



## ИНФИЦИРОВАННОСТЬ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ И ДИКИХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ВОЗБУДИТЕЛЯМИ «КЛЕЩЕВЫХ» ИНФЕКЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КУРОРТНОГО РАЙОНА ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Д.И. Гречишкина, И.А. Кармоков, Р.Р. Баимова, Е.Г. Рябико, Э.С. Халилов, И.С. Лызенко, А.А. Шарова, Г.А. Лунина, О.А. Фрейлихман, Н.К. Токаревич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, Санкт-Петербург, Россия

### Infection of ixodes ticks and wild small mammals with pathogens of natural focal infections in the territory of the Kurortny district of St. Petersburg

D.I. Grechishkina, I.A. Karmokov, R.R. Baimova, E.G. Riabiko, E.S. Khalilov, I.S. Lyzenko, A.A. Sharova, G.A. Lunina, O.A. Freylikhman, N.K. Tokarevich

Saint-Petersburg Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after Pasteur, Saint-Petersburg, Russia

#### Резюме

**Цель:** выявление генетических маркеров *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Anaplasma phagocytophilum*, *Ehrlichia chaffeensis*/*E. muris*, *Coxiella burnetii* и вируса клещевого энцефалита в иксодовых клещах и органах диких мелких млекопитающих, собранных и отловленных в 2020–2023 гг. на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга.

**Материалы и методы:** образцы иксодовых клещей и органов диких мелких млекопитающих методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени были исследованы на наличие генетического материала возбудителей «клещевых» инфекций. Сбор иксодовых клещей и отлов диких мелких млекопитающих осуществлялись на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга в период 2020–2023 гг. Исследование проводилось с использованием коммерческих тест-систем.

**Результаты:** общие уровни зараженности иксодовых клещей и диких мелких млекопитающих в отношении *B. burgdorferi* s.l. составили 23,7% и 5,2% соответственно; *Rickettsia* spp. SFG – 11,5% и 0,9%; *E. chaffeensis*/*E. muris* – 4,0% и 0,0%; *A. phagocytophilum* – 1,6% и 0,6%; *C. burnetii* – 3,3% и 5,2%; вируса клещевого энцефалита – 0,2% и 0,0%. Общая зараженность клещей 2 и более патогенами составила 6,6%, наиболее распространенными комбинациями микст-инфекций были: *B. burgdorferi* s.l. + *Rickettsia* spp. SFG, *B. burgdorferi* s.l. + *C. burnetii* и *B. burgdorferi* s.l. + *E. chaffeensis*/*E. muris*.

**Заключение:** полученные результаты свидетельствуют о существовании активных природных очагов инфекций, передающихся клещами, на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга и обосновывают целесообразность проведения постоянного энтомолого-зоологического мониторинга и усовершенствование мер профилактики в отношении «клещевых» инфекций.

**Ключевые слова:** иксодовые клещи, дикие мелкие млекопитающие, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Ehrlichia* spp., *Coxiella burnetii*, *Anaplasma phagocytophilum*, вирус клещевого энцефалита.

#### Abstract

The purpose of this study was to identify the genetic markers of *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Anaplasma phagocytophilum*, *Ehrlichia chaffeensis*/*E. muris*, *Coxiella burnetii*, and tick-borne encephalitis virus (TBE) in ixodes ticks and organs of wild small mammals collected and captured in 2020–2023 in the Kurortny district of St. Petersburg.

**Materials and methods.** Samples of ixodes ticks and organs of wild small mammals were examined by real-time PCR for the presence of genetic material of the causative agents of tick-borne infections. Ixodes ticks were collected and wild small mammals were captured in the Kurortny district of St. Petersburg in the period 2020–2023. The study was conducted using commercial test systems.

**Results.** The overall infection rates of ixodes ticks and wild small mammals in relation to *B. burgdorferi* s.l. were 23.7% and 5.2%, respectively; *Rickettsia* spp. SFG – 11.5% and 0.9%; *E. chaffeensis*/*E. muris* – 4.0% and 0.0%; *A. phagocytophilum* – 1.6% and 0.6%; *C. burnetii* – 3.3% and 5.2%; tick-borne encephalitis virus – 0.2% and 0.0%. The total infection rate of ticks with two or more pathogens was 6.6%, the most common combinations of mixed infections were: *B. burgdorferi* s.l. + *Rickettsia* spp. SFG, *B. burgdorferi* s.l. + *C. burnetii* and *B. burgdorferi* s.l. + *E. chaffeensis*/*E. muris*.

**Conclusion.** The results obtained indicate the existence of active natural foci of tick-borne infections in the Kurortny district of St. Petersburg and substantiate the expediency of continuous entomological and zoological monitoring and improvement of preventive measures against tick-borne infections.

**Key words:** ixodid ticks, wild small mammals, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Ehrlichia* spp., *Coxiella burnetii*, *Anaplasma phagocytophilum*, tick-borne encephalitis virus.

## Введение

Инфекции, передающиеся клещами, являются серьезной проблемой общественного здравоохранения во многих странах, в том числе в России, ввиду их широкого распространения, трудностей диагностики, ухудшения качества жизни при развитии хронических форм, отсутствия специфических методов профилактики и возможного летального исхода при тяжелом клиническом течении некоторых инфекций данной группы [1].

Нозоарел «клещевых» инфекций расширяется в связи с ростом численности клещей и расширением их географического распространения под влиянием множества абиотических, биотических и антропогенных факторов, в том числе изменений климата [2, 3].

На территории Северо-Запада Российской Федерации основными переносчиками «клещевых» инфекций являются *Ixodes persulcatus* и *I. ricinus*. Иксодовые клещи в фазе развития личинки и нимфы в основном присасываются к мелким грызунам или птицам, взрослые особи присасываются к более крупным позвоночным. Питаясь кровью млекопитающих, клещи могут заражаться патогенами на любой стадии своего развития [4]. В связи с этим было высказано предположение, что увеличение численности и расширение диапазона резервуарных хозяев среди диких животных может играть важную роль в распространении «клещевых» заболеваний [5, 6].

Дикие мелкие млекопитающие, главным образом грызуны, принимают непосредственное участие в поддержании природных очагов инфекций: они являются резервуарными хозяевами и/или источниками возбудителей некоторых природно-очаговых инфекций, а также прокормителями кровососущих членистоногих-переносчиков инфекций [7]. Мелкие млекопитающие представляют собой весьма разнообразную группу наземных позвоночных, распространенных повсеместно. Они хорошо адаптированы к различным типам среды обитания, включая урбанизированные районы, и являются связующим звеном между дикими и антропогенными экосистемами благодаря частому перемещению этих животных между жилищами людей и естественной средой [4]. Численность диких мелких млекопитающих является немаловажным фактором, влияющим на заболеваемость «клещевыми» инфекциями, и зависит от множества различных факторов, таких как хищничество, доступность пищи и др. [4,8].

Согласно данным официальной статистики, полученным из форм федерального статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», среди природно-очаговых заболеваний в Санкт-Петербурге наиболее распространены «клещевые» инфекции.

За 10 лет (2014–2023 гг.) наибольшее число зарегистрированных случаев приходится на иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ – 3309 случаев, среднемноголетний показатель заболеваемости (СМПЗ) составляет 6,16 на 100 тыс. населения (95% ДИ 4,69÷7,63)) и клещевой вирусный энцефалит (КВЭ – 468 случаев, СМПЗ – 0,88 (95% ДИ 0,69÷1,08)). За данный период регистрировались лишь единичные случаи заболеваний моноцитарным эрлихиозом человека (МЭЧ – 2 случая, СМПЗ – 0,004 (95% ДИ 0,00÷0,20)), лихорадкой Ку (2 случая, СМПЗ – 0,004 (95% ДИ 0,00÷0,20)) и гранулоцитарным анаплазмозом человека (ГАЧ – 1 случай, СМПЗ – 0,002 (95% ДИ 0,00÷0,20)). За период 2014–2023 гг. было зарегистрировано 153 850 случаев обращения за медицинской помощью по поводу присасывания клещей, среднемноголетний показатель обращаемости (СМПО) составил 285,80 на 100 тыс. населения (95% ДИ 250,28÷321,32). При этом данные о превалентности клещей и их прокормителей в отношении «клещевых» патогенов на территории г. Санкт-Петербурга ограничены [9–12].

Курортный район г. Санкт-Петербурга является эндемичной территорией по «клещевым» инфекциям, что связано с рядом факторов: большие площади лесопарковых и парковых зон, популярность данного района среди горожан для отдыха в весенне-летний период, большое количество оздоровительных и рекреационных учреждений, возрастающая частота посещений природных очагов населением. Курортный район является одним из наиболее заселенных клещами районов г. Санкт-Петербурга, и значительная доля пострадавших от присасывания клещей в черте города ежегодно приходится на этот район [9,11].

Постоянный мониторинг за инфицированностью иксодовых клещей и диких мелких млекопитающих «клещевыми» патогенами является необходимым инструментом для оценки риска заболеваемости людей и для совершенствования профилактических мероприятий в отношении этих инфекций.

**Цель исследования** – выявление генетических маркеров *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Anaplasma phagocytophilum*, *Ehrlichia chaffeensis*/ *E. muris*, *Coxiella burnetii* и вируса клещевого энцефалита (КВЭ) в иксодовых клещах и органах диких мелких млекопитающих, собранных и отловленных в 2020–2023 гг. на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга.

### Задачи исследования:

1. Изучить инфицированность иксодовых клещей, собранных на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга в 2021–2023 гг., в отношении «клещевых» инфекций.

2. Изучить инфицированность диких мелких млекопитающих, отловленных на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга в 2020 – 2023 гг., в отношении «клещевых» инфекций.

3. Сравнить полученные результаты с ранее опубликованными данными.

4. Оценить активность природных очагов на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга.

### Материалы и методы исследования

На наличие генетического материала возбудителей ИКБ, риккетсиозов группы клещевых пятнистых лихорадок (КПЛ), ГАЧ, МЭЧ, лихорадки Ку и КВЭ было исследовано в общей сложности 1226 иксодовых клеща и 325 диких мелких млекопитающих, собранных и отловленных в 2020 – 2023 гг. на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга (рис.).

Исследованные клещи принадлежали к 2 видам: *I. ricinus* – 553 (45,1%) и *I. persulcatus* – 673 (54,9%). Дикие мелкие млекопитающие принадлежали к 7 видам: рыжая полевка (*Myodes glareolus*) – 228 (70,2%), мышь желтогорлая (*Apodemus flavicollis*) – 82 (25,2%), лесная мышь (*Apodemus uralensis*) – 4 (1,2%), бурозубка обыкновенная (*Sorex araneus*) – 7 (2,2%), полевая мышь (*Apodemus agrarius*) – 2 (0,6%), кутора обыкновенная (*Neomys fodiens*) – 1 (0,3%), полевка обыкновенная (*Microtus arvalis*) – 1 (0,3%).

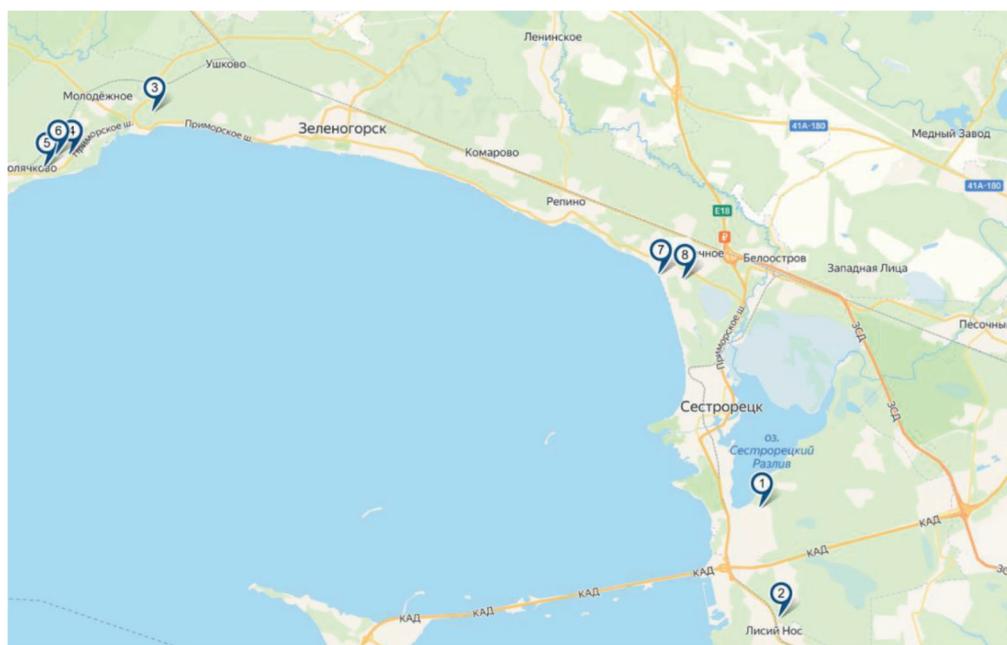
Сбор иксодовых клещей осуществлялся в соответствии с МУ 3.1.3012-12 «Сбор, учет и подготов-

ка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней».

Голодные клещи собирались в 2021 – 2023 гг. с мая по июль, что охватывает сезоны активности обоих видов иксодовых клещей. Сбор проводили в ясную погоду преимущественно на луговых и лесных участках на фланелевый флаг размером 60×100 см. В качестве единицы учета применяли длину маршрута 1 км. Собранных клещей помещали в индивидуальные пластиковые пробирки с завинчивающейся крышкой и доставляли в лабораторию. Идентификацию клещей по стадиям развития, виду и полу проводили с помощью стереомикроскопа по стандартной методике [13].

Отлов диких мелких млекопитающих осуществляли в соответствии с МУ 3.1.1029-01 «Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекций» в 2020 – 2023 гг. с помощью давилок Геро в качестве приманки использовали кусочки хлебных корок, смазанные растительным маслом. После определения видовой принадлежности тушки помещали в индивидуальные бязевые мешочки с сопроводительными этикетками и транспортировали в лабораторию. Затем зверьков вскрывали для отбора проб внутренних органов (сердца, печени, селезенки, почек, легких и головного мозга).

Все клещи и пробы органов были исследованы индивидуально. Образцы помещали в индивидуальные пробирки с 400 мкл стерильного 0,9% рас-



**Рис.** Места сбора клещей и отлова диких мелких млекопитающих: 1 – г. Сестрорецк, коттеджный поселок «Жемчужина Разлива»; 2 – п. Лисий Нос; 3 – п. Серово, СОЛ «Луч»; 4 – п. Смолячково, ДОЛ «Березка-Курорт»; 5 – п. Смолячково, ДОЛ «Ласточка»; 6 – п. Смолячково, ДОЛ «Юный строитель»; 7 – п. Солнечный, пляж «Ласковый»; 8 – п. Солнечный, ДНП «Солнечное-3»

творы NaCl. В каждую пробирку добавляли 2 стерильных стальных шарика диаметром 4,5 мм. Пробы гомогенизировали с помощью механического гомогенизатора FastPrep-24 (MP Biomedicals, США) на скорости 4 м/с в течение 1 мин. После центрифугирования гомогенатов в течение 2 мин на скорости 14 000 об/мин, 100 мкл надосадочной жидкости отбирали для выделения нуклеиновых кислот (НК). Выделение НК производилось с помощью комплекта реагентов для выделения РНК/ДНК «РИБО-преп» (ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, г. Москва) согласно инструкции производителя.

На наличие генетического материала возбудителей ИКБ, ГАЧ и МЭЧ были исследованы образцы печени, сердца, селезенки и головного мозга диких мелких млекопитающих, возбудителей лихорадки Ку – образцы легких, селезенки и головного мозга, риккетсиозов группы КПА – образцы селезенки, КВЭ – образцы головного мозга.

Исследование проводилось методом ПЦР в режиме реального времени на приборе CFX96 C1000 Touch™ (Bio-Rad, США) с использованием следующих коммерческих наборов реагентов: «АмплиСенс® TBEV, *B. burgdorferi* sl, *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis*/ *E. muris*-FL», «АмплиСенс® *Rickettsia* spp. SFG-FL» и «АмплиСенс® *Coxiella burnetii*-FL» (ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, г. Москва) согласно инструкциям производителей.

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2016. Превалентность выражена в процентах. Различия считались значимыми при  $p \leq 0,05$ .

**Результаты исследования**

Результаты исследований клещей и диких мелких млекопитающих на зараженность изучаемыми бактериальными и вирусными патогенами представлены в таблицах 1 и 2.

Общая инфицированность клещей как минимум одним патогеном составила 34,0%. Зараженность *I. persulcatus* была выше, чем *I. ricinus*, – 34,9% и 32,9% соответственно ( $p < 0,001$ ). Уровень зараженности самок клещей составил 38,1% и был выше, чем у самцов, – 30,2% ( $p = 0,002$ ).

Уровень зараженности клещей различными патогенами существенно различается. Наиболее высокие показатели превалентности выявлены для *B. burgdorferi* s.l. и *Rickettsia* spp. SFG, затем следуют *E. chaffeensis*/ *E. muris*, *C. burnetii*, *A. phagocytophilum* и ВКЭ.

Более высокая зараженность *I. persulcatus* по сравнению с *I. ricinus* отмечается для следующих патогенов: *B. burgdorferi* s.l. (30,8% и 15,2% соответственно ( $p < 0,001$ ); *C. burnetii* (4,1% и 2,1% соответ-

Таблица 1

**Результаты исследования клещей и диких мелких млекопитающих на зараженность некоторыми бактериальными и вирусными патогенами**

Вид клеща	Выявление генетических маркеров различных видов патогенов в исковых клещах, % (95% ДИ)											
	<i>B. burgdorferi</i> s.l.		<i>Rickettsia</i> spp. SFG		<i>Ehrlichia chaffeensis</i> / <i>E. Muris</i>		<i>A. phagocytophilum</i>		<i>C. burnetii</i>		ВКЭ / TBEV	
	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб		
<i>Ixodes ricinus</i>	553	15,19 (13,66–16,72)	497	20,32 (18,52–22,12)	302	1,32 (0,66–1,98)	302	2,65 (1,73–3,57)	422	2,13 (1,43–2,83)	325	0,00
<i>Ixodes persulcatus</i>	673	30,76 (28,98–32,54)	508	2,95 (2,20–3,70)	197	8,12 (6,17–10,07)	197	0,00	531	4,14 (3,28–5,00)	312	0,32 (0,00–0,64)
ИТОГО	1226	23,74 (22,52–24,96)	1005	11,54 (10,53–12,55)	499	4,01 (3,13–4,89)	499	1,60 (1,04–2,16)	953	3,25 (2,68–3,82)	637	0,16 (0,00–0,32)

Окончание таблицы 1

Вид дикого мелкого млекопитающего	Выявление генетических маркеров различных видов патогенов в Диких мелких млекопитающих, % (95% ДИ)													
	<i>B. burgdorferi</i> s.l.			<i>Rickettsia</i> spp. SFG			<i>Ehrlichia chaffeensis</i> /E. Muris			<i>A. phagocytophilum</i>			<i>C. burnetii</i>	
	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб
<i>Myodes glareolus</i>	418	25,12 (23,00 – 27,24)	282	6,38 (4,92 – 7,84)	227	1,32 (0,56 – 2,08)	228	0,00	228	0,88 (0,26 – 1,50)	228	5,26 (3,78 – 6,74)	227	0,00
<i>Apodemus flavicollis</i>	309	23,95 (21,52 – 26,38)	224	8,04 (6,22 – 9,86)	82	0,00	82	0,00	82	0,00	82	4,88 (2,50 – 7,26)	80	0,00
<i>Sorex araneus</i>	499	22,4 (20,53 – 24,27)	499	16,03 (14,39 – 17,67)	7	0,00	7	0,00	7	0,00	7	14,29 (1,06 – 27,52)	5	0,00
<i>Apodemus agrarius</i>	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00
<i>Apodemus urolensis</i>	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00
<i>Microtus arvalis</i>	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00
<i>Neomys fodiens</i>	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00
ИТОГО	325	5,23 (4,00 – 6,46)	324	0,92 (0,39 – 1,45)	325	0,00	325	0,00	325	0,62 (0,18 – 1,06)	325	5,23 (4,00 – 6,46)	320	0,00

Таблица 2

Показатели инфицированности (%) иксодовых клещей и диких мелких млекопитающих некоторыми бактериальными и вирусными патогенами за период 2020–2023 гг.

Год	Выявление генетических маркеров различных видов патогенов в иксодовых клещах, % (95% ДИ)													
	<i>B. burgdorferi</i> s.l.			<i>Rickettsia</i> spp. SFG			<i>Ehrlichia chaffeensis</i> /E. Muris			<i>A. phagocytophilum</i>			<i>C. burnetii</i>	
	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб	всего исследовано клещей	% положительных проб
2021	418	25,12 (23,00 – 27,24)	282	6,38 (4,92 – 7,84)	—	—	—	—	—	—	340	5,59 (4,34 – 6,84)	138	0,72 (0,00 – 1,44)
2022	309	23,95 (21,52 – 26,38)	224	8,04 (6,22 – 9,86)	—	—	—	—	—	—	114	2,63 (1,13 – 4,13)	—	—
2023	499	22,4 (20,53 – 24,27)	499	16,03 (14,39 – 17,67)	499	4,01 (3,13 – 4,89)	499	4,01 (3,13 – 4,89)	499	1,60 (1,04 – 2,16)	499	1,80 (1,20 – 2,40)	499	0,00
ИТОГО	1226	23,74 (22,52 – 24,96)	1005	11,54 (10,53 – 12,55)	499	4,01 (3,13 – 4,89)	499	4,01 (3,13 – 4,89)	953	1,60 (1,04 – 2,16)	953	3,25 (2,68 – 3,82)	637	0,16 (0,00 – 0,32)

Год	Выявление генетических маркеров различных видов патогенов в диких мелких млекопитающих, % (95% ДИ)											
	<i>B. burgdorferi s.l.</i>		<i>Rickettsia spp. SFG</i>		<i>Ehrlichia chaffeensis/E. Muris</i>		<i>A. phagocytophilum</i>		<i>C. burnetii</i>		ВКЭ / TBEV	
	всего исследовано особей	% положительных особей	всего исследовано особей	% положительных особей	всего исследовано особей	% положительных особей	всего исследовано особей	% положительных особей	всего исследовано особей	% положительных особей	всего исследовано особей	% положительных особей
2020	41	0,00	41	0,00	41	2,44 (0,03 – 4,85)	41	9,76 (5,13 – 14,40)	41	0,00	39	0,00
2021	89	1,12 (0,00 – 2,24)	89	0,00	89	0,00	89	4,49 (2,29 – 6,69)	89	0,00	88	0,00
2022	40	7,50 (3,34 – 11,66)	40	2,50 (0,03 – 4,97)	40	0,00	40	0,00	40	0,00	39	0,00
2023	155	8,39 (6,16 – 10,62)	155	1,29 (0,38 – 2,20)	155	0,65 (0,00 – 1,30)	155	5,81 (3,93 – 7,69)	155	0,00	154	0,00
ИТОГО	325	5,23 (4,00 – 6,46)	325	0,92 (0,39 – 1,45)	325	0,62 (0,18 – 1,06)	325	5,23 (4,00 – 6,46)	325	0,00	320	0,00

Примечание: « – » – исследование не проводилось.

ственно ( $p = 0,04$ ) и *E. chaffeensis/ E. muris* ( $p < 0,001$ ). В отношении остальных патогенов наблюдалась обратная тенденция. Зараженность *I. ricinus* была выше, чем *I. persulcatus* для *Rickettsia spp. SFG* (20,3% и 2,9% соответственно ( $p < 0,001$ ); *A. phagocytophilum* (2,6% и 0,0% соответственно ( $p = 0,002$ )).

Уровень зараженности самок клещей был выше, чем самцов для *B. burgdorferi s.l.* (26,4% и 21,3% соответственно ( $p = 0,018$ ) и *Rickettsia spp. SFG* (14,6% и 8,8% соответственно ( $p = 0,002$ )). Статистически значимых отличий в зараженности клещей различного пола другими патогенами не выявлено.

Наиболее высокие уровни зараженности иксодовых клещей *B. burgdorferi s.l.*, *C. burnetii* и ВКЭ отмечались в 2021 г., *Rickettsia spp. SFG* – в 2023 г. Самые низкие показатели инфицированности иксодовых клещей *B. burgdorferi s.l.*, *C. burnetii* были в 2023 г., *Rickettsia spp. SFG* – в 2021 г.

Общая зараженность клещей 2 и более патогенами составила 6,6%, при этом микст-инфицированность *I. ricinus* была выше, чем *I. persulcatus* – 4,8% и 3,9% соответственно ( $p < 0,001$ ). Статистически значимых отличий в микст-инфицированности самок и самцов клещей не выявлено. Всего было обнаружено 9 различных комбинаций микст-инфекции, из них наиболее распространенными были: *B. burgdorferi s.l.* + *Rickettsia spp. SFG*, *B. burgdorferi s.l.* + *C. burnetii* и *B. burgdorferi s.l.* + *E. chaffeensis/ E. muris* (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты исследования клещей на зараженность двумя и более патогенами**

Комбинации	Микст-инфицированность клещей (%)
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>Rickettsia spp. SFG</i> + <i>C. burnetii</i>	0,21
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>A. phagocytophilum</i>	0,20
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>E. chaffeensis/ E. muris</i>	1,60
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>Rickettsia spp. SFG</i>	1,99
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>C. burnetii</i>	1,05
<i>A. Phagocytophilum</i> + <i>E. chaffeensis/ E. muris</i>	0,20
<i>A. Phagocytophilum</i> + <i>Rickettsia spp. SFG</i>	0,60
<i>Rickettsia spp. SFG</i> + <i>E. chaffeensis/ E. muris</i>	0,40
<i>Rickettsia spp. SFG</i> + <i>C. burnetii</i>	0,10
Общая зараженность клещей 2 и более патогенами	6,61

Доля диких мелких млекопитающих, содержащих генетический материал как минимум 1 патогена составила 11,7%. Общая зараженность *Myodes glareolus* составила 11,8%, *Apodemus flavicollis* –

12,2%, *Sorex araneus* – 14,3%. Среди грызунов других видов зараженных особей не выявлено.

Уровень зараженности диких мелких млекопитающих различными патогенами существенно различается. Наиболее высокие показатели превалентности выявлены для *B. burgdorferi s.l* и *C. burnetii*, затем следуют *Rickettsia* spp. SFG и *A. phagocytophilum*. Грызунов, инфицированных *E. chaffensis/ E. muris* и ВКЭ не выявлено.

Установлено, что инфицированность боррелиями *A. flavicollis* была выше, чем *M. glareolus* – 7,31% и 4,8% соответственно ( $p < 0,001$ ). Статистически значимых отличий в зараженности диких мелких млекопитающих различных видов другими патогенами не выявлено.

Наиболее высокие уровни зараженности диких мелких млекопитающих *A. phagocytophilum* и *C. burnetii* отмечались в 2020 г., *Rickettsia* spp. SFG – в 2022 г., *B. burgdorferi s.l.* – в 2023 г.

В организме мелких млекопитающих ДНК *B. burgdorferi s.l* была обнаружена во всех исследуемых органах, но с разной частотой. Наиболее часто (у 15 из 17 зараженных животных) генетические маркеры выявлялись в тканях сердца. При этом 10 из 17 животных имели признаки генерализованной инфекции с поражением 2 и более органов.

У всех диких мелких млекопитающих, зараженных *A. Phagocytophilum*, наблюдалось полиорганное поражение: сердце, печень, головной мозг у 1 особи и сердце, селезенка, головной мозг у другой особи.

Генетический материал *C. burnetii* обнаруживался в тканях головного мозга, селезенки и легких мелких млекопитающих. Наиболее часто (у 8 из 17 зараженных животных) ДНК выявлялась в легких.

Одна *M. glareolus* оказалась инфицирована сразу 2 патогенами – *B. burgdorferi s.l* и *C. burnetii*.

### Обсуждение

Общепризнано, что дикие мелкие млекопитающие могут служить резервуарами для многих зоонозных инфекций, однако данные об их инфицированности «клещевыми» патогенами очень ограничены [13,15]. В данном исследовании была изучена зараженность 2 видов иксодовых клещей и 7 видов диких мелких млекопитающих, собранных и отловленных на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга в 2020–2023 гг., некоторыми патогенами: *B. burgdorferi s.l.*, *Rickettsia* spp. SFG, *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis/ E. muris*, *C. burnetii* и ВКЭ. Насколько нам известно, это первое комплексное исследование зараженности диких мелких млекопитающих и клещей одновременно возбудителями нескольких инфекций на территории г. Санкт-Петербурга.

На территории Курортного района г. Санкт-Петербурга по видовому составу клещей отмечалось незначительное преобладание *I. persulcatus*

над *I. ricinus*. В более ранних исследованиях, проведенных на этой же территории, *I. persulcatus* составлял 91,7%, а *I. ricinus* только 8,3% [9]. Это может быть связано с точками сбора клещей, отличными от предыдущего исследования, а также временем сбора, так как *I. ricinus* и *I. persulcatus* имеют некоторые различия в периодах активности [15].

В 2020–2023 гг. наблюдаются значительные колебания уровней инфицированности иксодовых клещей и диких мелких млекопитающих «клещевыми» патогенами, что может быть связано с различными факторами: природно-климатическими условиями [16], доступностью и обилием пищи для мелких млекопитающих [4, 8], некоторыми особенностями передачи и распространения патогенов [17] и др. Однако исследуемый период довольно короткий, что не позволяет судить о каких-либо тенденциях к изменению показателя зараженности клещей и диких мелких млекопитающих на данной территории.

Показатели зараженности клещей различными патогенами отличаются от тех, о которых сообщалось в других исследованиях на этих территориях. Так, зараженность клещей *B. burgdorferi s.l.* на территории Курортного района значительно выше опубликованной ранее – 9,33% [10]. Напротив, полученные нами уровни превалентности клещей в отношении *A. phagocytophilum* и *C. burnetii* ниже показателей, о которых сообщалось ранее на территории г. Санкт-Петербурга – 12,2% [12] и 6,36% [18]. Уровни зараженности клещей *E. chaffensis/ E. muris* и ВКЭ в целом соответствуют ранее опубликованным данным – 0,14% и 0,5% [12,19].

Уровень зараженности самок *B. burgdorferi s.l.* и *Rickettsia* spp. SFG выше, чем самцов, что говорит об их большей эпидемиологической значимости для данных инфекционных агентов. Кроме того, самки в сравнении с самцами чаще присасываются к человеку и имеют более длительный период кровососания [20,21], что увеличивает вероятность передачи инфекции человеку.

Более высокая зараженность *I. persulcatus* по сравнению с *I. ricinus*, *B. burgdorferi s.l.*, *E. chaffensis/ E. muris*, *C. burnetii* согласуется с данными других исследований и может быть связана с тем, что *I. persulcatus* является эпидемически более активным в отношении данных инфекционных агентов [22, 23].

Общая зараженность клещей 2 и более патогенами составила 6,6%, что согласуется с данными других авторов. Микст-зараженность клещей различными патогенами повышает вероятность передачи человеку этих возбудителей, что приводит к повышению уровней заболеваемости соответствующими инфекциями [24].

Для продолжительного существования природного очага «клещевых» инфекций необходим обмен патогенами между клещами и мелкими млекопитающими – их прокормителями. При этом

резервуарный потенциал различных видов мелких млекопитающих определяется их численностью, а также приуроченностью к биотопам, характерным для клещей. На территории Курортного района г. Санкт-Петербурга в поддержании циркуляции «клещевых» патогенов принимают участие лишь некоторые из обитающих в регионе видов диких мелких млекопитающих. Ведущую роль в качестве резервуара этих патогенов играют наиболее многочисленные виды *M. glareolus*, *A. flavicollis* и *S. araneus*. Эти 3 вида являются основными прокормителями преимагинальных стадий иксодовых клещей на территории северо-запада России, что также подчеркивает их значимость для поддержания природных очагов исследуемых инфекций [14].

Показатели зараженности диких мелких млекопитающих некоторыми патогенами отличаются от тех, о которых сообщалось в более ранних исследованиях. Так, на территории лесопарковых зон Санкт-Петербурга зараженность мелких млекопитающих *C. burnetii* составляла 7,6%, при этом в Курортном районе зараженных особей обнаружено не было [25]. В Ленинградской области среди диких мелких млекопитающих до 31,9% особей *M. glareolus* и 20,5% особей *A. uralensis* были инфицированы боррелиями в зависимости от сезона [14], что значительно выше показателей, полученных в нашей работе.

Дикие мелкие млекопитающие как прокормители клещей принимают важное участие в поддержании циркуляции *B. burgdorferi* s.l., *C. burnetii* и ВКЭ. Для *Rickettsia* spp. SFG, *E. chaffensis*/*E. muris* и *A. phagocytophilum*, по данным некоторых исследований, мелкие млекопитающие не имеют столь существенного значения, что объясняет низкие показатели превалентности грызунов в отношении этих патогенов [26].

### Заключение

Результаты нашего исследования свидетельствуют о существовании активных природных очагов инфекций, передающихся клещами, на территории Курортного района г. Санкт-Петербурга и обосновывают целесообразность проведения постоянного энтомолого-зоологического мониторинга в отношении «клещевых» инфекций.

Постоянное наблюдение за активностью природных очагов позволяет своевременно выявить предвестников осложнения эпидемической ситуации и предпринять меры для повышения эффективности проводимых профилактических мероприятий с целью обеспечения эпидемиологического благополучия населения.

### Литература

1. Проворова, В.В. Старые и новые клещевые инфекции в России / В.В. Проворова [и др.] // Инфекционные болезни: Новости. Мнения. Обучение. — 2019. — Т. 8, №. 2 (29). — С. 102–112. — DOI: 10.24411/2305-3496-2019-12013

2. O'Neill X., White A., Gortázar C., Ruiz-Fons F. The Impact of Host Abundance on the Epidemiology of Tick-Borne Infection. *Bulletin of Mathematical Biology*, 2023, vol. 85, no.4, pp. 30. DOI: 10.1007/s11538-023-01133-8.

3. Nuttall P. A. Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. *Biologia*, 2022, vol. 77, no.6, pp.1503-1512. DOI: 10.1146/annurev-ento-052720-094533.

4. Hofmeester T.R., Jansen P.A., Wijnen H.J., Coipan E.C., Fonville M., Prins H.H.T., Sprong H., van Wieren S.E. Cascading effects of predator activity on tick-borne disease risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2017, vol. 284, no.1859, pp.20170453. DOI: 10.1098/rspb.2017.0453.

5. Sprong H., Matthysen E. Recreational hazard: Vegetation and host habitat use correlate with changes in tick-borne disease hazard at infrastructure within forest stands. *Science of The Total Environment*, 2024, vol. 919. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.170749.

6. Wang Y.X.G., Matson K.D., Prins H.H.T., Xu Y., Huang Z.Y.X., de Boer W.F. Risk factors for Lyme disease: A scale-dependent effect of host species diversity and a consistent negative effect of host phylogenetic diversity. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 2023, vol. 14, no. 1. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2022.102073.

7. Krawczyk A.I., van Duijvendijk G.L., Swart A., Heylen D., Jaarsma R.I., Jacobs F.H., Fonville M., Sprong H., Takken W. Effect of rodent density on tick and tick-borne pathogen populations: consequences for infectious disease risk. *Parasites & vectors*, 2020, vol.13, no. 1, pp.34. DOI: 10.1186/s13071-020-3902-0.

8. Kim K., Hwang J., Kim K., Yoon K., Oh D., Park Y. Habitat Type-Based Assemblage and Distribution Prediction of Small Mammals and Chigger Mites (Acari: Trombiculidae) in Chuncheon City, Republic of Korea. *Animals (Basel)*, 2024, vol.14, no.23. DOI: 10.3390/ani14233433.

9. Сюзюмова, Е.А. Эколого-эпидемиологическая характеристика клещевого энцефалита в Санкт-Петербурге / Е.А. Сюзюмова [и др.] // Инфекция и иммунитет. — 2020. — Т. 10, №. 3. — С. 533–542. — DOI: 10.15789/10.15789/2220-7619-EAE-924

10. Панферова, Ю.А. Распространенность генетических маркеров *Borrelia burgdorferi* sensu lato у кровососущих клещей в парковых зонах Санкт-Петербурга / Ю.А. Панферова [и др.] // Инфекция и иммунитет. — 2020. — Т. 10, №. 1. — С. 175–179. — DOI: 10.15789/2220-7619-P0B-806

11. Пирожкова, А.С. Статистический анализ данных обращаемости пациентов, пострадавших от укуса клеща, в Санкт-Петербурге в период с 2015 по 2019 гг. / А.С. Пирожкова, Е.Ю. Веденина // Материалы всероссийского научного форума студентов с международным участием «Студенческая наука-2020». — 2020. — Т. 3, №. 5. — С. 299–300.

12. Eremeeva M.E., Oliveira A., Moriarity J., Robinson J.B., Tokarevich N.K., Antyukova L.P., Pyanyh V.A., Emeljanova O.N., Ignatjeva V.N., Buzinov R., Pyankova V., Dasch G.A. Detection and identification of bacterial agents in *Ixodes persulcatus* Schulze ticks from the north western region of Russia. *Vector-borne and zoonotic diseases*, 2007, vol.7, no. 3, pp. 426-436. DOI: 10.1089/vbz.2007.0112

13. Филиппова, Н.А. Иксодовые клещи подсемейства Ixodinae / Н.А. Филиппова Паукообразные. — Т. 4. Фауна СССР. — Вып. 4. — Л.: Наука, 1977.

14. Григорьева, Л.А. Паразитарная система *Ixodes persulcatus* (Ixodinae) — *Borrelia garinii* — мелкие млекопитающие на северо-западе России / Л.А. Григорьева, О.А. Митева, Е.П. Самойлова // Труды Зоологического института РАН. — 2024. — Т. 328. — №. 2. — С. 308–322. — DOI: 10.31610/trudyzin/2024.328.2.308

15. Steinbrink A., Brugger K., Margos G., Kraiczy P., Klimpel S. The evolving story of *Borrelia burgdorferi* sensu lato

transmission in Europe. *Parasitology Research*, 2022, vol.121, no. 3, pp. 781-803. DOI: 10.1007/s00436-022-07445-3.

16. Прислегина, Д.А. Влияние природно-климатических факторов на эпидемиологическую ситуацию по природно-очаговым инфекциям / Д.А. Прислегина // *Инфекция и иммунитет*. — 2021. — Т. 11, № 5. — С. 820–836. — DOI: 10.15789/2220-7619-ЕОТ-1631

17. Krawczyk A.I., Röttgers S., Coimbra-Dores M.J., Heylen D., Fonville M., Takken W., Faust K., Sprong H. Tick microbial associations at the crossroad of horizontal and vertical transmission pathways. *Parasit Vectors*, 2022, vol.15, no. 1, pp. 380. DOI: 10.1186/s13071-022-05519-w.

18. Фрейлихман, О. А. Инфицированность клещей возбудителями инфекционного клещевого боррелиоза и лихорадки ку на территории Санкт-Петербурга / О.А. Фрейлихман [и др.] // *Инфекция и иммунитет*. — 2016. — Т. 6, № 3. — С. 118.

19. Sharova A. A., Tokarevich N. K., Baimova R. R., Freylikhman O. A., Karmokov I. A., Riabiko E. G., Lunina G. A., Buzinov R. V., Sokolova O. V., Buts L. V., Bespyatova L. A., Bubnova L. A., Safonova O. S., Kalinina E. L., Stankevich A. I., Vikse R., Andreassen A. K., Gladkikh A. S., Forghani M., Gritseva A. S., Popova M. R., Ramsay E. S., Dedkov V.G. Prevalence and genetic diversity of tick-borne encephalitis virus in ixodid ticks from specific regions of northwestern Russia. *PLoS One*, 2025, vol. 20, no. 1. DOI: 10.1371/journal.pone.0314385.

20. Kaufman W. R. Gluttony and sex in female ixodid ticks: how do they compare to other blood-sucking arthropods? *Journal of insect physiology*, 2007, vol. 53, no. 3, pp. 264-273. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2006.10.004.

21. Nasirian H., Zahirnia A. Detailed Infestation Spectrums About Biological Stages of Hard Ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae) in Humans: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Acta Parasitologica*, 2021, vol. 66, no. 3, pp. 770-796. DOI: 10.1007/s11686-021-00362-y.

22. Pakanen V.M., Sormunen J.J., Sippola E., Blomqvist D., Kallio E.R. Questing abundance of adult taiga ticks *Ixodes persulcatus* and their *Borrelia* prevalence at the north-western part of their distribution. *Parasites & Vectors*, 2020, vol. 13, no. 1, pp. 384. DOI: 10.1186/s13071-020-04259-z.

23. Коренберг, Э.И. Общая схема циркуляции возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов в природных очагах Евразии / Э.И. Коренберг, М.Б. Сироткин, Ю.В. Ковалевский // *Зоологический журнал*. — 2016. — Т. 95, № 3. — С. 283–299. — DOI: 10.7868/S0044513416030090

24. Шкарин, В.В. Эпидемиологические особенности сочетанных природно-очаговых инфекций / В.В. Шкарин, А.С. Благонравова, М.Э. Чумаков // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. — 2017. — Т. 16, № 5 (96). — С. 43–52. — DOI: 10.31631/2073-3046-2017-16-5-43-52

25. Фрейлихман, О.А. Результаты испытания новых праймеров для детекции *Soxiella burnetii* в организме диких мелких млекопитающих / О.А. Фрейлихман, Ю.А. Панфёрова, Н.К. Токаревич // 5-я между. конф. «Идеи Пастера в борьбе с инфекциями»: тез. докл. 2–4 июня 2008. — Санкт-Петербург, 2008. — С. 104.

26. Рудакова, С.А. Резервуарная роль мелких млекопитающих в сочетанных природных очагах бактериальных инфекций Западной Сибири / С.А. Рудакова // *Зоологический журнал*. — 2010. — Т. 89, № 1. — С. 88–92.

## References

1. Provorova V.V., Krasnova E.I., Khokhlova N.I., Savel'eva M.A., Filimonova E.S., Kuznetsova V.G. Tissue infections in Russia // *Infektsionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 102-112. DOI: 10.24411/2305-3496-2019-12013

2. O'Neill X., White A., Gortzar C., Ruiz-Fons F. The Impact of Host Abundance on the Epidemiology of Tick-Borne Infection. *Bulletin of Mathematical Biology*, 2023, vol. 85, no.4, pp. 30. DOI: 10.1007/s11538-023-01133-8.

3. Nuttall P. A. Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. *Biologia*, 2022, vol. 77, no.6, pp.1503-1512. DOI: 10.1146/annurev-ento-052720-094533.

4. Hofmeester T.R., Jansen P.A., Wijnen H.J., Coipan E.C., Fonville M., Prins H.H.T., Sprong H., van Wieren S.E. Cascading effects of predator activity on tick-borne disease risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2017, vol. 284, no.1859, pp.20170453. DOI: 10.1098/rspb.2017.0453.

5. Sprong H., Matthysen E. Recreational hazard: Vegetation and host habitat use correlate with changes in tick-borne disease hazard at infrastructure within forest stands. *Science of The Total Environment*, 2024, vol. 919. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.170749.

6. Wang Y.X.G., Matson K.D., Prins H.H.T., Xu Y., Huang Z.Y.X., de Boer W.F. Risk factors for Lyme disease: A scale-dependent effect of host species diversity and a consistent negative effect of host phylogenetic diversity. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 2023, vol. 14, no. 1. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2022.102073.

7. Krawczyk A.I., van Duijvendijk G.L., Swart A., Heylen D., Jaarsma R.I., Jacobs F.H., Fonville M., Sprong H., Takken W. Effect of rodent density on tick and tick-borne pathogen populations: consequences for infectious disease risk. *Parasites & vectors*, 2020, vol.13, no. 1, pp.34. DOI: 10.1186/s13071-020-3902-0.

8. Kim K., Hwang J., Kim K., Yoon K., Oh D., Park Y. Habitat Type-Based Assemblage and Distribution Prediction of Small Mammals and Chigger Mites (Acari: Trombiculidae) in Chuncheon City, Republic of Korea. *Animals (Basel)*, 2024, vol.14, no.23. DOI: 10.3390/ani14233433.

9. Siuziumova E.A., Telnova N.V., Shapar A.O., Aslanov B.I., Stoyanova N.A., Tokarevich N.K. Ecological and epidemiological characteristics of tick-borne encephalitis in St. Petersburg // *Russian Journal of Infection and Immunity*, 2020, vol. 10, no. 3, pp. 533–542. DOI: 10.15789/10.15789/2220-7619-EAE-924

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

11. Pirozhkova A. S., Vedenina E. Y. Statistical analysis of the data on the treatment of patients affected by tick bite in St. Petersburg in the period from 2015 to 2019 // *Materials of the All-Russian scientific forum of students with international participation "Student Science 2020"*, 2020, vol. 3, no. S, pp. 299-300.

12. Ereemeeva M.E., Oliveira A., Moriarity J., Robinson J.B., Tokarevich N.K., Antyukova L.P., Pyanyh V.A., Emeljanova O.N., Ignatjeva V.N., Buzinov R., Pyankova V., Dasch G.A. Detection and identification of bacterial agents in *Ixodes persulcatus* Schulze ticks from the north western region of Russia. *Vector-borne and zoonotic diseases*, 2007, vol.7, no. 3, pp. 426-436. DOI: 10.1089/vbz.2007.0112

13. Filippova N.A. Ixodid Ticks Subfamily Ixodinae. *Arachnida. IV. Fauna of the USSR*. 4 ed. Leningrad: Nauka Press Publ.; 1977.

14. Grigorieva L. A., Miteva O. A., Samoiloeva E. P. The parasitic system of *Ixodes persulcatus* (Ixodinae) — *Borrelia garinii* — small mammals in northwestern Russia // *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences*, 2024, vol. 328, no. 2, pp. 308-322. DOI: 10.31610/trudyzin/2024.328.2.308

15. Steinbrink A., Brugger K., Margos G., Kraiczky P., Klimpel S. The evolving story of *Borrelia burgdorferi* sensu lato transmission in Europe. *Parasitology Research*, 2022, vol.121, no. 3, pp. 781-803. DOI: 10.1007/s00436-022-07445-3.

16. Prisleghina D.A., Dubyanskiy V.M., Platonov A.E., Maletskaia O.V. Effect of the natural and climatic factors on epidemiological situation related to natural focal infections // Russian Journal of Infection and Immunity = Infektsiya i immunitet, 2021, vol. 11, no. 5, pp. 820–836. DOI: 10.15789/2220-7619-EOT-1631
17. Krawczyk A.I., Röttgers S., Coimbra-Dores M.J., Heylen D., Fonville M., Takken W., Faust K., Sprong H. Tick microbial associations at the crossroad of horizontal and vertical transmission pathways. Parasit Vectors, 2022, vol.15, no. 1, pp. 380. DOI: 10.1186/s13071-022-05519-w.
18. Freilikhman O. A., Panferova Yu. A., Saines T. V., Shapar A. O., Tokarevich N. K. Infection of ticks with pathogens of infectious tick-borne borreliosis and ku fever in St. Petersburg // Russian Journal of Infection and Immunity, 2016, vol. 6, no. 3, pp. 118.
19. Sharova A. A., Tokarevich N. K., Baimova R. R., Freilikhman O. A., Karmokov I. A., Riabiko E. G., Lunina G. A., Buzinov R. V., Sokolova O. V., Buts L. V., Bespyatova L. A., Bubnova L. A., Safonova O. S., Kalinina E. L., Stankevich A. I., Vikse R., Andreassen A. K., Gladkikh A. S., Forghani M., Gritseva A. S., Popova M. R., Ramsay E. S., Dedkov V.G. Prevalence and genetic diversity of tick-borne encephalitis virus in ixodid ticks from specific regions of northwestern Russia. PLoS One, 2025, vol. 20, no. 1. DOI: 10.1371/journal.pone.0314385.
20. Kaufman W. R. Gluttony and sex in female ixodid ticks: how do they compare to other blood-sucking arthropods? Journal of insect physiology, 2007, vol. 53, no. 3, pp. 264-273. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2006.10.004.
21. Nasirian H., Zahirnia A. Detailed Infestation Spectrums About Biological Stages of Hard Ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae) in Humans: A Systematic Review and Meta-Analysis. Acta Parasitologica, 2021, vol. 66, no. 3, pp. 770-796. DOI: 10.1007/s11686-021-00362-y.
22. Pakanen V.M., Sormunen J.J., Sippola E., Blomqvist D., Kallio E.R. Questing abundance of adult taiga ticks Ixodes persulcatus and their Borrelia prevalence at the north-western part of their distribution. Parasites & Vectors, 2020, vol. 13, no. 1, pp. 384. DOI: 10.1186/s13071-020-04259-z.
23. Korenberg E.I., Sirotkin M.B., Kovalevskii Yu.V. A general scheme of the circulation of ixodid tick-borne borrelioses pathogens in natural foci of Eurasia // Zoologicheskii zhurnal, 2016, vol. 95, no. 3, pp.283-299. DOI:10.7868/S0044513416030090
24. Shkarin V.V., Blagonravova A.S., Chumakov E.M. Epidemiological Features of Combined Natural-Focal Infections // Epidemiology and Vaccinal Prevention, 2017, vol. 16, no. 5, pp. 43-52. DOI: 10.31631/2073-3046-2017-16-5-43-52
25. Freilikhman O.A., Panferova Yu.A., Tokarevich H.K. Test results of new primers for the detection of Coxiella burnetii in wild small mammals// 5th International conference "Pasteur's ideas in the fight against infections", 2008, pp. 104
26. Rudakova S. A. Reservoir role of small mammals in combined natural foci of bacterial infections in Western Siberia // Zoological Journal, 2010, vol. 89, no. 1, pp. 88-92.

*Авторский коллектив:*

*Гречишкина Дарья Игоревна* — младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: grechishkina@pasteurorg.ru

*Кармоков Ислам Анатольевич* — младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: karmokov@pasteurorg.ru

*Баймова Регина Равилевна* — младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: baimova@pasteurorg.ru

*Рябико Екатерина Геннадьевна* — младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: riabiko@pasteurorg.ru

*Халилов Эрик Серкалиевич* — младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: khalilov@pasteurorg.ru

*Лызенко Иван Сергеевич* — младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: lyzenko@pasteurorg.ru

*Шарова Алена Александровна* — младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического мониторинга Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: sharova@pasteurorg.ru

*Лунина Гелена Анатольевна* — младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: lunina@pasteurorg.ru

*Фрейлихман Ольга Александровна* — старший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, к.б.н.; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: freilikhman@pasteurorg.ru

*Токаревич Николай Константинович* — заведующий лабораторией зооантропонозных инфекций Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, д.м.н., профессор; тел.: 8(812)644-63-81, e-mail: tokarevich@pasteurorg.ru