное положение между ними [10], формируя третью филогенетическую группу. Следует отметить, что *B. turcica*, а также филогенетически близкие кандидатные виды *Candidatus B. tachyglossi*, *Candidatus B. mahuryensis* и несколько геновидов с неопределенной таксономической позицией [11,12] переносятся твердотельными клещами семейства *Ixodidae* (роды *Amblyomma*, *Hyalomma*, *Bothriocroton* и *Ixodes*). Патогенность геновидов данной группы для человека не изучена. Эти боррелии паразитируют на рептилиях, ехиднах, вместе с тем не исключается, что они могут иметь потенциально более широкий спектр хозяев, включая птиц и млекопитающих [4–8,12–15].

Таксономические позиции некоторых видов уточняются: к примеру, у предложенного в качестве нового вида в группу RF *B. davisii*, выделенного в США из клещей, паразитирующих на грызунах; а также у открытого в 2021 г. кандидатного вида *Candidatus B. javanense* и др. [17].

Однако более значительным фактом является разнообразие боррелий, образующих глубоко

разветвленные уникальные монофилетические линии внутри рода. Так, с применением бласт-анализа гена *flaB* было подтверждено наличие в твердых клещах в Африке изолятов боррелий и новых кандидатных видов *Candidatus B. ivorensis* и *Candidatus B. africana*, которых можно выделить в отдельную монофилетическую линию [19].

Столь широкое геновидовое разнообразие боррелий необходимо принимать во внимание в инфекционной практике с допуском, что патогенность для человека не доказана для многих видов. В таблице приведены известные сведения о видах боррелий клады RF и филогенетически близких геновидах, включая кандидатные, а также о природных резервуарах боррелий и их основных переносчиках, отмеченной патогенности для человека и животных.

Клещевые возвратные лихорадки

В настоящее время актуальными для РФ признаются болезнь Лайма и боррелиоз, вызываемый *B. miyamotoi* [20]. Интерес к данным инфекциям объясняется, прежде всего, высокой частотой среди людей случаев присасывания переносчиков их возбудителей – иксодовых клещей, особенно, рода *Ixodes*. Между тем, недостаточно внимания уделяется изучению других возбудителей или потенциальных возбудителей клещевых возвратных лихорадок (КВЛ) – заболеваний, обусловленных инфицированием боррелиями клады RF, и, возможно, филогенетически близкими к ней геновидами смежных групп/линий, открытых недавно. Одна из причин этому – ограниченные знания о круге переносчиков возбудителей КВЛ. Широко распространено мнение, что переносчиками возбудителей КВЛ являются аргасовые клещи (с признанием небольшого числа исключений). В этой связи при регистрации у пациента характерной рецидивирующей лихорадки, развившейся после присасывания клеща, в регионах с умеренным климатом, как правило, подозревают боррелиоз, вызываемый *B. miyamotoi*, и крайне редко – КВЛ, обусловленную инфицированием другим видом боррелий, в регионах, где аргасовые клещи встречаются. Между тем, следует обратить внимание на отмечаемую тенденцию – большинство описанных в последние годы видов боррелий клады RF и филогенетически близких геновидов переносятся твердотельными клещами.

Раскол между семействами клещей *Argasidae* – *Ixodidae*, датируемый примерно 230–290 млн лет назад, по одной из версий, явился причиной того, что более ранние в эволюционном плане виды боррелий группы возбудителей RF адаптировались к мягким или аргасовым клещам (аргазидам) и продолжили эволюционировать вместе с этими переносчиками [21]. По сравнению с иксодовыми твердотельными клещами ареал аргазид, действительно, ограничен из-за их строения и особенностей поведения, что отчасти объясняет низкую

Таблица. Виды боррелий кледы возвратных лихорадок и филогенетически близких с ней групп/ монофилетических линий

Table. Species of Borrelia of recurrent fevers clade and phylogenetically related groups / monophyletic lines

№	Вид Species	Год открытия Opening year	Известный переносчик Known vector	Известное географическое рас- пространение клещей-перенос- чиков Known geographic distribution of tick vectors	Резервуар Reservoir	Заболевание у человека и животных Diseases of humans and animals
Возбудители возвратных лихорадок, переносимые клещами рода <i>Ornithodoros</i> <i>Ornithodoros</i> tick-borne pathogens of recurrent fevers						
1	<i>B. duttoni</i>	1906	<i>O. moubata</i>	Африка (центральная, восточная и южная), Мадагаскар Africa (central, eastern and southern), Madagascar	человек human	КВЛ RF
2	<i>B. persica</i>	1913	<i>O. tholozani</i> (<i>O. papillipes</i>)	Ближний Восток (Ирак, Сирия, Иордания, Израиль, Египет, Кипр), Средняя и Центральная Азия (Иран, Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан, Афганистан, Туркменистан, Таджикистан), Пакистан, Индия, Турция, Индия, Ливия, Греция, западный Китай Middle East (Iraq, Syria, Jordan, Israel, Egypt, Cyprus), Central Asia (Iran, Kazakhstan, Uzbekistan, Kyrgyzstan, Afghanistan, Turkmenistan, Tajikistan), Pakistan, India, Turkey, India, Libya, Greece, western China	грызуны, собаки, кошки, человек, летучие мыши rodents, dogs, cats, human, bats	КВЛ, кошачий боррелиоз RF, feline borreliosis
3	<i>B. crocidurae</i>	1917	<i>O. sonrai</i> , <i>O. erraticus</i>	Западная (Мали, Мавритания, Гамбия, Нигер, Сенегал), восточная (Судан, Кения), центральная (Чад) и северная Африка (Алжир, Тунис, Египет, южное Марокко, Ливия), Ближний Восток, Центральная Азия, Турция, Сирия (возможно) Western (Mali, Mauritania, Gambia, Niger, Senegal), Eastern (Sudan, Kenya), Central (Chad) and Northern Africa (Algeria, Tunisia, Egypt, southern Morocco, Libya), the Middle East, Central Asia, Turkey, Syria (possibly)	грызуны, насеко- моядные, лисы, человек rodents, insectivores, foxes, human	КВЛ RF
4	<i>B. venezuelensis</i>	1921	<i>O. rudis</i>	Центральная (Панама) и Южная (Венесуэла, Колумбия, Эквадор, Парагвай, Бразилия) Америка Central (Panama) and South (Venezuela, Colombia, Ecuador, Paraguay, Brazil) America	грызуны, птицы (возможно), человек rodents, birds (possibly), human	КВЛ RF
5	<i>B. hispanica</i>	1926	<i>O. maroccanus</i> , <i>O. occidentalis</i> , <i>O. kairouanensis</i> (<i>O. erraticus</i>)	Северная Африка (Алжир, Марокко, Тунис), Португалия, Испания, Греция, Турция, Кипр North Africa (Algeria, Morocco, Tunisia), Portugal, Spain, Greece, Turkey, Cyprus	грызуны, насеко- моядные, летучие мыши, ласки, лисы, шакалы, собаки, кошки, человек rodents, insectivores, bats, weasels, foxes, jackals, dogs, cats, human	КВЛ RF
6	<i>B. turicatae</i>	1933	<i>O. turicata</i>	Северная Америка (Канада, США, Мексика) North America (Canada, USA, Mexico)	грызуны, собаки, человек rodents, dogs, human	КВЛ, собачий и птичий боррелиоз RF, canine and avian borreliosis
7	<i>B. latyschewii</i>	1941	<i>O. tartakovskyi</i> <i>O. papillipes</i>	Центральная (Туркменистан, Таджикистан, Узбекистан, Киргизия) и Средняя Азия (Ирак, Иран, Афганистан), Россия Central (Turkmenistan, Tajikistan, Uzbekistan, Kyrgyzstan, Iraq, Iran, Afghanistan) Asia, Russia	грызуны, ежи, рептилии, человек rodents, hedgehogs, reptiles, human	КВЛ RF

№	Вид Species	Год открытия Opening year	Известный переносчик Known vector	Известное географическое рас- пространение клещей-перенос- чиков Known geographic distribution of tick vectors	Резервуар Reservoir	Заболевание у человека и животных Diseases of humans and animals
8	<i>B. hermsii</i>	1942	<i>O. hermsii</i>	Северная Америка (Канада, западная часть США) North America (Canada, Western USA)	грызуны, олени, собаки, бурундуки, белки, человек rodents, deer, dogs, chipmunks, squirrels, humans	КВЛ, собачий боррелиоз RF, canine borreliosis
9	<i>B. parkeri</i>	1942	<i>O. parkeri</i>	Западная часть США Western USA	грызуны, лошади, человек rodents, horses, human	КВЛ RF
10	<i>B. caucasica</i>	1945	<i>O. verrucosus</i> , <i>O. asperus</i>	Восточная Европа, Украина, Азербайджан, Грузия, Армения, Ирак Eastern Europe, Ukraine, Azerbaijan, Georgia, Armenia, Iraq	грызуны, человек rodents, human	КВЛ RF
11	<i>B. harveyi</i>	1947	неизвестен unknown	Африка (Кения) Africa (Kenya)	обезьяны monkey	неизвестно unknown
12	<i>B. microti</i>	1947	<i>O. erraticus</i>	Иран, Африка, Кыргызстан, Таджикистан Iran, Africa, Kyrgyzstan, Tajikistan	человек human	КВЛ RF
13	<i>B. merionesi</i>	1948	<i>O. costalis</i> , <i>O. merionesi</i>	Северная Африка (Марокко) North Africa (Morocco)	грызуны, обезьяны rodents, monkeys	неизвестно unknown
14	<i>B. dugesii</i>	1949	<i>O. dugesi</i>	Мексика (недостаток сведений в литературе) Mexico (little information in the literature)	вероятно, грызуны rodents (possibly)	неизвестно unknown
15	<i>B. brasiliensis</i>	1952	<i>O. brasiliensis</i>	Бразилия Brazil	человек, грызуны human, rodents	КВЛ RF
16	<i>B. graingeri</i>	1953	<i>O. graingeri</i>	Восточная Африка (Кения) East Africa (Kenya)	человек, грызуны human, rodents	КВЛ RF
17	<i>B. mazzottii</i>	1956	<i>O. talaje</i> (<i>O. dugesi</i> ?)	Юго-запад США, Мексика, Центральная (Гватемала) и Южная (Эквадор, Колумбия, Венесуэла, Аргентина, Бразилия) Америка Southwest USA, Mexico, Central (Guatemala) and South (Ecuador, Colombia, Venezuela, Argentina, Brazil) America	грызуны, броненосцы, птицы, летучие мыши, обезьяны, человек rodents, armadillos, birds, bats, monkeys, human	КВЛ RF
18	<i>B. tillae</i>	1961	<i>O. zumpti</i>	Южная Африка Южная Африка	грызуны rodents	неизвестно unknown
19	<i>B. baltazardii</i>	1979	неизвестен (<i>O. tholozani</i> в лабораторных экспериментах) unknown (<i>O.</i> <i>tholozani</i> in laboratory experiments)	Иран Iran	человек human	КВЛ, тромпо- цитопениче- ская сыпь RF, thrompo- cytopenic rash
20	<i>B. coriaceae</i>	1987	<i>O. coriaceus</i>	Западная часть США Western USA	грызуны, олени (колумбийский чернохвостый олень) rodents, deer (Colombian mule deer)	неизвестно для челове- ка, эпизоотиче- ский аборт крупного рогатого скота unknown for human, epizootic abortion of cattle

№	Вид Species	Год открытия Opening year	Известный переносчик Known vector	Известное географическое рас- пространение клещей-перенос- чиков Known geographic distribution of tick vectors	Резервуар Reservoir	Заболевание у человека и животных Diseases of humans and animals
Возбудитель боррелиозной возвратной лихорадки, переносимый человеческими вшами The causative agent of relapsing fever carried by human lice						
21	<i>B. recurrentis</i>	1874	<i>Pediculus humanus</i>	ранее – Африка, Южная Америка, Европа и Азия, в настоящее время – Африка (Эфиопия, Судан) previously – Africa, South America, Europe and Asia, now - Africa (Ethiopia, Sudan)	человек human	эпидеми- ческий воз- вратный тиф epidemic relapsing fever
Возбудитель птичьего боррелиоза The causative agent of avian borreliosis (recurrent fever)						
22	<i>B. anserina</i>	1891	<i>Argas miniatus,</i> <i>Argas persica,</i> <i>Argas reflexus</i>	во всем мире worldwide	различные виды птиц different types of birds	неизвестно для человека, пти- чий боррелиоз (смертельное заболевание для гусей, уток, индеек и кур) unknown for human, avian borreliosis (a deadly disease for geese, ducks, turkeys and chickens)
Новые виды (кандидатные виды) боррелий, предложенные в группу возвратных лихорадок New species (candidate species) of borrelia, proposed in the group of recurrent fevers						
23	<i>Candidatus B. mvumii</i>	2004	<i>O. porcinus</i>	Танзания Tanzania	человек human	КВЛ RF
24	<i>Candidatus B. texasensis</i>	2005	<i>Dermacentor variabilis</i>	Техас, США Texas, USA	койоты, собаки coyotes, dogs	неизвестно unknown
25	<i>Candidatus B. johnsonii</i>	2009	<i>Carios kelleyi</i>	Северная Америка North America	летучие мыши, человек bats, human	КВЛ, смертельная инфекция у летучих мышей RF, deadly infection in bats
26	<i>Candidatus B. algerica</i>	2015	неизвестен unknown	Северная Африка (Алжир) North Africa (Algeria)	человек human	КВЛ RF
27	<i>Candidatus B. kalaharica</i>	2016	<i>O. savignyi</i>	Нигерия, Южная Африка (Намибия, Ботсвана?) Nigeria, South Africa (Namibia, Botswana?)	человек human	КВЛ RF
28	<i>Candidatus B. fainii</i>	2020	<i>O. faini</i>	Восточный Китай, Замбия Eastern China, Zambia	летучие мыши <i>Myotis</i> , человек <i>Myotis</i> bats, human	КВЛ RF
Известные виды боррелий группы возвратных лихорадок, переносимые твердотельными клещами Known <i>Borrelia</i> species of the RF group carried by hard ticks						
29	<i>B. theileri</i> (филогенетиче- ски близок к <i>B. lonestari</i>)	1903	<i>Rhipicephalus decoloratus,</i> <i>Rhipicephalus evertsi,</i> <i>Rhipicephalus (Boophilus) australis,</i> <i>Rhipicephalus (Boophilus) micropus,</i> <i>Rhipicephalus geigy?</i>	Южная Африка (Мали), Австралия, Северная (Мексика) и Южная (Бразилия) Америка, Европа South Africa (Mali), Australia, North (Mexico) and South (Brazil) America, Europe	жвачные животные (крупный рогатый скот), лошади, козы, овцы ruminants (cattle), horses, goats, sheep	неизвестно для человека, возбудитель боррелиоза крупного рогатого скота unknown for human, the causative agent of borreliosis in cattle

№	Вид Species	Год открытия Opening year	Известный переносчик Known vector	Известное географическое рас- пространение клещей-перенос- чиков Known geographic distribution of tick vectors	Резервуар Reservoir	Заболевание у человека и животных Diseases of humans and animals
30	<i>B. miyamotoi</i>	1995	<i>Ixodes persulcatus</i> , <i>Ixodes scapularis</i> , <i>Ixodes ricinus</i>	Япония, Россия, США, Европа, Азия Japan, Russia, USA, Europe, Asia	грызуны, птицы, человек rodents, birds, humans	КВЛ RF
31	<i>B. lonestari</i>	1996	<i>Amblyomma americanum</i> , <i>Carios capensis</i> . <i>B. lonestari</i> - подобный вид обнару- жен в клещах <i>Haemaphysalis</i> в Японии; <i>Haemaphysalis punctata</i> и <i>Rhipicephalus sanguineus</i> в Португалии <i>B. lonestari</i> - similar species found in <i>Haemaphysalis</i> ticks in Japan; <i>Haemaphysalis punctata</i> and <i>Rhipicephalus sanguineus</i> in Portugal	Юго-восток и юг США (вероятно, данный вид имеет более широкое распространение в мире) Southeast and south of the United States (probably, this species is more widespread in the world)	грызуны, олени, свиньи, некоторые виды птиц rodents, deer, pigs, some types of birds	Лаймо- подобное заболевание, болезнь Ма- стера (южная Лайм- болезнь, юж- ная клеще- вая сыпь) Lyme-like disease, Master's disease (southern Lyme disease, southern tick- borne rash)
Третий филогенетический кластер (клада) рода <i>Borrelia</i> , ассоциированный с рептилиями (REP) Third phylogenetic cluster (clade) of the genus <i>Borrelia</i>						
32	<i>B. turcica</i>	2004	<i>Hyalomma aegyptium</i>	Турция, Румыния Turkey, Romania	рептилии (черепахи) reptiles (turtles)	неизвестно unknown
33	<i>Candidatus B. tachyglossi</i>	2017	<i>Bothriocroton concolor</i> , <i>Ixodes holocyclus</i>	Австралия, Папуа-Новая Гвинея Australia, New Guinea	короткоклювые ехидны short-billed echidnas	неизвестно unknown
34	<i>Candidatus B. mahuryensis</i>	2020	<i>Amblyomma longirostre</i> , <i>Amblyomma geayi</i> , <i>Amblyomma maculatum</i>	Французская Гвиана, Бразилия, Южная, Центральная и Северная Америка (США) French Guiana, Brazil, South, Central and North America (USA)	различные виды птиц, включая се- мейство воробьи- ных; различные неотропические виды млекопита- ющих (дикобразы, ленивцы); крупный рогатый скот various bird species including the passerine family; various neotropical species of mammals (porcupines, sloths); cattle	неизвестно unknown
Отдельная монофилетическая ветвь (африканская) Separate monophyletic branch (African)						
35	<i>Borrelia</i> spp.?	2013	<i>Amblyomma cohaerens</i>	Эфиопия (данных недостаточно) Ethiopia (not enough data)	крупный рогатый скот cattle	неизвестно unknown
36	<i>Candidatus B. africana</i>	2016	<i>Amblyomma variegatum</i>	Западная Африка (Кот-д'Ивуар, Гвинея) West Africa (Cote d'Ivoire, Guinea)	неизвестно unknown	неизвестно unknown
37	<i>Candidatus B. ivorensis</i>	2016	<i>Amblyomma variegatum</i>	Западная Африка (Кот-д'Ивуар, Гвинея) West Africa (Cote d'Ivoire, Guinea)	неизвестно unknown	неизвестно unknown

№	Вид Species	Год открытия Opening year	Известный переносчик Known vector	Известное географическое рас- пространение клещей-перенос- чиков Known geographic distribution of tick vectors	Резервуар Reservoir	Заболевание у человека и животных Diseases of humans and animals
Иные Others						
38	<i>B. davisii</i> (предложен) (suggested)	2005	Точно неизвестен, найден в <i>Ixodes</i> <i>scapularis</i> Unknown for sure, found in <i>Ixodes</i> <i>scapularis</i>	Калифорния, США California, USA	грызуны rodents	неизвестно unknown
39	<i>Candidatus</i> <i>B. javanense</i>	2021	<i>Amblyomma</i> <i>javanense</i>	Южный Китай South China	панголины pangolins	неизвестно unknown

Примечание: *O. (сокр)* - *Ornithodoros*

осведомленность об эпидемиологии клещевых боррелиозных возвратных лихорадок. Эти долгоживущие (до 20 лет и даже более) «убежищные» клещи имеют очень короткий период кормления, а при отсутствии подходящего прокормителя/хозяина способны к длительному голоданию. В отличие от иксодовых твердотельных клещей, исследование аргазид сопряжено со сложностями их сбора, что объясняет отсутствие корректных сведений по их распространению.

На классификацию возбудителей КВЛ долгое время оказывала концепция специфических отношений членистоногих-спирохет, которая строилась по принципу «один вид бактерий – один вектор» [22]. Однако в исследованиях других авторов сообщалось об иных ассоциациях клещей-спирохет, противоречащих парадигме специфичности векторов [23,24]. Кроме того, в последнее время обнаружены виды боррелий группы RF, паразитирующих в твердотельных клещах (роды *Ixodes*, *Rhipicephalus* и *Amblyomma*), а некоторые виды, например, *B. lonestari* и *B. lonestari*-подобные виды, переносятся как иксодовыми, так и аргасовыми клещами [25–27]. Следует отметить, что участие твердотельных клещей в передаче боррелий-возбудителей КВЛ потенциально расширяет ареал их распространения, а высокое генетическое сродство с *B. recurrentis* таких видов как *B. microti* и *B. duttonii* не исключает потенциальную возможность передачи последних не только клещами, но и вшами [28–30].

В большинстве случаев виды боррелий кледы RF получали свои названия от конкретного вида клеща, установленного впервые в качестве переносчика. На сегодня известно, что клещи семейства *Argasidae* рода *Ornithodoros* (*Alectorobius*) переносят большинство видов боррелий группы [31]. Некоторые забытые возбудители возвратных лихорадок были фактически открыты заново (*B. merionesi*, *B. baltazardi*, *B. latyschewii*) [24].

КВЛ регистрируют на всех континентах, исключая Антарктиду; эндемичными признаются западная

часть Соединенных Штатов Америки, южная часть Британской Колумбии, регионы плато Мексики, Центральной и Южной Америки, Средиземноморья, Центральной Азии и большая часть Африки [32,33]. На территории РФ и стран бывшего СССР практически отсутствуют задокументированные и подтвержденные случаи КВЛ, за исключением иксодового боррелиоза, вызываемого *B. myamotoi*. Описаны случаи КВЛ у европейских путешественников, вернувшихся из стран Центральной Азии (Республики Узбекистан, Кыргызской Республики и Республики Таджикистан) и Кавказского региона, которые были вызваны инфицированием *B. persica* [34,35] и *B. microti* [36]. Зарегистрированы случаи возвратных лихорадок на Украине, обусловленных инфицированием *B. caucasica* [37]. В целом следует отметить отсутствие настороженности со стороны врачей-инфекционистов к боррелиозным возвратным лихорадкам.

Наши знания о географическом распространении аргазид – основных известных на сегодня переносчиков (векторов) – на территории бывшего СССР, к сожалению, остались на уровне 60-х годов прошлого столетия. Ареалы обитания аргасовых клещей пролегают от г. Владивостока до границ северной и южной Молдавии, проходя через восточные и забайкальские степи, страны Центральной Азии (Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Республика Узбекистан, Республика Туркменистан, Республика Таджикистан), Северный Кавказ, Закавказье, Южную Украину [38]. Известно, что клещи рода *Ornithodoros* на территории бывшего СССР обнаруживали на участках, входящих в зону от 350 до 480 северной широты и от 290 до 890 восточной долготы [39].

На территории стран бывшего СССР наиболее часто встречаются клещи *O. papillipes* и *O. verrucosus*, являющиеся переносчиками возбудителей КВЛ. Кавказский клещ *O. verrucosus* (*Alectorobius asperus*) распространён на территории республик Грузия, Армения и Азербайджан,

юге Украины, в Ставропольском и Краснодарском краях, в Дагестанской и Чеченской республиках. Поселковый клещ *O. papillipes* (синоним – *O. tholozani*) широко распространен в Средней и Западной (Передней) Азии. Несколько меньшее значение как переносчики имеют клещи *O. coniceps*, *O. capensis*, *O. alactagalis*, *O. cholodkovskiy*, *O. tartakovskiy*, *O. nereensis*. В Кавказском регионе также обитают аргасовые клещи, относящиеся к европейской группе *erraticus* (*O. alactagalis*, *O. pavlovskiy* и *O. lahorensis*) [40].

Большинство возбудителей КВЛ поддерживаются в энзоотических циклах: присутствие их среди людей или домашних животных является случайным, и, как правило, оно обусловлено контактами с мелкими млекопитающими и их клещевыми эктопаразитами, в отличие от их обычных резервуаров – диких животных [41]. Возбудители КВЛ обнаружены в крови собак, кошек [42], беличьих обезьян, оленей-мулов, опоссумов и броненосцев, крупного рогатого скота, овец, коз и лошадей [43–45], домашних свиней [46], диких птиц, включая морских [47–49], грызунов, бурундуков, белок, кроликов, сов [50], летучих мышей [51–53], ехидн [17], черепах [4], питонов и ящериц, пингинов [54]. Для ряда домашних и диких животных КВЛ является потенциально смертельной инфекцией. Высокая встречаемость боррелий кледы RF у животных, отмеченная в последние годы во многих исследованиях, является показателем широкого распространения этих возбудителей, который для ряда регионов носят почти убиквитарный характер.

Следует также отметить, что ареал распространения аргасовых клещей мог претерпеть значительные изменения. Согласно данным Росгидромета, на территории России в последние десятилетия потепление климата происходило быстрее и масштабнее (в 2,5 раза интенсивнее), чем в среднем по земному шару [55], а это, в свою очередь, могло привести к расширению ареалов распространения не только иксодовых клещей [56], но и аргасовых. Косвенным подтверждением этому могут служить данные Россельхознадзора, свидетельствующие о значительном росте числа регистрации случаев африканской чумы свиней (АЧС) в последние годы, причем не только среди домашних свиней, но и диких кабанов. Вирус переносится клещами рода *Ornithodoros* [40], чем обусловлен наш интерес к этой, казалось бы, исключительно ветеринарной проблеме. Отмечается быстро прогрессирующее расширение ареала заболевания АЧС с 2012–2013 гг. на север РФ. Изменение климата могло отразиться на увеличении численности или активности клещей рода *Ornithodoros*, восприимчивых

животных и/или на перераспределении их миграционных потоков. В настоящее время неблагополучными по АЧС на европейской территории РФ считаются не только Северо-Кавказский и Южный федеральные округа, но и большинство областей Приволжского, Центрального, Северо-Западного федеральных округов [57].

Заключение

КВЛ по-прежнему остаются заболеваниями, в исследовании которых имеются существенные пробелы. Генетическое и географическое разнообразие боррелий требует глубокого изучения экологии и эпидемиологии заболеваний, вызываемых ими. Представления о большинстве возбудителей и их экологических нишах в отсутствие серьезных исследований остались на уровне прошлого столетия. Сохранению эпидемического потенциала клещевых возвратных лихорадок могут способствовать климатические изменения, а также мало изученные адаптационные механизмы боррелий к кругу вероятных переносчиков. Следует особенно обратить внимание на адаптационные механизмы боррелий кледы RF и смежных с ней групп к твердотельным иксодовым клещам. Необходимо также учитывать, что на одном прокормителе, особенно на грызунах, могут паразитировать как иксодовые, так и аргасовые клещи, что не исключает естественную контаминацию клещей-переносчиков разными патогенными для человека видами боррелий. Не исключено, что в странах с умеренным климатом клиническая картина у больного с характерными для КВЛ симптомами, и, прежде всего, с наличием рецидивирующей лихорадки, может быть обусловлена не только инфицированием *B. miyamotoi*.

Для подтверждения случаев КВЛ с расшифровкой этиологии заболевания требуются серьезные исследовательские работы с привлечением заинтересованных специалистов профильных научных институтов с необходимым для этого набором диагностических методов в арсенале. Окончательный вывод об этиологическом источнике заболевания можно сделать только при использовании высокодискриминирующих методов диагностики на основе секвенирования и филогенетического анализа, что затруднительно в повседневной практике.

Несомненно, таксономия возбудителей боррелиозных возвратных лихорадок и близких геновидов будет претерпевать закономерные изменения по мере увеличения числа исследований изолятов с применением современных методов диагностики. Изучение патогенности боррелий группы RF и филогенетически близких видов имеет важное значение для практического здравоохранения.

Литература/References

1. LPSN bacterio.net. Available at: <https://lpsn.dsmz.de/search?word=Borrelia>. Accessed: 25 Sep. 2021.
2. Adeolu M, Gupta RS. A phylogenomic and molecular marker based proposal for the division of the genus *Borrelia* into two genera: the emended genus *Borrelia* containing only the members of the relapsing fever *Borrelia*, and the genus *Borreliella* gen. nov. containing the members of the Lyme disease *Borrelia* (*Borrelia burgdorferi* sensu lato complex). *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2014 Jun;105(6):1049–72. doi: 10.1007/s10482-014-0164-x

3. Margos G, Marosevic D, Cutler S, et al. There is inadequate evidence to support the division of the genus *Borrelia*. *Int J Syst Evol Microbiol*. 2017 Apr;67(4):1081–1084. doi: 10.1099/ijsem.0.001717.4
4. E.S. Güner, M. Watanabe, N. Hashimoto, et al. *Borrelia turcica* sp. nov., isolated from the hard tick *Hyalomma aegyptium* in Turkey. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2004; 54 (5):1649–52.
5. Loh, SM, Gofton, A.W., Lo, N., et al. Novel *Borrelia* species detected in echidna ticks, *Bothriocroton concolor*, in Australia. *Parasites Vectors*. 2016; 9, 339. doi: 10.1186/s13071-016-1627-x
6. Loh SM, Gillett A, Ryan U, et al. Molecular characterization of *Candidatus Borrelia taylori* (family Spirochaetaceae) in echidna ticks, *Bothriocroton concolor*. *Int J Syst Evol Microbiol*. 2017 Apr; 67(4):1075–1080. doi: 10.1099/ijsem.0.001929
7. Panetta J.L., Sima R., Calvani N.E.D., et al. Reptile-associated *Borrelia* species in the goanna tick (*Bothriocroton undatum*) from Sydney, Australia. *Parasites Vectors*. 2017;10, 616. doi: 10.1186/s13071-017-2579-5
8. Takano A, Goka K, Une Y, et al. Isolation and characterization of a novel *Borrelia* group of tick-borne borreliae from imported reptiles and their associated ticks. *Environmental Microbiology*. 2010 Jan; 12(1):134–46. doi:10.1111/j.1462-2920.2009.02054.x
9. Gofton AW, Margos G, Fingerle V, et al. Genome-wide analysis of *Borrelia turcica* and *Candidatus Borrelia taylori* shows relapsing fever-like genomes with unique genomic links to Lyme disease *Borrelia*. *Infect Genet Evol*. 2018 Dec; 66:72–81. doi: 10.1016/j.meegid.2018.09.013.
10. Binetruy F, Garnier S, Boulanger N, et al. A novel *Borrelia* species, intermediate between Lyme disease and relapsing fever groups, in neotropical passerine-associated ticks. *Sci Rep*. 2020; 10, 10596. doi: 10.1038/s41598-020-66828-7
11. Lee JK, Smith WC, McIntosh C, et al. Detection of a *Borrelia* species in questing Gulf Coast ticks, *Amblyomma maculatum*. *Ticks Tick Borne Dis*. 2014;5(4):449–452. doi:10.1016/j.ttbdis.2014.02.004
12. Trinachartvanit W, Hirunkanokpun S, Sudsangiem R, et al. *Borrelia* sp. phylogenetically different from Lyme disease- and relapsing fever-related *Borrelia* spp. in *Amblyomma varanense* from Python reticulatus. *Parasites Vectors*. 9, 359 (2016). doi: 10.1186/s13071-016-1629-8
13. Takano A, Fujita H, Kadosaka T, et al. Characterization of reptile-associated *Borrelia* sp. in the vector tick, *Amblyomma geoemydae*, and its association with Lyme disease and relapsing fever *Borrelia* spp. *Environ Microbiol Rep*. 2011 Oct;3(5):632–7. doi: 10.1111/j.1758-2229.2011.00280.x
14. Mediannikov O, Abdissa A, Socolovschi C, et al. Detection of a new *Borrelia* species in ticks taken from cattle in Southwest Ethiopia. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2013 Apr;13(4):266–9. doi: 10.1089/vbz.2011.0874.
15. Kaenkan W, Nooma W, Chelung IA, et al. Reptile-associated *Borrelia* spp. In *Amblyomma* ticks, Thailand. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 2020 Jan;11(1):101315. doi: 10.1016/j.ttbdis.2019.101315
16. Buniks J, Barbour AG. Third *Borrelia* species in white-footed mice. *Emerg Infect Dis*. 2005;11(7):1150–1151. doi:10.3201/eid1107.041355
17. Bao-Gui Jiang, Ai-Qiong Wu, Jia-Fu Jiang, et al. Molecular Detection of Novel *Borrelia* Species, *Candidatus Borrelia javanense*, in *Amblyomma javanense* Ticks from Pangolins // *Pathogens*. 2021 Jun; 10(6): 728. doi: 10.3390/pathogens10060728
18. Loh SM, Gofton A.W., Lo N., et al. Novel *Borrelia* species detected in echidna ticks, *Bothriocroton concolor*, in Australia. *Parasites Vectors*. 2016; 9, 339. doi: 10.1186/s13071-016-1627-x
19. Ehoumoud CB, Yao KP, Dahmani M, et al. Multiple Pathogens Including Potential New Species in Tick Vectors in Côte d'Ivoire. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(1): e0004367. doi: 10.1371/journal.pntd.0004367
20. Platonov AE, Karan LS, Kolyasnikova NM, et al. Humans infected with relapsing fever spirochete *Borrelia miyamotoi*, Russia. *Emerg Infect Dis*. 2011;17(10):1816–23. doi:10.3201/eid1710.101474
21. Estrada-Peña A, Álvarez-Jarreta J, Cabezas-Cruz A. Reservoir and vector evolutionary pressures shaped the adaptation of *Borrelia*. *Infect Genet Evol*. 2018; 66:308–318. doi: 10.1016/j.meegid.2018.03.023
22. Wang G, Liveris D, Mukherjee P, et al. Molecular Typing of *Borrelia burgdorferi*. *Curr Protoc Microbiol*. 2014;34:12C.5.1–12C.5.31. doi:10.1002/9780471729259.mc12c05s34
23. Bouattour A, Garnier M, M'Ghirbi Y, et al. *Borrelia crocidurae* infection of *Ornithodoros erraticus* (Lucas, 1849) ticks in Tunisia. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2010 Nov;10(9):825–30. doi: 10.1089/vbz.2009.0151.
24. Trape J-F, Diatta G, Amathau C, et al. The Epidemiology and Geographic Distribution of Relapsing Fever Borreliosis in West and North Africa, with a Review of the *Ornithodoros erraticus* Complex (Acari: Ixodida). *PLoS ONE*. 2013;8(11): e78473. doi:10.1371/journal.pone.0078473
25. Reeves WK, Loftis AD, Sanders F, et al. *Borrelia, Coxiella, and Rickettsia in Carios capensis* (Acari: Argasidae) from a brown pelican (*Pelecanus occidentalis*) rookery in South Carolina, USA. *Exp Appl Acarol*. 2006;39(3–4):321–9. doi: 10.1007/s10493-006-9012-7.
26. Lee K, Takano A, Taylor K, et al. A relapsing fever group *Borrelia* sp. similar to *Borrelia lonestari* found among wild sika deer (*Cervus nippon yessoensis*) and *Haemaphysalis* spp. ticks in Hokkaido, Japan. *Ticks Tick Borne Dis*. 2014 Oct; 5(6):841–7. doi: 10.1016/j.ttbdis.2014.06.006.
27. Nunes M, Parreira R, Maia C, et al. Molecular identification of *Borrelia* genus in questing hard ticks from Portugal: Phylogenetic characterization of two novel Relapsing Fever-like *Borrelia* sp. *Infect Genet Evol*. 2016 Jun;40:266–74. doi: 10.1016/j.meegid.2016.03.008.
28. Naddaf S.R., Ghazinezhad B., Bahramali G., et al. Phylogenetic Analysis of the Spirochete *Borrelia microti*, a Potential Agent of Relapsing Fever in Iran. *J Clin Microbiol*. 2012 Sep; 50(9): 2873–76. doi: 10.1128/JCM.00801-12
29. Lescot M, Audic S, Robert C, et al. The genome of *Borrelia recurrentis*, the agent of deadly louse-borne relapsing fever, is a degraded subset of tick-borne *Borrelia duttonii*. *PLoS Genet*. 2008 Sep 12;4(9):e1000185. doi: 10.1371/journal.pgen.1000185.
30. Scott JC, Wright DJM, Cutler SJ. Typing African relapsing fever spirochetes. *Emerg Infect Dis*. 2005;11(11):1722–29. doi:10.3201/eid1111.050483
31. Goubau PF. Relapsing fevers. A review. *Ann Soc Belg Med Trop*. 1984; 64: 335–64.
32. Jean-François Trape, Georges Diatta, Céline Amathau, et al. The Epidemiology and Geographic Distribution of Relapsing Fever Borreliosis in West and North Africa, with a Review of the *Ornithodoros erraticus* Complex (Acari: Ixodida). *PLoS ONE*. 2013;8(11):e78473. doi:10.1371/journal.pone.0078473
33. Colin de Verdière N, Hamane S, Assouf MV, et al. Tickborne relapsing fever caused by *Borrelia persica*, Uzbekistan and Tajikistan. *Emerg Infect Dis*. 2011; 17(7):1325–27. doi:10.3201/eid1707.101894
34. Muigg V, Seth-Smith H, Goldenberger D, et al. Tick-Borne Relapsing Fever Caused by *Borrelia persica* in Traveler to Central Asia, 2019. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(4):824–6. doi:10.3201/eid2604.191771
35. Mancini F, Innocenti P, Baumgartner E, et al. *Borrelia microti* infection in an Italian woman returning from Kyrgyzstan and Tajikistan. *Travel Med Infect Dis*. 2020 May-Jun;35:101448. doi: 10.1016/j.tmaid.2019.07.004
36. Filatov S, Krishnavajhala A, Armstrong BA, et al. Isolation and Molecular Characterization of Tick-Borne Relapsing Fever *Borrelia* Infecting *Ornithodoros* (*Pavlovskyella*) *verrucosus* Ticks Collected in Ukraine. *J Infect Dis*. 2020 Feb 18; 221(5):804–11. doi: 10.1093/infdis/jiz500.
37. Talagrand-Reboul E, Boyer PH, Bergström S, et al. Relapsing Fevers: Neglected Tick-Borne Diseases. *Front Cell Infect Microbiol*. 2018 Apr 4;8:98. doi: 10.3389/fcimb.2018.00098.
38. Filippova N.A. Fauna of the USSR, arachnids. T.4. Issue 3. Argasidae. Moscow: Nauka; 1966. (In Russ).
39. Makarov V.V., Shkurev O.I., Litvinov O.B. Sistema «Kleshchi roda *Ornithodoros* – virus afrikanskoy chumy sviney»: bioekologiya, virusologiya, epizootologiya. *Veterinarnaya patologiya*. 2011; 3:18–29. (In Russ).
40. Kerbabayev E.B. Krovosushchiye kleshchi semeystva Argasidae sanestrini 1890 na territorii byvshego SSSR. *Rossiyskiy parazitologicheskij zhurnal*.2012;2:16–29. (In Russ).
41. McCall PJ, Hume JC, Motshogwa K, et al. Does tick-borne relapsing fever have an animal reservoir in East Africa? *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2007 Winter;7(4):659–66. doi: 10.1089/vbz.2007.0151.
42. Baneth G, Nachum-Biala Y, Halperin T, et al. *Borrelia persica* infection in dogs and cats: clinical manifestations, clinicopathological findings and genetic characterization. *Parasites Vectors*. 2016; 9, 244. doi: 10.1186/s13071-016-1530-5
43. Lopez JE, Krishnavajhala A, Garcia MN, et al. Tick-Borne Relapsing Fever Spirochetes in the Americas [published correction appears in *Vet Sci*. 2019 Dec 04;6(4)]. *Vet Sci*. 2016;3(3):16. doi:10.3390/vetsci3030016
44. McCoy BN, Maiga O, Schwan TG. Detection of *Borrelia theileri* in *Rhipicephalus geigy* from Mali. *Ticks Tick Borne Dis*. 2014 Jun;5(4):401–3. doi: 10.1016/j.ttbdis.2014.01.007.
45. Walker RL, Read DH, Hayes DC, et al. Equine abortion associated with the *Borrelia parkeri*-*B. turicatae* tick-borne relapsing fever spirochete group. *J Clin Microbiol*. 2002 Apr;40(4):1558–62. doi: 10.1128/JCM.40.4.1558-1562.2002.
46. Takano A, Muto M, Sakata A, et al. Relapsing fever spirochete in seabird tick, Japan. *Emerg Infect Dis*. 2009;15(9):1528–30. doi:10.3201/eid1509.090459
47. Scott MC, Rosen ME, Hamer SA, et al. High-prevalence *Borrelia miyamotoi* infection among [corrected] wild turkeys (*Meleagris gallopavo*) in Tennessee. *J Med. Entomol*. 2010 Nov;47(6):1238–42. doi: 10.1603/me10075.
48. Hamer, S.A., Hickling, G.J., Keith, R., et al. Associations of passerine birds, rabbits, and ticks with *Borrelia miyamotoi* and *Borrelia andersonii* in Michigan, U.S.A. *Parasites Vectors*. 2012; 5,231. doi: 10.1186/1756-3305-5-231
49. Fischer RJ, Johnson TL, Raffel SJ, et al. Identical strains of *Borrelia hermsii* in mammal and bird. *Emerg Infect Dis*.2009;15(12):2064–6. doi:10.3201/eid1512.090792
50. Schwan TG, Raffel SJ, Schrumpp ME, et al. Characterization of a novel relapsing fever spirochete in the midgut, coxal fluid, and salivary glands of the bat tick *Carios kelleyi*. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2009; 9(6):643–7. doi:10.1089/vbz.2008.0177
51. Evans NJ, Bown KJ, Timofte D, et al. Fatal Borreliosis in Bat Caused by Relapsing Fever Spirochete, United Kingdom. *Emerg Infect Dis*. 2009; 15(8):1331–1333. doi:10.3201/eid1508.090475.
52. Socolovschi C, Kernif T, Raoult D, et al. *Borrelia, Rickettsia, and Ehrlichia* species in bat ticks, France, 2010. *Emerg Infect Dis*. 2012; 18(12):1966–75. doi:10.3201/eid1812.111237
53. Yabsley MJ, Parsons NJ, Horne EC, et al. Novel relapsing fever *Borrelia* detected in African penguins (*Spheniscus demersus*) admitted to two rehabilitation centers in South Africa. *Parasitol Res*. 2012 Mar;110(3):1125–30. doi: 10.1007/s00436-011-2602-2.
54. Rosgidromet, 2017: Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiyskoy Federatsii. Available at: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf>. Accessed: 25 Sep 2021. (In Russ).
55. Medlock JM, Hansford KM, Bormane A, et al. Driving forces for changes in geographical distribution of Ixodes ricinus ticks in Europe. *Parasit Vectors*. 2013 Jan 2;6:1. doi: 10.1186/1756-3305-6-1.
56. Informatsiya ob epizooticheskoy situatsii po afrikanskoy chume sviney v Rossii. Informatsiya ob epizooticheskoy situatsii po afrikanskoy chume sviney v Rossii. Available at: <https://svsps.gov.ru/svps/asf/chronology/>. Accessed: 25 Sep 2021. (In Russ).

Об авторах

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

Поступила: 27.09.2021. Принята к печати: 05.12.2021.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

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

Received: 27.09.2021. Accepted: 05.12.2021.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.