



УДК 576.895.42:595.421:578.4  
<https://doi.org/10.26516/2073-3372.2023.46.29>

## Байкальский тракт как место высокого риска заражения трансмиссивными «клещевыми» инфекциями

О. В. Мельникова<sup>1</sup>, Р. В. Адельшин<sup>1,2</sup>, Е. А. Вершинин<sup>1</sup>, К. В. Лопатовская<sup>1</sup>,  
Ю. Н. Трушина<sup>3</sup>, Е. И. Андаев<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора,  
г. Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

<sup>3</sup>Боханская районная больница, пос. Бохан, Иркутская обл., Россия

E-mail: [melnikovaovit@gmail.com](mailto:melnikovaovit@gmail.com)

**Аннотация.** Представлены итоги многолетнего мониторинга численности таёжного клеща *I. persulcatus* в лесных массивах, прилегающих к Байкальскому тракту (автомобильная дорога 25К-011 Иркутск – Листвянка), в Иркутской области и его инфицированности вирусом клещевого энцефалита и бактериями родов *Anaplasma*, *Borrelia*, *Ehrlichia* и *Rickettsia*. Оценена встречаемость маркеров перечисленных патогенов в разных совместных сочетаниях. Выявлены тенденции распространения патогенов во времени и на разных участках обследованной территории и риски заражения людей. Проанализирована локализация заражений людей клещевым энцефалитом, иксодовыми клещевыми боррелиозами и клещевым риккетсиозом на разных участках тракта.

**Ключевые слова:** иксодовые клещи, вирус клещевого энцефалита, боррелии, анаплазмы, эрлихии, риккетсии, Байкальский тракт.

**Благодарности.** Авторы выражают признательность Р. А. Бондарюк, М. А. Борзенко, Т. И. Борисовой, Д. Б. Вержуцкому, Ю. А. Вержуцкой, П. Е. Вершинину, М. О. Гориной, В. В. Кузьменкову, И. М. Морозову, А. Я. Никитину, Н. Н. Пивень, А. В. Севостьяновой, Е. А. Сидоровой, Р. Р. Юсупову и Н. В. Яковичу, в разные годы принимавшим участие в сборе и учётах численности клещей.

**Для цитирования:** Байкальский тракт как место высокого риска заражения трансмиссивными «клещевыми» инфекциями / О. В. Мельникова, Р. В. Адельшин, Е. А. Вершинин, К. В. Лопатовская, Ю. Н., Трушина, Е. И. Андаев // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2023. Т. 46. С. 29–43. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2023.46.29>

Research article

## Baikalian Highway as a High-Risk Area for Transmissible Tick-Borne Infections

O. V. Mel'nikova<sup>1</sup>, R. V. Adel'shin<sup>1,2</sup>, E. A. Vershinin<sup>1</sup>, K. V. Lopatovskaya<sup>1</sup>,  
Yu. N. Trushina<sup>3</sup>, E. I. Andaev<sup>1\*</sup>

© Мельникова О. В., Адельшин Р. В., Вершинин Е. А., Лопатовская К. В., Трушина Ю. Н., Андаев Е. И., 2023

\*Полные сведения об авторах см. на последней странице статьи.  
For complete information about the authors, see the last page of the article.

<sup>1</sup>*Irkutsk Anti-plague Research Institute of Siberia and Far East of Rosпотребнадзор, Irkutsk, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation*

<sup>3</sup>*Bokhan District Hospital, Bokhan, Russian Federation*

**Abstract.** The results of long-term monitoring of the taiga tick *I. persulcatus* abundance and its infection rate with tick-borne encephalitis virus and bacteria of genus *Anaplasma*, *Borrelia*, *Ehrlichia* and *Rickettsia* in forests along the Baikalian highway (road No 25K-011 Irkutsk region, Russia). The ticks' abundance varied in space and time from complete lack on the registration route up to 339 ticks per flag-hour. The dynamics during study period (2005-2022) had three waves of ups and downs. The maximum of long-term average seasonal activity occurred at second and third decade of May. The average numbers of ticks increased as distance from the city grew. The analysis with the help of multiplex test system for four infections (tick-borne encephalitis virus, *Anaplasma*, *Borrelia*, *Ehrlichia*) showed marker at least of one pathogen in 57 % of specimens, different mixes of two and more co-infections – in 16.3 %. From 10 variants of co-infections found in this sample, the most prevalent were combinations of *Borrelia*, *Ehrlichia* and *Anaplasma* (74.7 % of double and 7.5 % triple «mixes»). Least often, the ticks were co-infected with tick-borne encephalitis virus in combination with *Ehrlichia* and *Anaplasma* (0.5 % each). In average the ticks most often contained the genetic material of *Rickettsia* ( $68.1 \pm 2.94$  % of tested samples) and *Borrelia*, ( $48.3 \pm 1.30$  %), then, in descending order, – *Anaplasma*, ( $13.5 \pm 0.88$  %), *Ehrlichia* ( $9.5 \pm 0.76$  %) and tick-borne encephalitis virus ( $3.0 \pm 0.47$  %). Despite the low proportion of ticks with the virus in natural foci, 68.5 % of the persons, bit by infected ticks on the territories along Baikalian highway, became ill with tick-borne encephalitis. Conversely, with a wide prevalence of *Rickettsia* and *Borrelia* in ticks, the tick-borne rickettsiosis was diagnosed in 3.1 % of the victims and borrelioses – in 28.4 %. No significant differences have been revealed between the infection rate of adult ticks and nymphs, and between males and females, except for *Borrelia*, which more often have been found in females than in males (51.9 % versus 45.7 %). The tendencies of the pathogens prevalence in time and different plots of territory studied and risks for human infection have been revealed. It was shown than more than a half of human tick-borne encephalitis, tick-borne borrelioses and tick-borne rickettsiosis contracting occurs in the closest suburbs of Irkutsk – up to the 30th km of the highway, where the ticks' abundance is lower, than in more distant areas, in other words are more to do with human behavioral factor than with the vector's activity.

**Keywords:** Ixodid ticks, tick-borne encephalitis virus, *Borrelia*, *Anaplasma*, *Ehrlichia*, *Rickettsia*, Baikalian highway.

---

**For citation:** Mel'nikova O. V., Adel'shin R. V., Vershinin E. A., Lopatovskaya K. V., Trushina Yu. N., Andaev E. I. Baikalian Highway as a High-Risk Area for Transmissible Tick-Borne Infections. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2023, vol. 46, pp. 29-43. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2023.46.29> (in Russian)

---

## Введение

Байкальский тракт – автомобильная дорога 25К-011 в Иркутской области (Восточная Сибирь, Россия) протяжённостью 68 км, связывающая г. Иркутск и пос. Листвянка на юго-западном побережье оз. Байкал у истока р. Ангары (от 52,2536 N 104,3844 E до 51,8416 N 104,8822 E, высота 450–500 м над у. м.). Дорога проходит вдоль правого берега р. Ангары по таёжным светлохвойным (сосна, лиственница) и смешанным (сосново-берёзовые леса с примесью осины) биотопам. Вдоль неё расположено несколько населённых пунктов постоянного проживания, а также множество рекреационных зон и дачных посёлков, населённых в основном в тёплый период года. Кроме того, в тёплое время года по трассе движется значительный поток российских и зарубежных туристов. На это направление приходится треть регистрируемых в Иркутске заражений клещевым энцефалитом (КЭ) и чет-

верть – иксодовыми клещевыми боррелиозами (ИКБ) [Применение ГИС-технологий ... , 2014]. В иксодофауне района абсолютно преобладает таёжный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930, единично встречаются клещи *Dermacentor silvarum* Olenov, 1932, *Haemaphysalis concinna* Koch 1844 и *H. japonica douglasi* Nut. et Warb., 1915. Основную эпидемиологическую опасность представляет *I. persulcatus* [The diversity and prevalence ... , 2016; Prevalence of tick-borne ... , 2017].

Несмотря на то что со второй половины XX в. многие иркутские специалисты исследовали материал из природных очагов «клещевых» инфекций, прилегающих к Байкальскому тракту, опубликованы лишь отрывочные сведения, касающиеся численности клещей и их заражённости трансмиссивными патогенами на этой территории [Рекреационная, ландшафтно-эпидемиологическая ... , 1991; Ботвинкин, Мельникова, Данчинова, 1996; Андаев, 2009; Вержуцкий, Вержуцкая, 2015; Prevalence of *Borrelia* ... , 2016; The diversity and prevalence ... , 2016]. Ранее мы подробно описали результаты многолетнего мониторинга состояния природных очагов клещевого энцефалита вдоль Байкальского тракта [Multi-year monitoring ... , 2021], а также виды мелких млекопитающих – основных хозяев и прокормителей преимагинальных фаз иксодовых клещей [Роль мелких млекопитающих ... , 2015].

Цель настоящей работы – выявить маркеры трансмиссивных «клещевых» патогенов в переносчиках, собранных в таёжных массивах, прилегающих к Байкальскому тракту, и их генетическое разнообразие; оценить степень заражённости членистоногих в динамике и на разных участках обследуемой территории, а также риск заражения людей.

### **Материалы и методы**

Учёты численности и сбор иксодовых клещей проводились на флаг в весенне-летний период (с конца апреля до конца июня, иногда – начала июля) 2005–2022 гг. на нескольких участках, прилегающих к Байкальскому тракту (табл. 1). Участки различались по степени антропогенного воздействия, обилию клещей и микроклиматическим условиям. Оценку уровня численности производили в экземплярах на флаго-час. Среднегодовые показатели численности таёжного клеща на участках рассчитывали по всем проведённым учётам за период исследований. Всего с 2005 по 2022 г. проведено 1665 учётов, собрано 23 343 экз. иксодовых клещей четырёх видов: 23 331 имаго и нимф *I. persulcatus*, восемь *D. silvarum*, два *H. concinna* и два экз. *H. japonica douglasi*. Видовое определение выполнено по морфологическим признакам с использованием определителей [Филиппова, 1977, 1997].

Клещей исследовали индивидуально, приготавливая из них суспензию на физиологическом растворе (по 0,5 мл на экземпляр). Антиген вируса клещевого энцефалита (АГ ВКЭ) выявляли иммуноферментным методом с помощью набора реагентов ИФА ТС АГ ВКЭ («Микроген», Томск) в соответствии с инструкцией производителя. Учёт результатов проводили визуально и с помощью иммуноферментного анализатора – планшетного фотометра IMARK (BioRAD Laboratories, США) при длине волны 450 нм. Пробу счита-

ли положительной, если отношение величины её экстинкции к величине экстинкции нормального контроля было больше или равно 2,1.

Начиная с 2013 г. произвольные выборки клещевых суспензий исследовали на наличие маркеров ВКЭ, *A. phagocytophilum*, *B. burgdorferi* s.l., *E. chaffeensis*/*E. muris*-FL и *Rickettsia* spp. в ПЦР. РНК и ДНК из клещевых и мозговых суспензий выделяли, используя комплект реагентов «АмплиСенс РИБО-преп»; обратную транскрипцию проводили, используя комплект «АмплиСенс РЕВЕРТА-L»; генетический материал ВКЭ выявляли в ПЦР с помощью набора реагентов «АмплиСенс ТБЕВ», *B. burgdorferi* s.l., *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis*/*E. muris*-FL» (все – ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия) в реальном времени. Результаты учитывали на термочиклере С1000 с оптическим модулем CFX96 (Bio-Rad Laboratories, США).

ДНК риккетсий выявляли с помощью набора реактивов ПЦР-РВ («Синтол», Россия) и праймерами (табл. 2) с последующей электрофоретической детекцией в 2%-ном агарозном геле.

Таблица 1

Характеристика сборов иксодовых клещей на участках вдоль Байкальского тракта (весенне-летний период 2005–2022 гг.)

Участок	Координаты участка	Число учётов	Число клещей в сборах, экз.				Среднегодовая численность <i>I. persulcatus</i> (экз/флаго-час)
			<i>Ixodes persulcatus</i>	<i>Dermacentor silvarum</i>	<i>Haemaphysalis concinna</i>	<i>H. japonica douglasi</i>	
10-й км, экоцентр «Байкал»	52,2367 N 04,3989 E	11	3	0	0	0	0,75
23-й км, санаторий «Еловая Падь»	52,1667 N 104,5008 E	492	3519	4	1	0	27,4
25–26-й км, просеки ЛЭП	52,1694 N 104,5181 E	119	492	0	0	0	59,8
30-й км, просека ЛЭП	52,0603 N 104,6122 E	44	760	0	0	0	51,5
43-й км, санаторий «Электра»	52,0097 N 104,6603 E	385	7053	2	0	0	50,2
47-й км, музей деревянного зодчества «Тальцы»	52,0014 N 104,6722 E	525	9347	1	0	0	58,3
51–53-й км, пос. Бол. Речка	51,9688 N 104,7145 E	32	636	1	0	0	59,3
59-й км, СНТ «Труженик»	51,9267 N 104,7978 E	5	88	0	1	0	62,9
61-й км, турбаза «Байкальские сезоны»	51,9069 N 104,8108 E	4	68	0	0	0	14,1
63-й км, пос. Никола	51,8956 N 104,8336 E	22	554	0	0	2	63,1
68-й км, пос. Листвянка	51,8686 N 104,8478 E	26	811	0	0	0	60,7

Таблица 2

Праймеры, использованные для детекции ДНК риккетсий

Ген	Размер ампликона (п. н.)	Последовательность праймеров (5'-3') и их положение	Источник
gltA	355	CS535d GCAATGTCTTATAAAATATTC (535-554) CS890r GCTTTAGCTACATATTTAGG (890-871)	[Roux, Fournier, Raoult, 1996]
ompA	661	Rr190.70p ATGGCGAATATTTCTCCAAAA (70-90) 190-701r GTCCGTTAATGGCAGCATCT (701-681)	[Roux, Raoult, 2000]
ompB	368	RtsfF GGGTGTAGGTCAGAACGTTACAACATTT (3675-3702) RtsfR CCAGCTAAACCGCCTTTCTTACTTT (4043-4019)	[Roux, Raoult, 2000]

Данные по заболеваемости получены путём анализа карт эпидемиологического расследования случаев заболеваний КЭ ( $n = 1659$ ), ИКБ ( $n = 1014$ ) с 1995 по 2022 г. и КР ( $n = 301$ ) с 2001 по 2022 г., предоставленных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области».

Статистическую обработку результатов проводили такими общепринятыми методами вариационной статистики, как критерий Стьюдента ( $t$ -критерий), регрессионный и корреляционный анализы, вычисление среднего стандартного отклонения; за статистически достоверный принимали уровень значимости  $p < 0,05$ . Расчёты проводили с помощью табличного процессора Excel из пакета MS Office 2007.

Координаты мест сбора материала определяли с помощью спутникового навигатора GPSMAP 76CSx (Garmin, США) в системе глобального позиционирования.

### Результаты и обсуждение

Численность таёжного клеща *I. persulcatus* на обследуемой территории колебалась от нуля до 339 экз./флаго-час. Показатели различались по локациям (см. табл. 1), а также варьировали по годам и в течение сезона активности клеща. Минимальная среднемноголетняя численность наблюдалась на ближайшем к областному центру участке (10 км тракта), максимальная – в непосредственной близости к пос. Никола (63-й км тракта). Динамика численности по годам показана на рис. 1, А: хорошо видны три цикла подъёма и спада численности с максимумом в 2017 г. (86,9 экз./флаго-час) и минимумом – в 2012 г. (33,3 экз./флаго-час). Сезон активности таёжного клеща в условиях юга Восточной Сибири начинается в конце апреля и заканчивается в конце июня – начале июля, массовая активность регистрируется со второй декады мая по вторую декаду июня. Среднемноголетняя динамика сезонной активности *I. persulcatus* вдоль Байкальского тракта показана на рис. 1, Б.

Как минимум с середины 1970-х гг. от четверти до 40 % случаев заболеваний клещевым энцефалитом (КЭ) жителей Иркутска и пригородов связывается с пребыванием на дачных участках и в зонах отдыха, расположенных вдоль Байкальского тракта [Современные особенности ... , 1992; Изменения в структуре ... , 2004; Аитов, 2018]. Анализ наших данных показал, что в местностях, прилегающих к Байкальскому тракту, происходит почти треть

заражений жителей Иркутска КЭ, 21 % – иксодовыми клещевыми боррелиозами (ИКБ) и 8 % – клещевым риккетсиозом (КР). Заболевания гранулоцитарным анаплазмозом человека (ГАЧ) и моноцитарным эрлихиозом человека (МЭЧ) фиксируются единично. С 1995 по 2022 г. после присасывания инфицированного переносчика в лесах и рекреационных зонах, расположенных вдоль Байкальского тракта, КЭ заболели 68,5 %, ИКБ – 28,4 %, КР – 3,1 %. При этом более половины всех заражений приходится на ближайшие пригороды – первые 30 км тракта, где расположена основная часть дачных участков и рекреационных зон (табл. 3). Эти данные убедительно демонстрируют большую связь заболеваемости с человеческой активностью, чем с обилием клещей на данной территории, поскольку численность клещей на ближних к городу участках в среднем невелика. Отсутствие корреляции между количеством случаев заболеваний КЭ и численностью клещей подтверждено статистически:  $r_s = -0,1373$ . Следует отметить, что пик присасывания клещей, заражённых вирусом КЭ и патогенными боррелиями, приходится на вторую декаду июня – время, когда активность таёжного клеща начинает резко снижаться.

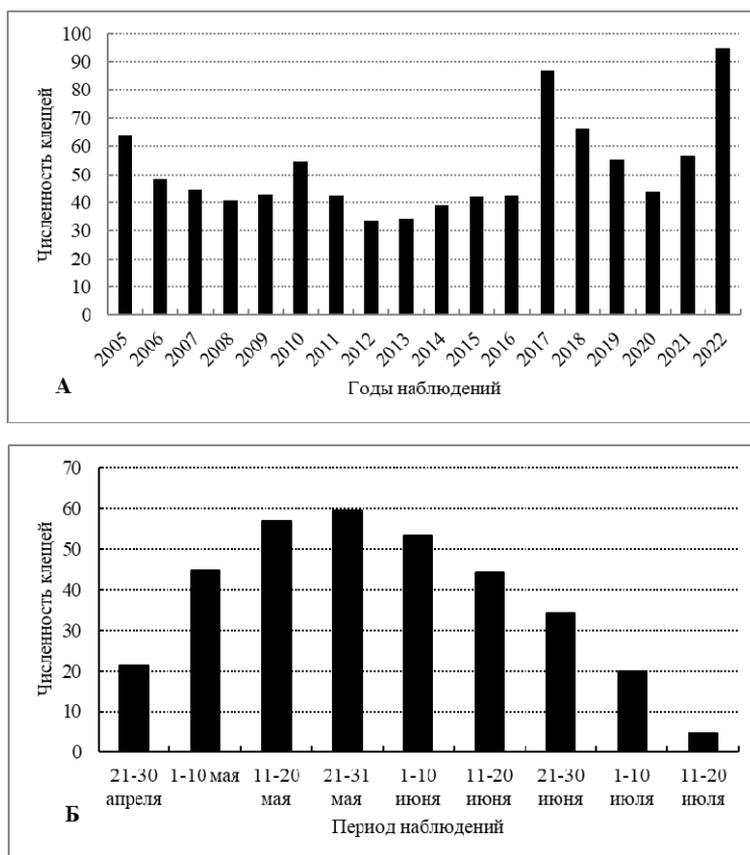


Рис. 1. Многолетняя (А) и сезонная (Б) динамика численности таёжного клеща на участках вдоль Байкальского тракта. По оси ординат – относительная численность клещей (экз/флаго-час), по оси абсцисс: А – годы наблюдений, Б – декады активности клещей

С 2006 по 2022 г. на наличие АГ ВКЭ исследованы 16 394 экз. иксодовых клещей. Среднемноголетняя вирусофорность по результатам ИФА составила  $1,6 \pm 0,10$  % с колебаниями по годам от  $0,3 \pm 0,22$  (2017 г.) до  $2,9 \pm 0,73$  % (2018 г.). Показаны положительная корреляционная связь вирусофорности клещей и заболеваемости людей КЭ на Байкальском тракте ( $r_s = 0,5852$ ;  $p < 0,05$ ,  $n = 17$ ) и отсутствие корреляции между вирусофорностью и численностью клещей ( $r_s = -0,0570$ ). За годы наблюдений с разных участков получены более 100 изолятов ВКЭ, из которых четыре отнесены к европейскому субтипу вируса, остальные – к сибирскому. Последний представлен двумя генетическими линиями – «Васильченко» и «Заусаев», соотношение которых меняется в пространстве и во времени [Эволюция клещевого энцефалита ... , 2021]. В более ранние периоды изучения генотипического состава ВКЭ на этой территории выделяли также штаммы дальневосточного субтипа [Андаев, 2009].

Таблица 3

Доля больных (%) клещевым энцефалитом, иксодовыми клещевыми боррелиозами и клещевым риккетсиозом, заразившихся на разных участках Байкальского тракта

Участки	Клещевой энцефалит	Иксодовые клещевые боррелиозы	Клещевой риккетсиоз
11–20-й км	21,2	31,5	18,2
21–30-й км	42,4	45,5	36,4
31–40-й км	7,7	4,5	4,6
41–50-й км	9,7	5,5	4,5
51–60-й км	6,8	4,5	4,5
61–70-й км	12,2	8,5	31,8

С 2013 г. сотрудниками лаборатории природноочаговых вирусных инфекций проводится мониторинг сочетанных природных очагов клещевых инфекций на спектр патогенов, включающий ВКЭ, боррелии, анаплазмы и эрлихии. За 10 лет наблюдений маркер хотя бы одного патогена встречался более чем в половине клещей (57 %), в двух и более – в 16,3 %. В среднем за исследуемый период в клещах чаще всего встречался генетический материал риккетсий ( $68,1 \pm 2,94$  % исследованных проб) и боррелий (Б) ( $48,3 \pm 1,30$  %), затем, в порядке убывания, – анаплазм (А) ( $13,5 \pm 0,88$  %), эрлихий (Э) ( $9,5 \pm 0,76$  %) и ВКЭ ( $3,0 \pm 0,47$  %). РНК ВКЭ обнаруживалась в клещах значительно чаще, чем АГ ( $P < 0,01$ ), но выделить вирус из этого материала удавалось реже по причинам, описанным ранее [Анализ эффективности методов ... , 2021].

Секвенирование 33 суспензий клещей, содержащих генетический материал боррелий (фрагмент гена 16S рРНК 650 п. н.), показало циркуляцию на исследуемой территории трёх патогенных видов в следующем соотношении: 24,2 % *B. afzelii* (№ доступа GenBank MZ411351, MZ411355, MZ411356, MZ411359, MZ411360, MZ411397, MZ411400, MZ411414), 61,6 % *B. garinii* (№№ MZ411348, MZ411349, MZ411358, MZ411361 – MZ411367, MZ411393–MZ411395, MZ411398, MZ411399, MZ411401, MZ411415, MZ413793 – MZ413797) и 9,1 % *B. miyamotoi* (№ MZ411357, MZ411396, MZ411397). Один образец типировать до вида не удалось (№ MZ411350).

При исследовании суспензий на четыре инфекции (ВКЭ, анаплазмы, боррелии, эрлихии) встречалось 10 различных сочетаний одновременного наличия от двух до четырёх маркеров. Наиболее частыми были А + Б (43,7 % от всех «микстов») и Э + Б (31,0 %). Кроме этого, из двойных сочетаний встречались: ВКЭ + Б (10,8 %), А + Э (0,9 %), ВКЭ + А и ВКЭ + Э (по 0,5 % от всех коинфицированных). Тройные коинфицирования представлены следующими сочетаниями: А + Э + Б 7,5 %, ВКЭ + А + Б 3,3 %, ВКЭ + Э + Б 1,4 %. Четыре маркера одновременно встретились лишь в одном клеще, отловленном в окрестностях пос. Бол. Речка (50-й км тракта). В сочетаниях с другими патогенами встречались 83,2 % анаплазм, 79,1 % эрлихий, 72 % ВКЭ и только 16,9 % боррелий. Похожие данные были получены по результатам исследования *I. persulcatus* из Монголии [Co-infections with multiple ... , 2022]: *B. burgdorferi* s.l. обнаружена в 49 % клещей, *A. phagocytophilum* – в 13,5 %, *Ehrlichia* sp. – в 16 %, ВКЭ – в 1,7 % переносчиков. Хотя бы один патоген выявлен в 64,2 % случаев. Боррелии чаще всех прочих патогенов встречались в качестве единственного (67 %). Наиболее часто встречались сочетания Б + Э (30,8 % от всех коинфекций) и Б + А (26,2 %).

Доля клещей, содержащих в себе искомые патогены, варьировала во времени и в пространстве. Динамика за 10-летний период представлена в табл. 4. В доле переносчиков с маркерами ВКЭ и анаплазм наблюдались четыре синхронных волны с подъёмами в 2015, 2017, 2019 и 2021–2022 гг. и спадами в 2013, 2016, 2018 и 2020 гг. ( $r_s = 0,6848$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 10$ ), но в ходе колебаний не наметилось никакого заметного тренда на изменение в течение времени. Вариации в процентном содержании маркеров эрлихий и боррелий тоже происходили почти синхронно ( $r_s = 0,5758$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 10$ ), при этом имелся небольшой, но достоверный тренд на повышение встречаемости клещей с содержанием обоих этих маркеров: коэффициент регрессии для эрлихий равен  $0,252 \pm 0,1024$ ,  $p < 0,05$ , для боррелий –  $0,203 \pm 0,461$ ,  $p < 0,001$ ,  $df = 9$  в обоих случаях.

Таблица 4

Доля маркеров «клещевых» патогенов, выявленных в иксодовых клещах, собранных на Байкальском тракте в 2013–2022 гг.  $X \pm m$  (%)

Годы	Вирус клещевого энцефалита		<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	<i>Borrelia burgdorferi</i> s.l.	<i>Ehrlichia chaffeensis</i> /E. muris	<i>Rickettsia</i> spp.
	Антиген	РНК				
2013	2,1±0,43	0,8±0,77	5,2±1,80	35,9±3,88	5,9±1,90	
2014	2,0±0,45	2,0±0,98	7,3±1,76	38,0±3,43	7,8±1,80	59,5±3,97
2015	2,5±0,49	5,4±2,63	17,3±2,97	40,7±3,86	6,2±1,89	
2016	0,9±0,53	4,3±3,00	12,5±4,77	37,5±6,99	4,2±2,88	
2017	0,3±0,22	10,5±3,30	31,0±4,96	50,6±5,36	2,3±1,61	
2018	2,9±0,73	2,1±1,49	10,1±2,89	38,5±4,66	5,5±2,18	71,0±8,15
2019	0,8±0,29	4,3±1,40	12,9±2,28	53,9±3,38	7,4±1,77	86,6±4,17
2020	1,1±0,34	0±0,05	6,4±1,86	49,7±3,80	9,8±2,26	
2021	1,2±0,41	3,6±1,35	15,0±2,52	56,5±3,51	12,5±2,34	
2022	2,7±0,55	1,0±0,99	29,3±4,10	76,4±3,83	30,1±4,14	
Всего	1,6±0,10	3,0±0,47	13,5±0,88	48,3±1,30	9,5±0,76	68,1±2,94

Другие закономерности прослеживаются при изучении сезонной динамики выявления патогенов (рис. 2). Выявляемость маркеров ВКЭ и боррелий слегка повышается к концу сезона активности клещей, и для боррелий эта тенденция достоверна (коэффициент регрессии равен  $0,173 \pm 0,0872$ ,  $p < 0,05$   $df = 6$ ). Следует отметить, что, как упомянуто выше, именно к концу сезона активности клещей растёт число присасываний переносчиков ВКЭ и патогенных боррелий. Ход выявляемости анаплазм и эрлихий почти одинаков ( $r_s = 0,8571$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 7$ ), и его максимум совпадает со среднемноголетним пиком активности переносчика. На статистически достоверную сопряжённость между эрлихиями и анаплазмами при выявлении спектра «клещевых» инфекций указывают Е. К. Лагунова с соавторами [Co-infections with multiple ... , 2022].

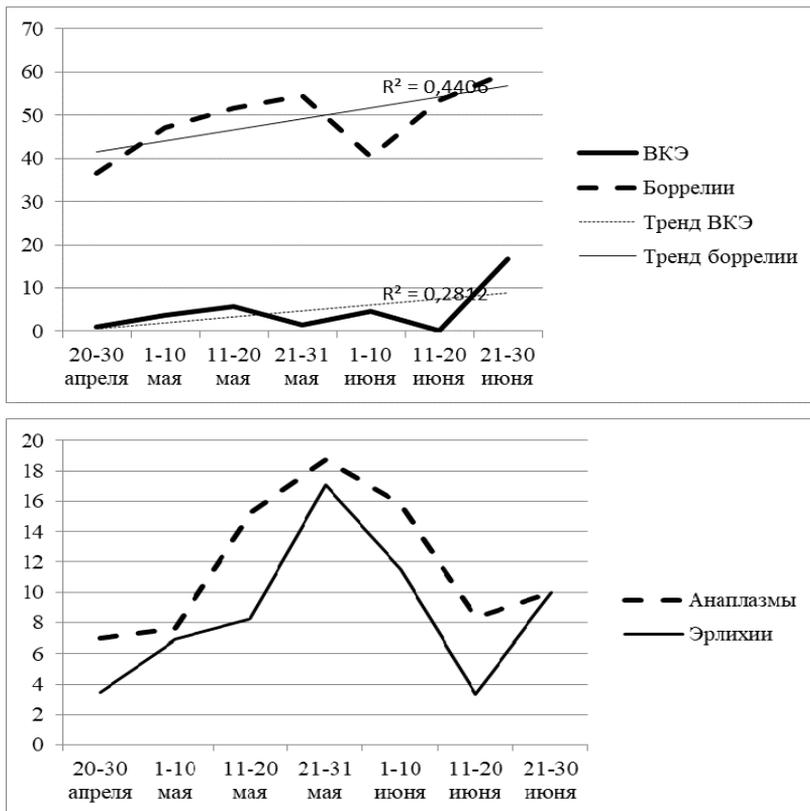


Рис. 2. Сезонная динамика выявления патогенов в таёжных клещах, собранных на участках вдоль Байкальского тракта. По оси ординат – доля положительных находок от общего числа в сборе; по оси абсцисс – декады сезона активности клещей

Что касается пространственных вариаций, анаплазмы чаще встречались в членистоногих из окрестностей посёлков Бол. Речка и Листвянка (более 24 % исследованных проб) и гораздо реже в ближайших пригородах (около 7 % в клещах, собранных до 30 км включительно) (коэффициент регрессии

равен  $0,209 \pm 0,0680$ ,  $p < 0,01$   $df = 6$ ). Та же тенденция прослеживалась по содержанию маркеров боррелий (75,5 % в Листвянке, 31–46 % – до 43-го км; коэффициент регрессии равен  $0,116 \pm 0,0363$ ,  $p < 0,01$   $df = 6$ ) и эрлихий (25,5 % в Листвянке, 1,1–8,4 % – до 43-го км; коэффициент регрессии равен  $0,169 \pm 0,0756$ ,  $p < 0,05$   $df = 6$ ). Максимальная доля клещей с РНК ВКЭ (4,1–4,5 % исследованных) встречалась на участках 43-го и 47-го км, где, по нашему мнению, находится ядро природного очага КЭ на обследуемой территории (табл. 5). Между двумя обследованными участками в Монголии не выявлено различий в распространённости разных групп патогенов [Co-infections with multiple ... , 2022].

Таблица 5

Доля маркеров «клещевых» патогенов в иксодовых клещах, собранных с разных участков Байкальского тракта в 2013–2022 гг.  $\bar{X} \pm m$  (%)

Участки	Вирус клещевого энцефалита		<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	<i>Borrelia burgdorferi s.l.</i>	<i>Ehrlichia chaffeensis/E. muris</i>	<i>Rickettsia</i> spp.
	Антиген	РНК				
23–25-й км	1,0±0,18	0,6±0,39	7,4±1,32	46,4±2,52	8,2±1,38	85,2±4,83
30-й км	0,8±0,36	2,8±1,21	7,0±1,88	31,4±3,41	1,1±0,76	86,4±7,32
43-й км	2,7±0,38	4,5±1,32	15,8±2,07	44,7±2,85	8,4±1,57	64,4±5,60
47-й км	1,8±0,28	4,1±1,25	13,4±1,95	50,2±2,86	5,6±1,31	51,2±5,45
51–53-й км	1,4±0,49	3,5±1,69	24,2±3,85	70,2±4,11	22,6±3,75	89,5±7,04
59-й км	1,4±1,41	–	–	–	–	–
61-й км	0	–	–	–	–	–
63-й км	0,8±0,41	1,4±1,40	13,3±3,93	56,0±5,73	9,3±3,36	–
68-й км	2,5±0,54	3,9±2,18	29,6±4,61	75,5±4,34	25,5±4,40	–

Примечание: прочерк – нет данных.

Анализ пространственно-временной распространённости риккетсий не проводили ввиду недостаточного количества наблюдений.

Изучение заражённости переносчиков по полу выявило существенные различия только в отношении боррелий, чей маркер у самок выявлялся чаще, чем у самцов (51,9±1,82 против 45,7±1,83 %,  $t = 2,42$ ,  $p < 0,05$ ). При исследовании двух популяций монгольских таёжных клещей на спектр патогенов достоверных различий в инфицировании самцов и самок также не выявлено [Co-infections with multiple ... , 2022].

Исследование нимф (21 проба в 12 пулах, содержащих от двух до девяти особей) показало в целом больший процент находок маркеров патогенов по сравнению с имаго (66,7 против 57 %), но разница недостоверна. Кроме того, выявлена прямая корреляционная связь доли обнаруженных патогенов с числом нимф в пуле ( $r_s = 0,9018$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 7$ ).

Несмотря на колебания показателей обнаружения в клещах бактериальных и вирусных патогенов [Identification of the spectrum ... , 2019], данные исследований переносчиков из природных очагов Иркутской области по частоте их встречаемости пропорционально схожи. О 50 %-ной заражённости клещей с Байкальского тракта боррелиями сообщалось ещё в начале 1990-х гг. [Щепин, Солнцев, 1993]. В более современном исследовании [Оценка диагностической значимости ... , 2016] установлено, что *I. persulcatus* чаще все-

го заражены боррелиями (51,9±6,8 %), в том числе *Borrelia miyamotoi* (10,4±2,8 %). Остальные возбудители встречались гораздо реже: анаплазмы – 18,1 %, эрлихии – 7,2 %, ВКЭ – в 3,6 % случаев. Результаты отличаются при анализе клещей, присосавшихся к людям. По другим данным, выявление маркеров анаплазм в Иркутской области составило 5,1 %, эрлихий – 15,3 [Prevalence of *Anaplasma* and ... , 2008], что вполне объясняется пространственно-временными флюктуациями.

Информация по исследованию неполовозрелых клещей в Прибайкалье и соседних территориях на интересующий нас спектр инфекций нам неизвестна.

### **Заключение**

Выполненные исследования показали наличие сочетанных природных очагов «клещевых» инфекций в лесных массивах, примыкающих к Байкальскому тракту, что представляет значительную эпидемиологическую опасность для местного населения, отдыхающих и туристов в период активности иксодовых клещей. Почти две трети взрослых особей *I. persulcatus* с исследуемой территории несут в себе хотя бы один род патогенов, а 16,3 % из них – от двух до четырёх в различных сочетаниях. Чаще всего в переносчиках находили генетический материал риккетсий (68,1±2,94 % исследованных проб) и боррелий (48,3±1,30 %), затем, в порядке убывания, – анаплазм (13,5±0,88 %), эрлихий (9,5±0,76 %) и вируса клещевого энцефалита (3,0±0,47 %). Показана циркуляция на обследованной территории трёх видов патогенных боррелий: *B. garinii*, *B. afzelii* и *B. miyamotoi*.

Заражённость переносчиков разными группами патогенов варьирует по участкам, достигая более высоких значений по мере отдаления от областного центра. Случаи заражения людей «клещевыми» инфекциями, наоборот, происходят чаще в пределах ближайших 30 км.

Максимум выявления анаплазм и эрлихий имеет место в третьей декаде мая и совпадает со среднемноголетним пиком активности переносчика. Выявляемость маркеров ВКЭ и боррелий слегка повышается к концу сезона массовой активности клещей (вторая – третья декада июня), и именно в это время происходит наибольшее число случаев присасывания к людям инфицированных этими патогенами членистоногих.

Изучение заражённости переносчиков по полу выявило существенные различия только в отношении боррелий, чей маркер у самок выявлялся чаще, чем у самцов.

### **Список литературы**

Аитов К. А. К эпидемиологии клещевого энцефалита в Иркутской области // Журнал инфекционной патологии. 2018. Т. 23, № 1–4. С. 7–8.

Анализ эффективности методов детекции вируса клещевого энцефалита в иксодовых клещах / О. В. Мельникова, Ю. Н. Трушина, Р. В. Адельшин, Е. И. Андаев, Г. Н. Леонова // Клиническая лабораторная диагностика. 2021. Т. 66, № 4. С. 237–241. <http://doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-4-237-241>

Андаев Е. И. Научно-организационные основы эпидемиологического надзора за природно-очаговыми и особо опасными вирусными инфекциями в Восточной Сибири : дис. ... д-ра мед. наук. Иркутск, 2009. 324 л.

Ботвинкин А. Д., Мельникова О. В., Данчинова Г. А. Распределение инфицированных вирусом клещевого энцефалита клещей вдоль линейного учётного маршрута // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1996. № 3. С. 24–28.

Вержуцкий Д. Б., Вержуцкая Ю. А. Предварительные результаты изучения пространственной организации населения таёжного клеща *Ixodes persulcatus* по Байкальскому тракту (Южное Прибайкалье) // Байкальский зоологический журнал. 2015. №1 (16). С. 71–74.

Изменения в структуре заболеваемости клещевым энцефалитом населения Иркутской области в 1993–2003 гг. / И. Г. Чумаченко, А. А. Логиновская, О. Л. Богомазова, В. А. Борисов, К. А. Аитов, И. В. Малов, Г. А. Данчинова, И. В. Козлова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2004. №1 (3). С. 170–173.

Оценка диагностической значимости комплексного выявления маркеров инфекций, переносимых клещами, у пациентов, пострадавших от их присасывания / Н. В. Яковчич, Е. И. Андаев, Е. И. Бондаренко, Ю. Н. Трушина, И. В. Котова, Г. Б. Пыринова, Т. Г. Веткина, С. Г. Баранова, Н. Г. Топычканова, В. И. Офицеров // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2016. № 4. С. 55–65.

Применение ГИС-технологий в сравнительном анализе заболеваемости трансмиссивными клещевыми инфекциями (на примере города Иркутска) / О. В. Мельникова, Е. А. Вершинин, В. М. Корзун, С. И. Лесных, Е. А. Сидорова, Е. И. Андаев // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 164–172.

Рекреационная, ландшафтно-эпидемиологическая характеристика пригородной зоны г. Иркутска / Т. А. Вершинина, А. А. Вершинин, Г. Г. Зазуля, Ю. С. Малышев, Т. А. Лобанова, Е. Н. Ревина, А. И. Попова. АН СССР СО Ин-т географии. Иркутск, 1991. Деп. в ВИНТИ, № 4442-В91. 121 с.

Роль мелких млекопитающих разных видов в прокормлении преимагинальных стадий таёжного клеща в Прибайкалье / О. В. Мельникова, Е. А. Вершинин, В. М. Корзун, А. Я. Никитин, Ю. А. Вержуцкая // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2015. Т. 11. С. 93–104.

Современные особенности эпидемиологии клещевого энцефалита в Иркутской области // Этиология, эпидемиология и диагностика инфекционных заболеваний Восточной Сибири / О. З. Горин, Т. К. Малых, А. Ф. Ковшаров, Ю. П. Осодоев. Иркутск: ИЭМ СО РАМН, 1992. С. 33–43.

Филиппова Н. А. Иксодовые клещи подсем. Ixodinae (Фауна СССР. Паукообразные; IV (4)). Л.: Наука, 1977. 396 с.

Филиппова Н. А. Иксодовые клещи подсем. Ambliominae. (Фауна России и сопредельных стран. Паукообразные; IV (5)). СПб.: Наука, 1997. 436 с.

Щепин А. Ю., Солнцев И. Г. Зараженность таежных клещей возбудителем болезни Лайма на юге Восточной Сибири // Актуальные вопросы инфекционной патологии: тез. докл. науч.-практ. конф. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. мед. ин-та, 1993. Ч. 2. С. 182–183.

Эволюция клещевого энцефалита (с момента открытия возбудителя по настоящее время) / В. В. Погодина, А. А. Ишмухаметов (ред.). Тверь: ТПФ, 2021. 344 с.

Co-infections with multiple pathogens in natural populations of *Ixodes persulcatus* ticks in Mongolia / E. K. Lagunova, N. A. Liapunova, D. Tuul, G. Otgonsuren, D. Nomin, N. Erdenebat, D. Abmed, G. A. Danchinova, K. Sato, H. Kawabata, M. A. Khasnatinov // Parasites & Vectors. 2022. Vol. 15. P. 236. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05356-x>

Identification of the Spectrum of Pathogens in Ixodid Ticks from Natural Co-Infection Foci of the Baikal Region / O. V. Melnikova, R. V. Adelshin, Y. N. Trushina, N. V. Yakovchits, E. I. Andaev // Entomol. Rev. 2019. Vol. 99, N 2. P. 262–273. <https://doi.org/10.1134/S001387381902012X>

Multi-Year Monitoring of the Tick–Pathogen System in Natural Foci of Tick-Borne Encephalitis in the Suburbs of Irkutsk / O. V. Melnikova, E. A. Verшинin, Yu. A. Verzhutskaya, V. M. Korzun, R. V. Adelshin, Yu. N. Trushina, E. I. Andaev // Entomol. Rev. 2021. Vol. 101, N 9, P. 1471–1484. <https://doi.org/10.1134/S0013873821090232>

Prevalence of *Anaplasma* and *Ehrlichia* species in *Ixodes persulcatus* ticks and small mammals from different regions of the Asian part of Russia / V. A. Rar, N. N. Livanova, V. V. Panov, I. V. Kozlova, N. M. Pukhovskaya, N. P. Vysochina, S. E. Tkachev, L.I. Ivanov // Int. J. Med. Microbiol. 2008. Vol. 298, Suppl.1. P. 222–230. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2008.01.001>

Prevalence of *Borrelia miyamotoi* in *Ixodes persulcatus* in Irkutsk City and its neighboring territories, Russia / M. A. Khasnatinov, G. A. Danchinova, A. Takano, H. Kawabata, N. Ohashi,

T. Masuzawa // Ticks Tick Borne Dis. 2016. Vol. 7, N 2. P. 394–397. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.12.016>

Prevalence of Tick-Borne Pathogens in Hard Ticks That Attacked Human Hosts in Eastern Siberia / M. A. Khasnatinov; G. A. Danchinova, A. V. Liapunov; E. L. Manzarova; I. V. Petrova; N. A. Liapunova (Bolotova), I. S. Solovarov // Int. J. Biomed., 2017. Vol. 7 N 4. P. 307–309. [https://doi.org/10.21103/Article7\(4\)\\_OA7](https://doi.org/10.21103/Article7(4)_OA7)

Roux V., Fournier P.-E., Raoult D. Differentiation of Spotted Fever Group Rickettsiae by Sequencing and Analysis of Restriction Fragment Length Polymorphism of PCR Amplified DNA of the Gene Encoding the Protein rOmpA // J. Clin. Microbiol. 1996. Vol. 34, N 9. P. 2058–2065. <https://doi.org/10.1128/jcm.34.9.2058-2065.1996>

Roux V., Raoult D. Phylogenetic analysis of members of the genus *Rickettsia* using the gene encoding the outer-membrane protein rOmpB (ompB) // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2000. Vol. 50. P. 1449–1455. <https://doi.org/10.1099/00207713-50-4-1449>

The Diversity And Prevalence of Hard Ticks Attacking Human Hosts in Eastern Siberia (Russian Federation) with First Description of Invasion of Non-Endemic Tick Species / M. A. Khasnatinov, A. V. Liapunov, E. L. Manzarova, I. V. Petrova, G. A. Danchinova, N. V. Kulakova // Parasitol. Res., 2016. Vol. 115, N 2. P. 501–510. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4766-7>

## References

Aitov K.A. K epidemiologii kleshchevogo entsefalita v Irkutskoi oblasti [To the epidemiology of tick-borne encephalitis in Irkutsk Region]. *Zhurnal infektsionnoi patologii*, 2018, vol. 23, no. 1-4, pp. 7-8. (in Russian)

Mel'nikova O.V., Trushina Yu.N., Adel'shin R.V., Andaev E.I., Leonova G. I. Analysis of effectiveness of the tick-borne encephalitis virus detection methods in Ixodid ticks. *Clinical Laboratory Diagnostics*, 2021, vol. 66, no. 4, pp. 237-241. (in Russian). <http://doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-4-237-241>

Andaev E.I. Nauchno-organizatsionnye osnovy epidemiologicheskogo nadzora za prirodno-ochagovymi i osobno opasnymi virusnymi infektsiyami v Vostochnoi Sibiri [Scientific and organizational basis of epidemiological surveillance for natural-foci and particularly dangerous viral infections in Eastern Siberia: Doctor in Medicine Dissertation Abstract]. Irkutsk, 2009. 324 p. (in Russian)

Botvinkin A.D., Mel'nikova O.V., Danchinova G.A. Raspredelenie infitsirovannykh virusom kleshchevogo entsefalita kleshchei vdol' lineinogo uchetnogo marshruta [Distribution of the ticks infected with tick-borne encephalitis virus, along linear counting route]. *Med. Parasitol. Parasit. Dis.*, 1996, no. 3. pp. 24-28. (in Russian)

Verzhutskii D.B., Verzhutskaya Yu.A. Predvaritel'nye rezultaty izucheniya prostranstvennoi organizatsii naseleniya taezhnogo kleshcha *Ixodes persulcatus* po Baikalskomu traktu (Yuzhnoe Pribaikal'e) [Initial results of the taiga tick *Ixodes persulcatus* spatial organization along Baikalsky highroad (Southern Cisbaikalia)]. *Baikal. Zool. J.*, 2015, no. 1 (16), pp. 71-74. (in Russian)

Chumachenko I.G., Loginovskaja A.A., Bogomazova O.L, Borisov V.A., Aitov K.A., Malov I.V., Danchinova G.A., Kozlova I.V. Izmeneniya v strukture zaboлеваemosti kleshhevym jencefalitom naseleniya Irkutskoj oblasti v 1993-2003 gg. [Changes in the structure of tick-borne encephalitis morbidity in Irkutsk region population]. *Bull. ESSC SB RAMS*, 2004, no. 1 (3), pp. 170-173. (in Russian)

Yakovchits N.V., Andaev E.I., Bondarenko E.I., Trushina Yu.N., Kotova I.V., Pyrinova G.B., Vetkina T.G., Baranova S.G., Topychkanova N.G., Ofitserov V.I. Otsenka diagnosticheskoi znachimosti kompleksnogo vyyavleniya markerov infektsii, perenosimyykh kleshchami, u patsientov, postradavshikh ot ikh prisasyvaniya [Evaluation of diagnostic significance of complex detection of the tick-borne infection markers in the patients suffered from its bites]. *Infectious diseases: news, views, education*, 2016, no. 4. pp. 55-65. (in Russian)

Mel'nikova O.V., Vershinin E.A., Korzun V.M., Lesnykh S.I., Sidorova E.A., Andaev E. I. Primenenie GIS-tehnologij v sravnitel'nom analize zaboлеваemosti transmissivnymi kleshhevymi infektsiyami (na primere goroda Irkutsk) [Using of GIS technology in comparative analysis of tick-borne infections morbidity (on the example of Irkutsk city)]. *Geography and Natural Resources*, 2014, no. 3, pp. 164-172. (in Russian)

Vershinina T.A., Vershinin A.A., Zazulya G.G., Malyshev Yu.S., Lobanova T.A., Revina E.N., Popova A.I. *Rekreacionnaya, landshaftno-ehpidemiologicheskaya harakteristika prigorodnoj zony g.*

*Irkutsk* [Recreational, landscape and epidemiological characteristics of the Irkutsk city suburbs]. Irkutsk Inst. Geogr. SB AS USSR. Irkutsk, 1991, 121 p. Dep. man. VINITI, № 4442-B91 (in Russian)

Mel'nikova O.V., Vershinin E.A., Korzun V.M., Nikitin A.Ya., Verzhutskaya Yu.A. Rol melkih mlekopitajushhikh raznykh vidov v prokormlenii preimaginal'nykh stadij tajozhnogo kleshha v Pribaikal'e [Role of different small mammals species in feeding of the taiga tick preimaginal stages in Pribaikalie]. *Bull. Irkutsk St. Univ. Ser. Biol. Ecol.*, 2015, vol. 11, pp. 93-104. (in Russian)

Gorin O.Z., Malykh T.K., Kovsharov A.F., Osodoev Yu.P. Sovremennye osobennosti jepidemiologii kleshhevogo jencefalita v Irkutskoj oblasti. [Modern features of tick-borne encephalitis epidemiology in Irkutsk Region]. *Jetiologija, jepidemiologija i diagnostika infekcionnykh zabojevanij Vostochnoj Sibiri* [Etiology, epidemiology and diagnostics of infectious diseases in Eastern Siberia]. Irkutsk, Irkutsk Inst. Epidemiol. Microbiol. Publ., 1992. pp. 33-43. (in Russian)

Filippova N.A. *Iksodovye kleshchi podsem. Ixodinae* [Ixodid ticks of subfamily Ixodinae (Fauna of USSR. Arachnoidea IV (4)]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1977, 396 p. (in Russian)

Filippova N.A. *Iksodovye kleshchi podsem. Ambliomminae* [Ixodid ticks of subfamily Ambliomminae. (Fauna of Russia and neighboring countries. Arachnoidea IV (5)]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1997, 436 p. (in Russian)

Shchepin A.Yu., Solntsev I.G. Zarazhennost taezhnykh kleshchei vobzuditel'em bolezni Laima na yuge Vostochnoi Sibiri [The Lyme disease infection rate of taiga ticks in the South of Eastern Siberia]. *Aktual'nye voprosy infekcionnoi patologii* [Actual problems of infectious pathology: Proc. Sci. Conf., Irkutsk, Russia]. Irkutsk, Irkutsk St. Medic. Inst. Publ., 1993, Pt. II, pp. 182-183. (in Russian)

*Evoljutsiya kleshchevogo entsefalita (s momenta otkrytiya vobzuditelya po nastoyashchee vremya)* [Evolution of tick-borne encephalitis (from the discovery of the pathogen to the present)]. Pogodina V.V., Ishmukhametov A.A. (Eds.). Tver, TPF Publ., 2021, 344 p. (in Russian)

Lagunova E.K., Liapunova N.A., Tuul D., Otgonsuren G., Nomin D., Erdenebat N., Abmed D., Danchinova G.A., Sato K., Kawabata H., Khasnatinov M.A. Co-infections with multiple pathogens in natural populations of Ixodes persulcatus ticks in Mongolia. *Parasites & Vectors*, 2022, vol. 15, pp. 236. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05356-x>

Melnikova O.V., Adelshin R.V., Trushina Y.N., Yakovchits N.V., Andaev E.I. Identification of the Spectrum of Pathogens in Ixodid Ticks from Natural Co-Infection Foci of the Baikal Region. *Entomol. Rev.*, 2019, vol. 99, no. 2, pp. 262-273. <https://doi.org/10.1134/S001387381902012X>

Melnikova O.V., Vershinin E.A., Verzhutskaya Yu.A., Korzun V.M., Adelshin R.V., Trushina Yu.N., Andaev E.I. Multi-Year Monitoring of the Tick-Pathogen System in Natural Foci of Tick-Borne Encephalitis in the Suburbs of Irkutsk. *Entomol. Rev.*, 2021, vol. 101, no. 9, pp. 1471-1484. <https://doi.org/10.1134/S0013873821090232>

Khasnatinov M.A., Danchinova G.A., Takano A., Kawabata H., Ohashi N., Masuzawa T. Prevalence of *Borrelia miyamotoi* in *Ixodes persulcatus* in Irkutsk City and its neighboring territories, Russia. *Ticks Tick Borne Dis.*, 2016, vol. 7, no. 2, pp. 394-397. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.12.016>

Khasnatinov M.A., Danchinova G.A., Liapunov A.V., Manzarova E.L., Petrova I.V., Liapunova (Bolotova) N.A., Solovarov I. S. Prevalence of Tick-Borne Pathogens in Hard Ticks That Attacked Human Hosts in Eastern Siberia. *Int. J. Biomed.*, 2017, vol. 7, no. 4, pp. 307-309. [https://doi.org/10.21103/Article7\(4\)\\_OA7](https://doi.org/10.21103/Article7(4)_OA7)

Rar V.A., Livanova N.N., Panov V.V., Kozlova I.V., Pukhovskaya N.M., Vysochina N.P., Tkachev S.E., Ivanov L.I. Prevalence of *Anaplasma* and *Ehrlichia* species in *Ixodes persulcatus* ticks and small mammals from different regions of the Asian part of Russia. *Int. J. Med. Microbiol.*, 2008, vol. 298, suppl. 1, pp. 222-230. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2008.01.001>

Roux V., Fournier P.-E., Raoult D. Differentiation of Spotted Fever Group Rickettsiae by Sequencing and Analysis of Restriction Fragment Length Polymorphism of PCR Amplified DNA of the Gene Encoding the Protein rOmpA. *J. Clin. Microbiol.*, 1996, vol. 34, no. 9, pp. 2058-2065. <https://doi.org/10.1128/jcm.34.9.2058-2065.1996>

Roux V., Raoult D. Phylogenetic analysis of members of the genus *Rickettsia* using the gene encoding the outer-membrane protein rOmpB (ompB). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 2000, vol. 50, pp. 1449-1455. <https://doi.org/10.1099/00207713-50-4-1449>

Khasnatinov M.A., Liapunov A.V., Manzarova E.L., Petrova I.V., Danchinova G.A., Kulakova N.V. The Diversity And Prevalence of Hard Ticks Attacking Human Hosts in Eastern Siberia (Russian Federation) with First Description of Invasion of Non-Endemic Tick Species. *Parasitol. Res.*, 2016, vol. 115, no. 2, pp. 501-510. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4766-7>

**Сведения об авторах**

**Мельникова Ольга Витальевна**  
доктор биологических наук, старший  
научный сотрудник  
Иркутский научно-исследовательский  
противочумный институт  
Роспотребнадзора  
Россия, 664047, г. Иркутск, Трилиссера, 78  
e-mail: melnikovaovit@gmail.com

**Адельшин Ренат Викторович**  
кандидат биологических наук, старший  
научный сотрудник  
Иркутский научно-исследовательский  
противочумный институт  
Роспотребнадзора  
Россия, 664047, г. Иркутск, Трилиссера, 78  
e-mail: adelshin@gmail.com

**Вершинин Евгений Александрович**  
кандидат биологических наук,  
научный сотрудник  
Иркутский научно-исследовательский  
противочумный институт  
Роспотребнадзора  
Россия, 664047, г. Иркутск, Трилиссера, 78  
e-mail: eaverschinin@mail.ru

**Лопатовская Кристина Викторовна**  
младший научный сотрудник  
Иркутский научно-исследовательский  
противочумный институт  
Роспотребнадзора  
Россия, 664047, г. Иркутск, Трилиссера, 78  
e-mail: krislopatovskaya@mail.ru

**Трушина Юлия Николаевна**  
врач клинико-диагностической лаборатории  
Боханская районная больница  
Россия, 669311, Иркутская обл., пос. Бохан,  
ул. 1-я Клиническая, 18  
e-mail: trushinauylia@yandex.ru

**Андаев Евгений Иванович**  
доктор медицинских наук, заместитель  
директора, заведующий лабораторией  
Иркутский научно-исследовательский  
противочумный институт  
Роспотребнадзора  
Россия, 664047, г. Иркутск, Трилиссера, 78  
e-mail: e.andaev@gmail.com

**Information about authors**

**Mel'nikova Olga Vitalyevna**  
Doctor of Sciences (Biology),  
Senior Research Scientist  
Irkutsk Anti-Plague Research Institute  
of Siberia and Far East of Rospotrebnadzor  
78, Trilisser st., Irkutsk, 664047,  
Russian Federation  
e-mail: melnikovaovit@gmail.com

**Adelshin Renat Viktorovich**  
Candidate of Sciences (Biology),  
Senior Research Scientist  
Irkutsk Anti-Plague Research Institute  
of Siberia and Far East of Rospotrebnadzor  
78, Trilisser st., Irkutsk, 664047,  
Russian Federation  
e-mail: adelshin@gmail.com

**Vershinin Evgeniy Aleksandrovich**  
Candidate of Sciences (Biology),  
Research Scientist  
Irkutsk Anti-Plague Research Institute  
of Siberia and Far East of Rospotrebnadzor  
78, Trilisser st., Irkutsk, 664047,  
Russian Federation  
e-mail: eaverschinin@mail.ru

**Lopatovskaya Kristina Viktorovna**  
Junior Research Scientist  
Irkutsk Anti-Plague Research Institute  
of Siberia and Far East of Rospotrebnadzor  
78, Trilisser st., Irkutsk, 664047,  
Russian Federation  
e-mail: krislopatovskaya@mail.ru

**Trushina Yulia Nikolaevna**  
Laboratory Physician  
Bokhan District Hospital  
18, 1-ya Klinicheskaya st., Bokhan settl.,  
Irkutsk region, 669311, Russian Federation  
e-mail: trushinauylia@yandex.ru

**Andaev Evgeniy Ivanovich**  
Doctor of Sciences (Medicine), Deputy Director,  
Head of Laboratory  
Irkutsk Anti-Plague Research Institute  
of Siberia and Far East of Rospotrebnadzor  
78, Trilisser st., Irkutsk, 664047,  
Russian Federation  
e-mail: e.andaev@gmail.com