

УДК 576.895.42:595.421:578.4

**АКТИВНОСТЬ ГЕМИПОПУЛЯЦИЙ ИМАГО ТАЁЖНОГО КЛЕЩА  
(*Ixodes persulcatus* SCHULZE, 1930)  
В СОЧЕТАННЫХ ПРИРОДНЫХ ОЧАГАХ  
КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА И ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕВЫХ  
БОРРЕЛИОЗОВ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ**

© 2021 г. О. В. Мельникова<sup>а,\*</sup>, Е. А. Вершинин<sup>а</sup>, В. М. Корзун<sup>а</sup>,  
Ю. А. Вержуцкая<sup>а</sup>, Н. В. Яковчиц<sup>а</sup>, Р. В. Адельшин<sup>а,б</sup>,  
Ю. Н. Трушина<sup>а</sup>, К. В. Лопатовская<sup>а</sup>, Е. И. Андаев<sup>а</sup>

<sup>а</sup> ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора,  
ул. Трилиссера, 78, Иркутск, 664047 Россия

<sup>б</sup> ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет,  
ул. К. Маркса, 1, Иркутск, 664003 Россия

\*e-mail: melnikovaovit@gmail.com

Поступила в редакцию 19.03.2021 г.

После доработки 27.09.2021 г.

Принята к публикации 06.10.2021 г.

Приведены результаты многолетнего (2005–2020 гг.) мониторинга сочетанных природных очагов клещевого энцефалита (КЭ) и иксодовых клещевых боррелиозов в южном Прибайкалье на нескольких географически изолированных участках. Показана высокая степень неоднородности обследованной территории по уровню обилия имаго *Ixodes persulcatus*, их зараженности вирусом КЭ и боррелиями. Выявлены существенные различия между изученными участками по патогенности переносчиков, содержащих маркеры вируса КЭ, для лабораторных животных. Показано наличие прямой связи между численностью переносчика и обнаружением антигена вируса КЭ, а также числом вирусных изолятов. Инцидентность КЭ на обследуемой территории также коррелировала с вирусофорностью по результатам иммуноферментного анализа и с успешностью изоляции на теплокровных животных. Выявление маркеров боррелий в ПЦР было выше в случае высокой численности переносчиков, но число заболеваний на обследуемой территории не зависело ни от численности клещей, ни от их боррелиефорности.

**Ключевые слова:** таёжный клещ *Ixodes persulcatus*, численность, вирус клещевого энцефалита (ВКЭ), боррелии, вирусофорность, боррелиефорность, изоляты ВКЭ, Прибайкалье

**DOI:** 10.31857/S0031184721060041

Клещевой энцефалит (КЭ) и иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ) – самые распространенные трансмиссивные природноочаговые инфекции умеренного пояса Евразии, представляющие большую проблему здравоохранения и наносящие значи-

тельный экономический ущерб. В азиатской части России основным резервуаром и переносчиком патогенных агентов этих болезней – вируса клещевого энцефалита (ВКЭ) и нескольких видов патогенных боррелий – является таёжный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930. Уровень заболеваемости КЭ и ИКБ не зависит напрямую от численности основного переносчика ввиду сложности сочетания факторов (как природных, так и социальных), и это сочетание обеспечивает своеобразие эпидемической обстановки даже на рядом расположенных территориях (Якименко и др., 2019). Тем не менее неперемными условиями эффективной профилактики инфекций, передаваемых клещами, являются определение динамики численности переносчика во времени и в пространстве и степени риска подвергнуться нападению клещей в местах их обитания (Daniel et al., 2006). Структура популяций таёжного клеща отличается исключительной сложностью. Одна генерация включает четыре фазы развития (яйцо, личинка, нимфа, взрослые самки и самцы), и каждая фаза образует отдельную гемипопуляцию, занимающую свою микросреду обитания. Обилие подстерегающих голодных клещей в экосистеме определяется балансом между пополнением их популяции новыми особями и гибелью от различных причин (Osipova et al., 2017). При наличии условий для существования клещей и их прокормителей размер популяции *I. persulcatus* в значительной мере зависит от характера, сложности и расчлененности рельефа, степени развития гидросети, площади и расположения безлесных участков и некоторых других особенностей топографии местности (Коренберг, 1976). Как результат, численность таёжного клеща в каждом регионе отличается большой пестротой, и динамика его численности представляет собой сложный полициклический процесс, складывающийся из квазипериодических колебаний с периодами разной продолжительности (Коротков, 1998). Данчинова и соавт. (2004) выделяют в Прибайкалье три зоны с различным обилием клещей *I. persulcatus*: с высоким – Южное Присяянье, средним – Верхнеленские районы, низким – степи, открытые лесостепные участки, северные районы Иркутской области.

Цель данной работы – охарактеризовать активность гемипопуляций имаго таёжного клеща, его инфицированность возбудителями КЭ и ИКБ на нескольких географически изолированных участках южного Прибайкалья и оценить риск заражения человека данными нозоформами на этих участках.

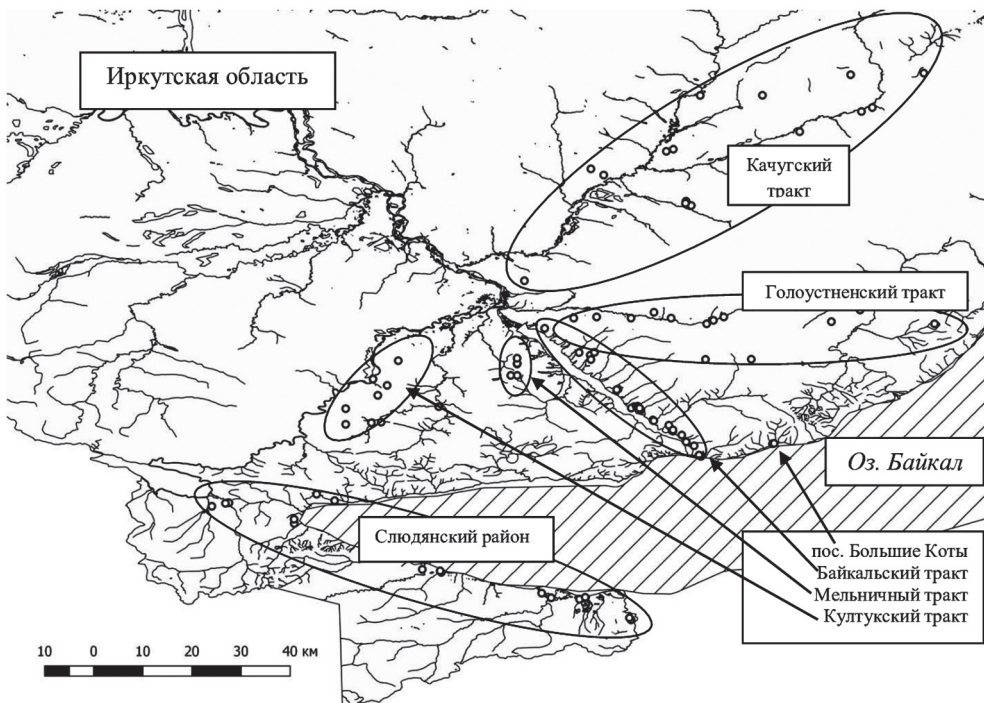
#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проводилась в 2005–2020 гг. на территории Иркутского, Слюдянского, Шелеховского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов Иркутской области, географически ограничиваясь 51.39°–52.98° N и 102.53°–106.17° E с высотами 459–943 м над ур. м. Наблюдениями, с различной степенью регулярности, было охвачено более 100 точек на семи участках (рис. 1, табл. 1). Учетные маршруты прокладывали по лесным массивам, вдоль лесных троп и дорог разной степени использования, просек ЛЭП.

Клещей собирали с конца апреля по начало июля, на движущегося учетчика и стандартный флаг из фланелевой ткани 60×100 см (Таёжный клещ ..., 1985); оценку уровня численности производили в экземплярах на флаго-час (ф-ч). Среднемноголетние и среднесезонные показатели обилия таёжного клеща рассчитывали по всем проведенным учётам на конкретном участке за период исследования. Иксодид определяли до вида по морфологическим признакам (Филиппова, 1977, 1997). Объем работы представлен в табл. 1.

Координаты мест сбора материала устанавливали с помощью спутникового навигатора GPSMAP 76CSx в системе глобального позиционирования. Для построения карты использовали наборы открытых геоданных OpenStreetMap (<https://mydata.biz>), natural earth (<https://www.naturalearthdata.com/>), HYDROsheds (<https://hydrosheds.org/>). Картографирование точек сбора материала по географическим координатам производили с использованием модульного расширения хуToPoint программы QGIS 2.18.28.

Собранных членистоногих во влажных бинтах доставляли живыми в лабораторию, где до исследования хранили в холодильной камере при температуре  $-20^{\circ}$ . Имаго клещей анализировали индивидуально, приготавливая из них суспензию на физиологическом растворе (по 0.5 мл на одного клеща). Наличие антигена (АГ) ВКЭ выявляли иммуноферментным методом с помощью набора реагентов ИФА ТС АГ ВКЭ («Микроген», Томск) в соответствии с инструкцией производителя. В 2012 г. использовали Набор реагентов для выявления антигенов вируса клещевого энцефалита ЗАО Биосервис. Учет результатов проводили визуально и с помощью иммуноферментного анализатора IMARK BioRAD при длине волны 450 нм. Пробу считали положительной, если отношение величины её экстинкции к величине экстинкции нормального контроля было больше или равно 2.1. Выделение вируса проводили на новорожденных беспородных белых мышах (НБМ), по общепринятой методике (Вирусология, 1988). За животными наблюдали 21 день. Зверьков с клиническими проявлениями нейроинфекции умерщвляли, руководствуясь «Правилами лабораторной практики в Российской Федерации» (утверждены Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации № 708н от 23.08.2010), и извлекали головной мозг для дальнейших исследований.



**Рисунок 1.** Места учётов и сбора иксодовых клещей.

**Figure 1.** Places of censuring and collecting of Ixodid ticks.

С 2013 г., кроме тестирования клещей на наличие АГ ВКЭ в ИФА, случайные выборки переносчиков с каждого участка исследовали в ПЦР. РНК/ДНК из клещевых и мозговых суспензий выделяли, используя комплект реагентов «РИБО-преп»; обратную транскрипцию проводили, используя комплект «РЕВЕРТА-L»; геномный материал ВКЭ и боррелий выявляли в ПЦР с помощью набора реагентов «АмплиСенс® ТБЕV, *B. burgdorferi* s. l., *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis*/*E. muris*-FL» (ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва) в режиме реального времени на термоциклере С1000™ Bio-Rad CFX96™ (США).

Информация об инцидентности КЭ и ИКБ на обследуемой территории получена из пополняемых авторских баз данных<sup>1</sup>, созданных на основе карт эпидемиологического расследования ФБУЗ Центра гигиены и эпидемиологии в Иркутской области.

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами вариационной статистики: критерий Стьюдента (*t*-критерий), регрессионный и корреляционный анализы, коэффициент вариации, критерий  $\chi^2$  (Закс, 1976); за статистически достоверный принимали уровень значимости  $P < 0.05$ . Расчеты проводили с помощью программы Microsoft Excel 2007.

### **Краткая ландшафтно-климатическая характеристика обследуемой территории**

Южное Прибайкалье находится в природной зоне южной тайги и характеризуется резко континентальным климатом, а также значительной высотой территории над уровнем моря. Сложный горный рельеф создает разнообразные условия нагревания и охлаждения земной поверхности, обуславливает своеобразное распределение атмосферных осадков, ветрового режима и других явлений (<http://az-kozin.narod.ru/klimat.html>), что обеспечивает многообразие ландшафтов обследуемой территории. Анализ с помощью геоинформационных систем (ГИС) показал, что размах колебаний численности иксодид больше зависит от климата и растительного покрова, чем от факторов, связанных с хозяевами (Randolph, 2000). Рассмотрим ландшафтное разнообразие обследуемых участков.

Байкальский тракт располагается по правому берегу р. Ангары, соединяя г. Иркутск с пос. Листвянка на оз. Байкал. Голоуственский тракт проходит в юго-восточном направлении от областного центра до пос. Большое Голоустное на Байкале (рис. 1). Обе дороги пролегают по таёжным округам предгорий Приморского хребта, где широко представлены подгорные подтаёжные сосновые комплексы, с подлеском из рододендрона даурского (Ландшафты ..., 1977).

Пос. Большие Коты расположен в тайге у подножия Приморского хребта на побережье оз. Байкал; сухопутных дорог, ведущих к поселку, нет. Климат умеренно-холодный с отрицательной среднегодовой температурой. В иксодофауне преобладает таёжный клещ, чья численность невелика (табл. 1). Встречаются и клещи рода *Dermacentor*. Основой ландшафта являются склоновые травяные с подлеском из рододендрона даурского остепнённые горнотаёжные сосновые комплексы.

Качугский тракт пролегает в северо-восточном направлении от областного центра по территории, характеризующейся умеренно тёплым и недостаточно влажным климатом. Растительный покров представлен сложным сочетанием лесов, степей, лугов и болот. Около половины площади занимают горнотаёжные комплексы, представленные тёмнохвойными (из кедра и ели), светлохвойными (из сосны и лиственницы) и мелколиственными (из березы и осины) лесами. Многие участки значительно нарушены сельскохозяйственной деятельностью. На стыках ландшафтов здесь можно встретить одновременно иксодовых клещей трех родов – *Ixodes*, *Haemaphysalis* и *Dermacentor* (табл. 1).

<sup>1</sup> Свидетельства о государственной регистрации базы данных № 2013620219 и 2013620220; 2013 г.

Таблица 1. Участки наблюдения и объем проведенных исследований  
 Table 1. The sampling sites and amount of research

Участок	Годы наблюдений	Проведено учётов	Затрачено флага-часов	Собрано клещей (экз.)				
				<i>Ixodes persulcatus</i> Schulze, 1930	<i>Dermacentor silvarum</i> Olenev, 1932	<i>D. nuttalli</i> Olenev, 1929	<i>Haemaphysalis concinna</i> Koch, 1844	<i>H. japonica douglasi</i> Nuttall et Warburton, 1915*
Байкальский тракт (автоторога Р-418) Большие Коты	2005–2020	1504	466.7	21593	8	0	2	1
	2007–2013, 2017, 2019, 2020	42	30.1	375	9	0	0	0
Голоуспенский тракт	2006, 2007, 2012–2020	247	107.9	3329	8	0	4	1
	2007, 2008, 2011, 2013–2016, 2020	162	93.2	852	12	71	439	2
Култукский тракт (федеральная автоторога М-55)	2015–2020	75	48.0	2775	0	0	4	0
Мельничный тракт	2007–2009, 2011–2020	153	84.2	1539	0	0	1	0
	2011–2015, 2017–2019	190	96.4	2978	0	0	1	0
Слюдянский район		2373	926.5	33441	37	71	451	4

Примечание. Насколько нам известно, это первые находки данного вида в Восточной Сибири (Вершинин и др., 2014).

Култукский тракт соединяет Иркутск с оз. Байкал в южном направлении и проходит по долине рек Иркутка и Олхи на Иркутско-Черемховской равнине в зоне горнотаёжных южносибирских (тёмнохвойных, кедрово-лиственничных и горнотаёжных сосновых) лесов с несколькими группами фаций, характерных для этих геомов (Ландшафты ..., 1977).

Мельничный тракт пролегает по подтаёжным биотопам вдоль левого берега р. Ангары к юго-западу от областного центра. Преимущественные ландшафты – равнинные и днищ котловин бруснично-разнотравные с кустарниковым подлеском.

Слюдянский район расположен на южном побережье Байкала. Район отличается от других большим увлажнением и большей теплообеспеченностью. Перепад высоты в 1800 м обуславливает эффект ландшафтной поясности с большим разнообразием ландшафтов, входящих в горнотаёжные южносибирские и Байкало-Джугджурские комплексы (Ландшафты ..., 1977). В иксодофауне абсолютно доминирует *I. persulcatus* (табл. 1). Учеты клещей проводили у подножья хребта Хамар-Дабан, где преобладают следующие ландшафты: равнинные и днищ котловин бруснично-разнотравные с кустарниковым подлеском; склоновые кедрово-пихтовые чернично-травяно-зеленомошные; долинные елово-пихтово-крупнотравные; склоновые сосново-лиственничные бруснично-разнотравные.

По всей обследуемой территории располагается большое количество рекреационных зон и в тёплый период года проходит множество туристических маршрутов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для получения общего представления о структуре размещения клещей на обследуемых участках мы, согласно предложенной ранее классификации (Коренберг и др., 2013, с. 114–115), построили гистограммы, отражающие относительную частоту (в процентах) показателей различных классов обилия таёжного клеща (от полного их отсутствия до 100 экз. на ф-ч и более) (рис. 2). Все классы численности представлены почти на каждом участке, кроме Качугского тракта, где учёты с максимальными показателями не зафиксированы, и Култукского, на котором клещи встречались на всех пройденных маршрутах. Несмотря на кажущееся сходство некоторых гистограмм (Байкальский и Голоустненский тракт, Мельничный тракт и Слюдянский район), сравнение распределений частот показателей обилия на всех участках наблюдения выявило высокую степень их неоднородности ( $\chi^2 = 466.9$ ,  $df = 36$ .  $P < 0.001$ ). Обилие имаго *I. persulcatus* варьировало по участкам, по годам и в течение сезона активности. Среднемноголетние показатели относительной численности таёжного клеща на обследуемой территории, стандартное отклонение, интервалы и величина амплитуды колебаний численности (коэффициент вариации,  $CV$ ) приведены в табл. 2. Судя по минимальной величине  $CV$ , достоверно отличающейся от таковой на всех остальных участках, наиболее стабильно состояние населения таёжного клеща на Култукском тракте. Там же отмечены максимальный показатель средней численности (55.9) и наибольшая доля учётов с численностью выше 100 экз. на ф-ч (14.7%). Наоборот, популяции *I. persulcatus* в окрестностях пос. Б. Коты и по Качугскому тракту наименее стабильны. Высокая достоверность этих различий подтверждается статистическими методами (табл. 3).

Более или менее продолжительные периоды непрерывных наблюдений для оценки динамики многолетней среднесезонной численности таёжного клеща имеются только по Байкальскому (16 лет), Мельничному (14 лет) и Голоустненскому (девять

лет) трактам. По этим же участкам имеются сведения о среднемноголетней сезонной активности переносчика. На рис. 3А показано, что флуктуации численности на Голоуственском направлении происходят чаще, чем на двух других, с периодом колебаний 2–3 года. Периодичность циклов численности населения клещей вдоль Байкальского и Мельничного трактов – 4–5 лет. Очевидная тенденция на повышение уровня обилия прослеживается лишь на Мельничном тракте (коэффициент регрессии равен  $0.271 \pm 0.1145$ ,  $df = 13$ ,  $P < 0.05$ ). Что касается сезонной активности (рис. 3Б), пик её на Мельничном тракте приходится на более ранние сроки, чем на двух других участках и наступает уже во второй декаде мая. На Байкальском тракте максимум сезонного обилия *I. persulcatus* приходится на первую декаду июня.

**Таблица 2.** Показатели среднемноголетней численности таёжного клеща и амплитуда колебаний его численности (*CV*) на обследуемой территории

**Table. 2.** The multi-year averages of *Ixodes persulcatus* abundance and coefficient of its variation (*CV*) on the territory under investigation

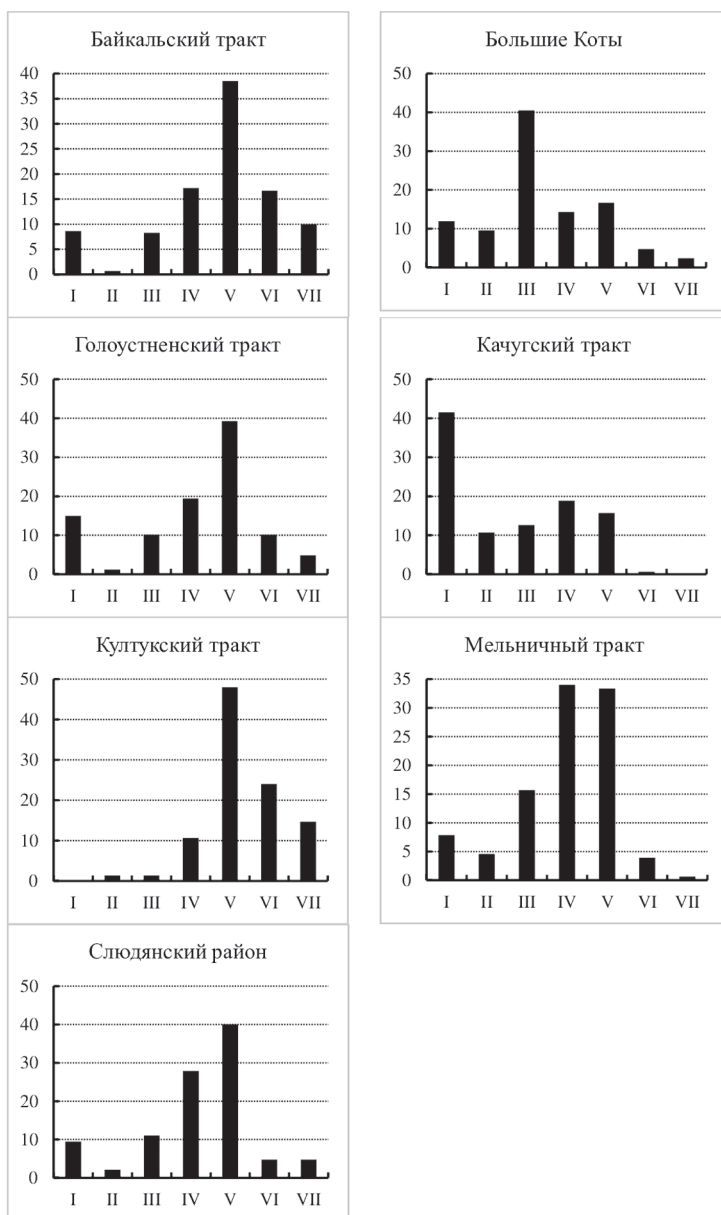
Участок	Средняя численность (на ф-ч)	Стандартное отклонение	Интервал	<i>CV</i>
Байкальский тракт	$43.8 \pm 1.16$	44.6	392	$101.9 \pm 1.87$
Большие Коты	$15.7 \pm 3.74$	24.2	120	$154.5 \pm 16.86$
Голоуственский тракт	$30.8 \pm 2.21$	34.7	286	$112.8 \pm 5.08$
Качугский тракт	$8.9 \pm 1.05$	13.2	66.2	$142.3 \pm 8.31$
Култукский тракт	$55.9 \pm 4.04$	35.0	147.1	$62.6 \pm 5.11$
Мельничный тракт	$19.7 \pm 1.61$	19.9	126.7	$101.4 \pm 5.79$
Слюдянский район	$28.6 \pm 2.51$	34.6	243.8	$121.1 \pm 6.21$

**Таблица 3.** Различия амплитуды колебаний численности таёжного клеща на обследуемой территории

**Table. 3.** Coefficient of *Ixodes persulcatus* abundance variation on the territory under investigation

Сравниваемые участки	Значение <i>t</i>	df	Уровень значимости <i>P</i>
Култукский и Байкальский тракты	7.23	1555	< 0.001
Култукский тракт и Большие Коты	5.22	115	< 0.001
Култукский и Голоуственский тракты	6.98	320	< 0.001
Култукский и Качугский тракты	8.78	232	< 0.001
Култукский и Мельничный тракты	5.02	226	< 0.001
Култукский тракт и Слюдянский район	7.27	263	< 0.001
Б. Коты и Голоуственский тракт	2.37	287	< 0.05
Б. Коты и Качугский тракт	0.33	199	> 0.05
Б. Коты и Мельничный тракт	2.98	193	< 0.01
Б. Коты и Слюдянский район	1.86	230	> 0.05
Качугский и Мельничный тракты	4.63	310	< 0.001
Качугский тракт и Слюдянский район	2.62	347	< 0.01

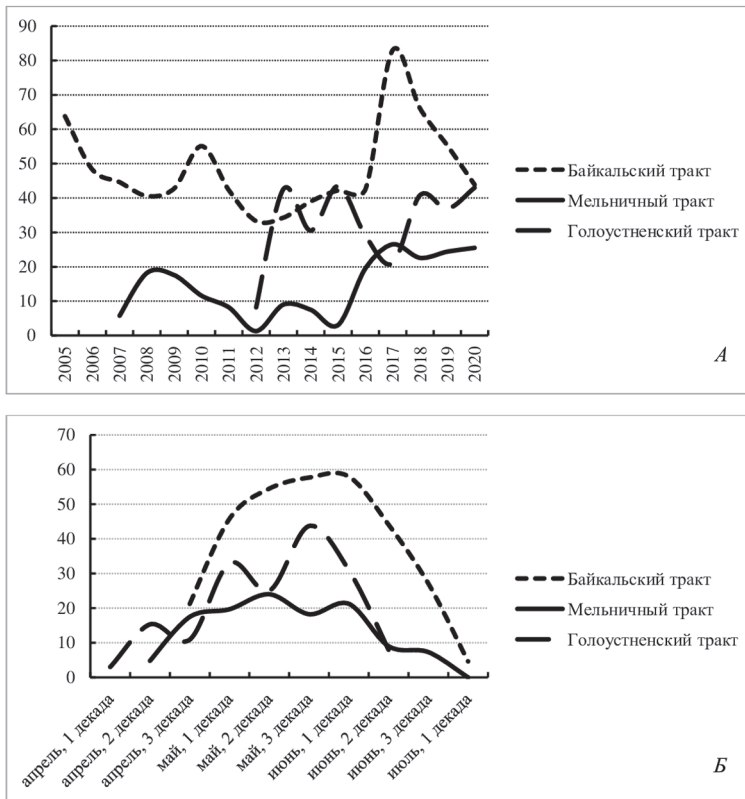




**Рисунок 2.** Вариационные ряды показателей обилия (на ф-ч) имаго *I. persulcatus* на обследуемых участках. По осям X – классы численности клещей: I – клещи отсутствуют, II – 1–2, III – 3–7, IV – 8–19, V – 20–59, VI – 60–99, VII – 100 и более. По осям Y – доля учетов (%) с данной численностью.

**Figure 2.** Variational series of the *I. persulcatus* imago abundance rates (specimen for 1 flag hour) on the patches under examination: X-axis – the ticks' abundance classes: I – lack of ticks, II – 1–2, III – 3–7, IV – 8–19, V – 20–59, VI – 60–99, VII – 100 and more. Y-axis – percentage of the censuses with that abundance.





**Рисунок 3.** Многолетняя (А) и сезонная (Б) динамика численности таёжного клеща на территориях, прилегающих к Байкальскому, Голоустненскому и Мельничному трактам. По осям Y – численность (экз. на ф-ч), по оси X на рис. 3А – годы наблюдений, на рис. 3Б – декады сезонной активности клещей.

**Figure 3.** Multi-year (A) and seasonal (B) trends of the taiga tick abundance on the territories around the Baikalsky, Goloustnensky and Melnichny Highways. Y-axis – abundance rates (specimen for 1 flag hour), X-axis – Fig. 3A – years of the monitoring, Fig. 3B – decades of ticks seasonal activity.

Результаты обнаружения маркеров ВКЭ и ИКБ в исследованных клещах представлены в табл. 4. Поскольку на некоторых маршрутах, расположенных вдоль Качугского тракта, в зонах симпатрии обилие клещей *H. concinna* сопоставимо с таковым *I. persulcatus* (табл. 1) и есть вероятность наличия дополнительного переносчика, поиск патогенов проводили в обоих видах клещей. Средняя спонтанная зараженность иксодид ВКЭ на обследуемой территории составила 1.3% по результатам ИФА и 2.5% по результатам ПЦР, но эта разница существенна только по выборке в целом ( $t = 3.8$ ,  $df = 28785$ ,  $P < 0.001$ ), Байкальскому тракту ( $t = 2.3$ ,  $df = 15849$ ,  $P < 0.05$ ) и Слюдянскому району ( $t = 2.8$ ,  $df = 3228$ ,  $P < 0.01$ ). Маркеры боррелий в среднем встречались у 40.1% исследованных клещей, более чем в 30 раз превышая показатель обнаружения АГ ВКЭ. Следует отметить, что 48.5% клещей с маркерами ВКЭ содержали одновременно маркеры боррелий.

**Таблица 4.** Результаты исследования клещей на маркеры вируса клещевого энцефалита и боррелий  
**Table 4.** The results of ticks examination for tick-borne encephalitis virus and *Borrelia burgdorferi* s. l. markers

Участок	Вид клещей	ИФА (на АГ ВКЭ)		ОТ-ПЦР (на РНК ВКЭ)		ПЦР (на ДНК боррелий)	
		Исследовано / из них положительных	$\bar{X} \pm m, \%$	Исследовано / из них положительных	$\bar{X} \pm m, \%$	Исследовано / из них положительных	$\bar{X} \pm m, \%$
Байкальский тракт	<i>I. persulcatus</i>	14847/234	$1.6 \pm 0.10$	1004/28	$2.8 \pm 0.52$	1071/485	$45.3 \pm 1.52$
Большие Коты	<i>I. persulcatus</i>	214/0	$0 \pm 0.46$	62/3	$4.8 \pm 2.73$	62/36	$58.1 \pm 6.27$
Голоустненский тракт	<i>I. persulcatus</i>	3083/50	$1.6 \pm 0.23$	522/12	$2.3 \pm 0.66$	393/182	$46.3 \pm 2.52$
Качугский тракт	<i>I. persulcatus</i>	853/18	$2.1 \pm 0.49$	151/5	$3.3 \pm 1.46$	151/85	$56.3 \pm 4.04$
	<i>H. concinna</i>	437/3	$0.7 \pm 0.39$	205/2	$1.0 \pm 0.69$	205/36	$17.6 \pm 2.66$
Култукский тракт	<i>I. persulcatus</i>	1331/3	$0.2 \pm 0.13$	280/3	$1.1 \pm 0.62$	277/81	$29.2 \pm 2.73$
Мельничный тракт	<i>I. persulcatus</i>	2244/15	$0.8 \pm 0.16$	324/5	$1.5 \pm 0.69$	324/110	$34.0 \pm 2.63$
Слюдянский район	<i>I. persulcatus</i>	2933/23	$0.8 \pm 0.16$	297/12	$4.0 \pm 1.14$	299/101	$33.8 \pm 2.74$
В целом по территории		25942/346	$1.3 \pm 0.07$	2845/70	$2.5 \pm 0.29$	2782/1116	$40.1 \pm 0.93$

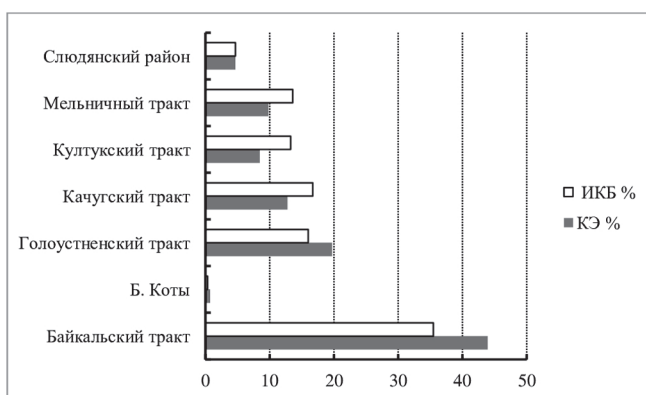
Имелись значимые различия в обнаружении патогенов в *I. persulcatus* с отдельных участков в сравнении со средним показателем по территории: АГ ВКЭ реже обнаруживали в суспензиях клещей из Б. Котов ( $t = 2.9$ ,  $df = 25717$ ,  $P < 0.01$ ), с Култукского ( $t = 3.6$ ,  $df = 27745$ ,  $P < 0.001$ ), Мельничного ( $t = 7.5$ ,  $df = 26834$ ,  $P < 0.001$ ) трактов и из Слюдянского района ( $t = 3.1$ ,  $df = 28435$ ,  $P < 0.01$ ). На Мельничном тракте реже, чем в среднем по обследованной территории, встречались также клещи с РНК ВКЭ ( $t = 2.2$ ,  $df = 2918$ ,  $P < 0.05$ ) и маркерами боррелий ( $t = 4.4$ ,  $df = 2852$ ,  $P < 0.001$ ). Значительно реже среднего показателя по Прибайкалью боррелии встречались в клещах с участков вдоль Култукского тракта и из Слюдянского района ( $t = 2.8$ ,  $df = 2899$ ,  $P < 0.01$  и  $t = 2.8$ ,  $df = 2874$ ,  $P < 0.01$  соответственно), а чаще – в переносчиках из Б. Котов и с Качугского тракта ( $t = 2.5$ ,  $df = 2637$ ,  $P < 0.05$  и  $t = 3.5$ ,  $df = 2726$ ,  $P < 0.001$  соответственно). Касательно видовых различий клещей по содержанию маркеров искомым патогенов, АГ ВКЭ и ДНК боррелий обнаруживали в суспензиях *I. persulcatus* гораздо чаще по сравнению с *H. concinna* ( $t = 2.3$ ,  $df = 640$ ,  $P < 0.05$  в случае АГ ВКЭ и  $t = 8.0$ ,  $df = 408$ ,  $P < 0.001$  в случае боррелий).

Из суспензий, показавших положительный результат на наличие АГ и/или РНК ВКЭ, изолировано на биологической модели (беспородные белые мыши) 69 штаммов ВКЭ. Успешность изоляции варьировала как по годам, так и по территории, и в среднем составила  $19.6 \pm 0.50\%$  от числа суспензий с положительными маркерами ВКЭ. Доля изолятов с Байкальского тракта и из Слюдянского района была наиболее высокой ( $24.5 \pm 2.82$  и  $20.7 \pm 7.52\%$ ), из клещей с Мельничного тракта за все годы исследований не удалось выделить ни одного штамма.

Доля жителей Иркутска, заразившихся КЭ и ИКБ на каждом из участков, от совокупного числа пациентов, пострадавших от присасывания клещей на обследуемой территории, показана на рис. 4. Обращает на себя внимание неравномерность распространённости случаев заболеваний: 44% заражения КЭ и 35% ИКБ приходится на местности, прилегающие к Байкальскому тракту. Меньше всего случаев заражений иркутян имело место в труднодоступных Б. Котах и достаточно отдалённом от областного центра Слюдянском районе. На участках, по которым имелись продолжительные периоды наблюдений, имелась тенденция к отрицательной связи многолетней динамики инцидентности обеих нозоформ и численности клещей. По Байкальскому тракту коэффициент ранговой корреляции Спирмена составил – 0.186 для КЭ и – 0.172 для ИКБ ( $n = 15$  в обоих случаях), по Мельничному –  $r_s = -0.541$  для КЭ и – 0.554 для ИКБ ( $n = 13$  в обоих случаях). Что касается сезонной динамики, пики нападения клещей, приведшие к инфицированию КЭ и ИКБ, по территории неодинаковы и, по большей части, не совпадают с пиком активности клещей на участках, по которым имеются наблюдения (рис. 5). При этом пик заражения обеими нозоформами имеет очевидный сдвиг вправо, как минимум, на одну декаду и приходится на спад численности клещей.

Для установления связи между исследуемыми параметрами мы провели анализ с помощью ранговой корреляции Спирмена (табл. 5). В отношении КЭ относительная численность переносчиков коррелировала с вирусофорностью клещей по результатам ИФА (обнаружение АГ ВКЭ), но не по результатам ПЦР (выявление РНК ВКЭ).

Число изолятов ВКЭ было выше при высокой численности клещей, но не зависело от доли инфицированных клещей. Отсутствовала связь между долей переносчиков с АГ и РНК ВКЭ. Число случаев КЭ на обследуемой территории коррелировало с вирусофорностью по результатам ИФА и с успешностью изоляции на теплокровных животных, но не имело связи с вирусофорностью по результатам ПЦР. Что касается боррелий, то выявление их маркеров было выше в случае высокой численности переносчиков, но число заболеваний на обследуемой территории не зависело ни от численности клещей, ни от их боррелиефорности.



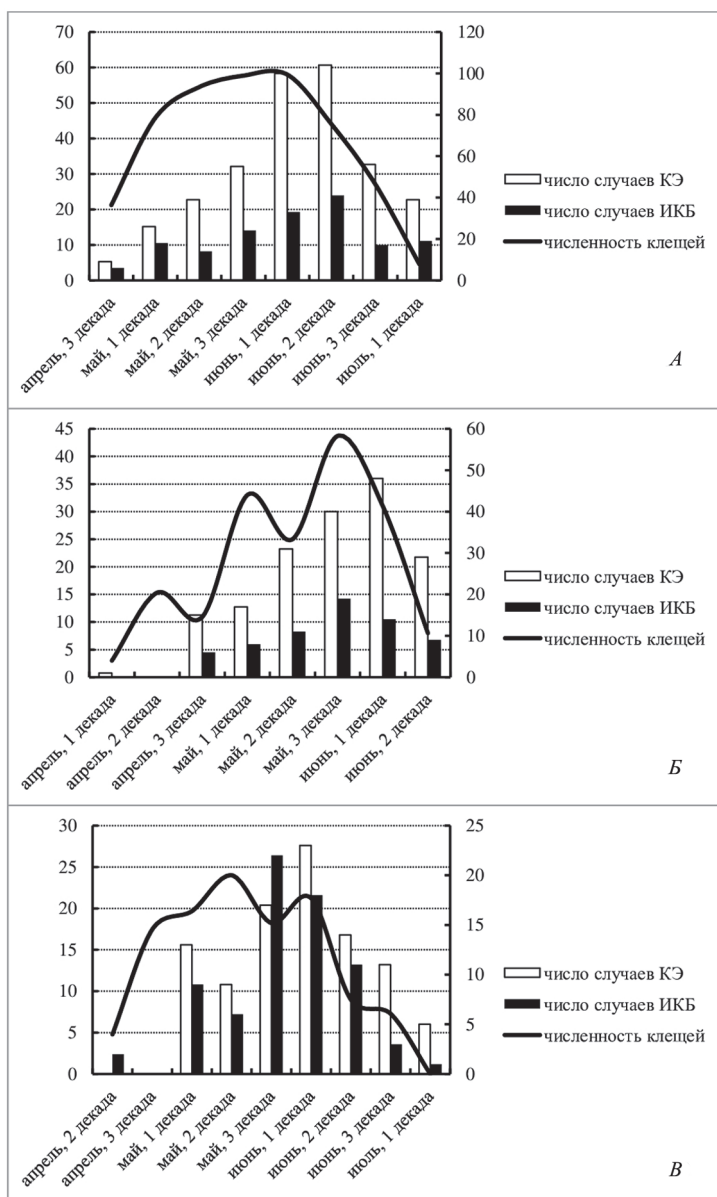
**Рисунок 4.** Доля больных клещевым энцефалитом и иксодовыми клещевыми боррелиозами людей, заразившихся на обследуемых участках южного Прибайкалья.

**Figure 4.** Proportion of patients, infected with tick-borne encephalitis and tick-borne borreliosis on the territories under examination.

**Таблица 5.** Установление связи между признаками по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена

**Table 5.** Establishing a connection between features by Spearman's rank correlation coefficient

Сравниваемые признаки	$r_s$	$n$	Уровень значимости $P$
Численность клещей / доля клещей с АГ ВКЭ	0.312	67	< 0.05
Численность клещей / доля клещей с РНК ВКЭ	0.144	44	> 0.05
Численность клещей / число случаев КЭ	0.105	57	> 0.05
Численность клещей / число изолятов на мышах	0.534	68	< 0.001
Доля клещей с АГ ВКЭ / доля клещей с РНК ВКЭ	0.026	44	> 0.05
Доля клещей с АГ ВКЭ / число изолятов на мышах	-0.055	39	> 0.05
Доля клещей с АГ ВКЭ / число случаев КЭ	0.506	53	< 0.001
Доля клещей с РНК ВКЭ / число случаев КЭ	0.259	37	> 0.05
Число случаев КЭ / число изолятов на мышах	0.531	57	< 0.001
Численность клещей / доля клещей с ДНК боррелий	0.345	44	< 0.05
Численность клещей / число случаев ИКБ	0.090	39	> 0.05
Доля клещей с ДНК боррелий / число случаев ИКБ	-0.137	38	> 0.05



**Рисунок 5.** Сезонная динамика инцидентности заболеваний клещевым энцефалитом и иксодовыми клещевыми боррелиозами и численности *I. persulcatus* на территориях, прилегающих к Байкальскому (А), Голоустненскому (Б) и Мельничному (В) трактам. По осям Y слева – численность клещей (экз. на ф-ч), справа – число случаев заболеваний; по оси X – декады сезонной активности клещей.

**Figure 5.** Seasonal incidence of tick-borne encephalitis and tick-borne borreliosis cases, and *I. persulcatus* abundance on the territories around the Baikalsky (A), Goloustnensky (B) and Melnichny (C) Highways. The main Y-axis– abundance rates (specimen for 1 flag hour); subsidiary Y-axis – number of cases. X-axis – decades of ticks seasonal activity.

Замечено, что ландшафтное разнообразие даже на небольших по площади участках территории может значительно влиять на обилие клещей (Václavík et al., 2020). Daniel с соавт. (2006) на территории Богемии (западная часть Чешской Республики) выделили девять типов растительности, соотнеся их с различными уровнями встречаемости европейского клеща *I. ricinus*, разными уровнями контакта с ними людей и риска нападения. Авторы не смогли связать обилие клещей с каким-то определенным классом лесов и заключили, что ни один из них не может считаться эксклюзивно «симптоматичным» в отношении риска заболевания КЭ. Впрочем, отметили, что ельники практически исключают наличие очага КЭ. Ястребов (2013) утверждает, что высокий риск заражения характерен для природных очагов, приуроченных к смешанным лесам разных типов: осиново-пихтовым, сосново-осиново-берёзовым, хвойно-широколиственным и другим с богатым подлеском и травостоем. На обследуемой нами территории имеются как разные типы смешанных лесов, так и локации, занятые почти исключительно берёзой, сосной или елью. Клещи, содержащие маркеры ВКЭ и боррелий, встречались на участках со всеми типами растительности, однако численность переносчиков была заметно ниже на тех из них, где имеются остепнённые биотопы (прибрежная полоса Байкала в окрестностях пос. Б. Коты, зоны вдоль Качугского тракта).

Поскольку трансмиссия «клещевых» патогенов зависит от вектора, для получения информации об их динамике и распространении важно понимание популяционной структуры переносчика (Carpi et al., 2016). Václavík с соавт. (2020) обнаружили, что все патогены, по которым они проводили поиск, чаще встречались в местах с более высокой плотностью клещей. При изучении природных очагов клещевого боррелиоза в Прибайкалье (Сунцова, 2004) не выявлено корреляционной связи между показателями многолетней численности клещей в природе и их заражённостью боррелиями, однако в сезонной динамике максимум заражённости клещей совпадал с пиком численности переносчиков в природе. В нашем исследовании доля переносчиков, содержащих маркеры ВКЭ и боррелий, в целом коррелировала с их численностью. Однако риск заболевания клещевой инфекцией обычно связан не просто с численностью переносчика, а с её динамикой, в том числе сезонной (Randolph, 2000). На участках с продолжительным периодом непрерывных наблюдений (Байкальский, Голоустненский и Мельничный тракты) колебания численности происходили с различной частотой: от 2–3 до 4–5 лет. Вероятно, это можно объяснить влиянием микроклиматических факторов и увеличением в этой связи продолжительности жизни одной генерации клещей (Коротков, 1998; Osipova et al., 2017). В целом по территории число случаев КЭ коррелировало с обилием переносчика, чего нельзя сказать о числе случаев ИКБ. Что касается соответствия сезонной динамики численности клещей и динамики присасывания к людям инфицированных переносчиков, в нашем исследовании пик заражения людей происходил как минимум на декаду позже пиковой активности клещей на конкретном участке. Алексеев (2007) объяснял такой сдвиг вероятным возрастанием к концу сезона числа особей с высокими титрами вируса.

Спонтанная заражённость иксодовых клещей патогенами вирусной и бактериальной природы неодинакова в разных частях их ареала (Коренберг и др., 2013), в том числе, как показали более ранние наши исследования (Melnikova et al., 2019), в различных районах Прибайкалья. В настоящей работе подтверждены значимые расхождения в зараженности клещей как ВКЭ, так и боррелиями по обследованным направлениям. Опираясь на эти результаты, можно говорить о риске заражения данными патогенами в той или иной местности. Кроме того, в зонах симпатрии патогены могут обнаруживаться не только у основного переносчика, но и у других видов клещей (Katargina et al., 2013). На некоторых лесных участках территории, прилегающей к Качугскому тракту, ареалы *I. persulcatus* и *H. concinna* перекрываются, а показатели численности этих видов сопоставимы. Результаты нашего анализа показывают, что при прочих равных условиях (благоприятная среда обитания, схожие кормовая база и показатели численности популяций двух видов клещей) таёжный клещ, несомненно, является основным переносчиком искомых патогенов, поскольку соответствующие маркеры в его суспензиях обнаруживали значительно чаще.

Наиболее достоверным подтверждением устойчивой циркуляции патогена на территории является получение изолята в биопробе с последующей его идентификацией (Ястребов, 2013). Гипотетически, риск заражения человека КЭ на конкретной территории находится в прямой зависимости от количества изолятов вируса, которые удастся получить на теплокровных животных. В доступной литературе мы не нашли исследований, посвященных этому вопросу. В нашей работе показан высокий уровень корреляции между числом заболеваний КЭ и числом изолятов в целом по южному Прибайкалью, хотя на отдельных участках (Слюдянский район) доля патогенных для НБМ суспензий довольно высока, а доля заразившихся КЭ минимальна. Вероятно, в данном случае вступают в действие другие факторы. Уровень заражаемости природноочаговыми инфекциями – это результат взаимодействия двух величин: лоймопотенциала очага и интенсивности контакта людей с природными очагами (Коренберг и др., 2013). Одна из особенностей современной эпидемиологии КЭ состоит в том, что большинство встреч с клещами происходит не в лесу и не на местности, граничащей с лесом, а в рекреационных зонах (Zeman, Benes, 2013), и количество случаев заражения напрямую зависит от плотности населения (коэффициент корреляции 0.97) (Дружинина и др., 2002). Ключевым фактором, контролирующим контакт с переносчиком и инфицирование, является поведение человека (Estrada-Peña, de la Fuente, 2014; Lambin et al., 2010). Как результат комплексного влияния всех исследованных в настоящей работе факторов (высокие показатели численности, вирусофорности и боррелиефорности переносчика, большое количество изолятов ВКЭ на лабораторных животных), наибольший риск заражения КЭ и ИКБ на обследованной территории связан с посещением Байкальского тракта. Немаловажную роль играет также значительная плотность жилых поселений и рекреационных зон, расположенных вдоль этой трассы. Именно с этого направления имеет место около 30% всех обращений по поводу присасывания клещей (Козлова, 2008), происходит не меньше трети заражений КЭ и четверти ИКБ (Мельникова, Андаев, 2017). Уменьшение воздействия любого из вышеперечисленных факторов снижает вероятность заражения на конкретной территории.



## ВЫВОДЫ

1. Сравнение распределений частот показателей обилия *I. persulcatus* по критерию  $\chi^2$  на обследуемых участках выявило высокую степень их неоднородности. Показаны значимые различия среднесезонных показателей относительной численности таежного клеща на этих участках, а также многолетней и сезонной динамики.

2. Средняя спонтанная зараженность иксодид ВКЭ на обследуемой территории составила 1.3% по результатам ИФА и 2.5% по результатам ПЦР, маркеры боррелий выявлены у 40.1% исследованных клещей. При этом имелись значимые различия в обнаружении патогенов в *I. persulcatus* с отдельных участков в сравнении со средним показателем по территории. В суспензиях *I. persulcatus* АГ ВКЭ и ДНК боррелий обнаруживали гораздо чаще, чем в суспензиях *H. concinna*.

3. Выявлены существенные различия между обследованными участками южного Прибайкалья по патогенности переносчиков, содержащих маркеры ВКЭ, для лабораторных животных.

4. Корреляционный анализ показал наличие прямой связи между численностью переносчиков и обнаружением АГ ВКЭ, но не РНК ВКЭ. Число изолятов ВКЭ было выше при высокой численности клещей, но не зависело от доли инфицированных клещей. Отсутствовала связь между долей переносчиков с АГ и РНК ВКЭ. Число случаев КЭ на обследуемой территории коррелировало с вирусофорностью по результатам ИФА и с успешностью изоляции на теплокровных животных, но не имело связи с вирусофорностью по результатам ПЦР. Что касается боррелий, то выявление их маркеров было выше в случае высокой численности переносчиков, но число заболеваний на обследуемой территории не зависело ни от численности клещей, ни от их боррелиефорности.

5. На основании совокупности исследованных параметров определен участок наибольшего риска заражения КЭ и ИКБ.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность бывшим и настоящим сотрудникам ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора Р.А. Бондарюк, А.Н. Бондарюку, М.А. Борзенко, Т.И. Борисовой, С.А. Борисову, Д.Б. Вержуцкому, П.Е. Вершинину, М.О. Гориной, И.М. Морозову, А.Я. Никитину, Н.Н. Пивень, А.В. Севостьяновой, Е.А. Сидоровой, А.В. Холину и др., в разные годы принимавшим участие в сборе клещей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.Н. 2007. Современное состояние знаний о переносчиках клещевого энцефалита. Вопросы вирусологии 5: 21–26. [Alekseev A.N. 2007. Modern knowledge about tick-borne encephalitis vectors. Problems of virology 5: 21–26. (In Russian)].
- Вершинин Е.А., Мельникова О.В., Морозов И.М. 2014. Клещи рода *Haemaphysalis* в южной части Прибайкалья. Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология» 8: 92–95. [Vershinin E.A., Mel'nikova O.V., Morozov I.M. 2014. *Haemaphysalis* ticks in the southern part of Pribaikalie. The Bulletin of Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology" 8: 92–95. (In Russian)]
- Вирусология. Методы. 1988. Пер. с англ. Под ред. Б. Мейхи. М., Мир, 344 с. (Virology. A practical approach. 1985. Ed. by B.W.J. Mahy. Oxford, Washington DC, IRL Press).

- Данчинова Г.А., Хаснатинов М.А., Сунцова О.В. и др. 2004. Переносчики возбудителей трансмиссивных клещевых инфекций на юге Восточной Сибири и севере Монголии. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН 1(3): 107–112. [Danchinova G.A., Khasnatinov M.A., Suntsova O.V. et al. 2004. Vectors of transmissible tick-borne infections in the South of East Siberia and North of Mongolia. The Bulletin of East Siberia branch of Russian Academy of Sciences 1(3): 107–112. (In Russian)]
- Дружинина Т.А., Ющенко Г.В., Мелюк С.А. и др. 2002. Клещевой боррелиоз в Ярославской области. Медицинская паразитология и паразитарные болезни 2: 9–12. [Druzhinina T.A., Yushchenko G.V., Melyuk S.A. et al. 2002. Tick-borne borreliosis in Yaroslavl region. Medical parasitology and parasitic diseases 2: 9–12. (In Russian)]
- Закс Л. 1976. Статистическое оценивание. М., Статистика, 598 с. [Zaks L. 1976. The statistical estimation. Moscow, 598 pp. (In Russian)]
- Козлова И.В. 2008. Научное обоснование и пути совершенствования экстренной диагностики и профилактики трансмиссивных клещевых инфекций в условиях сочетанности природных очагов. Дис. ... докт. мед. наук. Иркутск, 307 с. [Kozlova I.V. 2008. Nauchnoe obosnovanie i puti sovershenstvovaniya ekstretnoj diagnostiki i profilaktiki transmissivnykh kleshchevykh infekcij v usloviyah sochetannosti prirodnykh ochagov. Thesis for Dr of Science Degree. Irkutsk, 307 pp. (In Russian)]
- Коренберг Э.И. 1976. Популяция и группа популяций у *Ixodes persulcatus* P. Sch. Медицинская паразитология и паразитарные болезни 45 (3): 297–303. [Korenberg E.I. 1976. *Ixodes persulcatus* P. Sch. population and group of populations. Medical parasitology and parasitic diseases 45 (3): 297–303. (In Russian)]
- Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. 2013. Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М., 463 с. [Korenberg E.I., Pomelova V.G., Osin N.S. 2013. Infections with Natural Focality transmitted by Ixodid ticks. Moscow, 463 p. (In Russian)]
- Коротков Ю.С. 1998. Циклические процессы в динамике численности таёжного клеща и их связь с погодными и климатическими условиями. Паразитология 32 (1): 21–31. [Korotkov Yu.S. 1998. Ciklicheskie processy v dinamike chislennosti tayozhnogo kleshcha i ih svyaz' s pogodnymi i klimaticheskimi usloviyami. Parasitology 32 (1): 21–31. (In Russian)]
- Ландшафты юга Восточной Сибири (карта масштаба 1:1 500 000). 1977. Ред. Михеев В.С., Ряшин В.А. М., ГУГК. [South of East Siberia landscape (map on a scale of 1:1,500000). 1977. Ed.: Mihev V.S., Ryashin V.A. Moscow, GUGK. (In Russian)]
- Мельникова О.В., Андаев Е.И. 2017. Эколого-эпидемиологические особенности клещевого энцефалита и иксодовых клещевых боррелиозов в г. Иркутске. Эпидемиология и вакцинопрофилактика 6 (97): 20–26. [Mel'nikova O.V., Andaev E.I. 2017. Ecological and Epidemiological Peculiarities of the Tick-Borne Encephalitis and Ixodid Tick-Borne Borreliosis in Irkutsk. Epidemiology and Vaccine Prevention 6 (97): 20–26. (In Russian)]
- Сунцова О.В. 2004. Эколого-паразитологическая характеристика природных очагов клещевого боррелиоза в Прибайкалье. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 10 с. [Suntsova O.V. 2004. Ekologo-parazitologicheskaya harakteristika prirodnykh ochagov kleshchevogo borrelioza v Pribajkal'e. Thesis for PhD Degree. Irkutsk, 10 pp. (In Russian)]
- Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): морфология, систематика, экология, медицинское значение. 1985. Л., Наука, 416 с. [Taiga tick *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): Morphology, Systematics, Ecology, Medical importance. 1985. Leningrad, 416 pp. (In Russian)]
- Филиппова Н.А. 1977. Иксодовые клещи подсем. Ixodinae (Фауна СССР. Паукообразные; IV (4)). Л., Наука, 396 с. [Filippova N.A. 1977. Ixodid ticks of subfamily Ixodinae (Fauna of USSR. Arachnoidea IV (4)). Leningrad "Nauka", 396 pp. (In Russian)]
- Филиппова Н.А. 1997. Иксодовые клещи подсем. Ambliominae. (Фауна России и сопредельных стран. Паукообразные; IV (5)). СПб., Наука, 436 с. [Filippova N.A. 1997. Ixodid ticks of subfamily Ambliominae. (Fauna of Russia and neighboring countries. Arachnoidea IV (5)). St. Petersburg, Nauka Publishing house, 436 pp. (In Russian)]
- Якименко В.В., Малькова М.Г., Тюлько Ж.С. и др. 2019. Трансмиссивные вирусные инфекции Западной Сибири (региональные аспекты эпидемиологии, экологии возбудителей и вопросы микроэволюции). Омск: Издательский центр КАН, 312 с. [Yakimenko V.V., Mal'kova M.G., Tyul'ko Zh.S. et al. 2019. Transmissivnye virusnye infekcii Zapadnoj Sibiri (regional'nye aspekty epidemiologii, ekologii vobzuditelej i voprosy mikroevolucii). Omsk, 312 pp. (In Russian)]
- Ястребов В.К. 2013. Эпидемиологическая оценка очагов клещевого энцефалита для обоснования рациональных мер профилактики. Диагностика и профилактика инфекционных болезней: Материалы научно-практической конференции. Новосибирск: Издательство «АРЕАЛ»: 30–31. [Yastrebov V.K.

2013. Epidemiologicheskaya ocenka ochagov kleshchevogo encefalita dlya obosnovaniya racional'nyh mer profilaktiki. Diagnostika i profilaktika infekcionnyh boleznej: Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Novosibirsk: 30–31. (In Russian)]
- Carpi G., Kitchen A., Kim H.L. et al. 2016. Mitogenomes reveal diversity of the European Lyme borreliosis vector *Ixodes ricinus* in Italy. *Mol. Phylogenet. Evol.* 101:194–202. doi: 10.1016/j.ympev.2016.05.009
- Daniel M., Zitek K., Danielova V. et al. 2006. Risk assessment and prediction of *Ixodes ricinus* tick questing activity and human tick-borne encephalitis infection in space and time in the Czech Republic. *International Journal of Medical Microbiology* 296 (1): 41–47.
- Estrada-Peña A., de la Fuente J. 2014. The ecology of ticks and epidemiology of tick-borne viral diseases. *Antiviral Res.* 108C: 104–128. doi: 10.1016/j.antiviral.2014.05.016
- Katargina O., Russakova S., Geller J. et al. 2013. Detection and characterization of tick-borne encephalitis virus in Baltic countries and eastern Poland. *PLoS One* 8 (5): e61374. doi: 10.1371/journal.pone.0061374
- Lambin E.F., Tran A., Vanwambeke S.O. et al. 2010. Pathogenic landscapes: interactions between land, people, disease vectors and their animal hosts. *Int. J. Health. Geogr.* 9 (54). <http://www.ij-healthgeographics.com/content/9/1/54>
- Melnikova O.V., Adelshin R.V., Trushina Yu.N. et al. 2019. Identification of the Spectrum of Pathogens in Ixodid Ticks from Natural Co-Infection Foci of the Baikal Region. *Entomological Review* 99 (2): 262–273. DOI: 10.1134/S001387381902012X
- Osipova T.N., Grigoryeva L.A., Samoylova E.P. et al. 2017. The influence of Meteorological Factors on the Activity of Adult Taiga Ticks (*Ixodes persulcatus* Sch., Ixodinae) in St. Petersburg and Its Environs. *Entomological Review* 97 (4): 554–563. DOI: 10.1134/S0013873817040169
- Randolph S.E. 2000. Ticks and tick-borne disease systems in space and from space. *Adv Parasitol.* 47: 217–243.
- Václavík T., Balážová A., Baláž V. et al. 2020. Landscape epidemiology of neglected tick-borne pathogens in central Europe. *Transbound Emerg Dis.* doi: 10.1111/tbed.13845. Online ahead of print.
- Zeman P., Benes C. 2013. Spatial distribution of a population at risk: an important factor for understanding the recent rise in tick-borne diseases (Lyme borreliosis and tick-borne encephalitis in the Czech Republic). *Ticks Tick Borne Dis.* 4 (6): 522–30. doi: 10.1016/j.ttbdis.2013.07.003

THE ACTIVITY OF ADULT TAIGA TICKS  
(*Ixodes persulcatus* SCHULZE, 1930)  
HEMIPOPULATIONS IN COMBINED TICK-BORNE ENCEPHALITIS  
AND TICK-BORNE BORRELIOSIS NATURAL FOCI  
OF SOUTHERN BAIKAL REGION

O. V. Mel'nikova, E. A. Vershinin, V. M. Korzun, Yu. A. Verzhutskaya,  
N. V. Yakovchits, R. V. Adel'shin, Yu. N. Trushina, K. V. Lopatovskaya, E. I. Andaev

**Keywords:** taiga tick *Ixodes persulcatus*, abundance, tick-borne encephalitis virus (TBEV), *Borrelia*, virus prevalence, *Borrelia* prevalence, TBEV isolates, Baikal Region

SUMMARY

The results of long-term (2005–2020) monitoring of combined tick-borne encephalitis (TBE) and tick-borne borreliosis (TBB) natural foci in several sites of southern part of Baikal region are presented. The studied territory showed high degree of heterogeneity of adult *Ixodes persulcatus* population density and their infection with TBEV and borreliosis. Significant difference between the studied sites regarding pathogenicity of vectors with positive TBEV – ELISA results for laboratory mice has been revealed. Positive correlation between vector abundance and TBEV antigen prevalence and the number of murine viral isolates has been shown. The incidence of TBE on the studied territory also correlated with ELISA results and success of isolation on worm-blooded animals. The number of *Borrelia* PCR positive results was higher if the ticks abundance was high, but TBB incidence correlated neither with ticks abundance, nor with their *Borrelia* infection rates.