



Превалентность иксодовых клещей, собранных на территории северо-запада России, в отношении некоторых бактериальных и вирусных патогенов

И.А. Кармоков¹, Е.Г. Рябико¹, Р.Р. Баимова¹, Э.С. Халилов¹, Д.И. Гречишкина¹, И.С. Лызенко¹, А.А. Шарова¹, Г.А. Лунина¹, О.А. Фрейлихман¹, О.В. Соколова^{2,3}, Л.А. Бубнова⁴, О.С. Сафонова⁴, Л.А. Беспятова⁵, Е.Л. Калинина⁶, Н.К. Токаревич¹

¹ ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, ул. Мира, д. 14, г. Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

² Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Архангельской области, ул. Гайдара, д. 24, г. Архангельск, Архангельская область, 163000, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», Троицкий пр., д. 51, г. Архангельск, Архангельская область, 163069, Российская Федерация

⁴ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Карелия», ул. Пирогова, д. 12, г. Петрозаводск, Республика Карелия, 185002, Российская Федерация

⁵ Институт биологии ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Республика Карелия, 185910, Российская Федерация

⁶ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Псковской области, ул. Гоголя, д. 21А, г. Псков, Псковская область, 180000, Российская Федерация

Резюме

Введение. Клещи являются одними из наиболее распространенных переносчиков возбудителей инфекционных заболеваний человека. Согласно официальным данным государственной статистики, среди природно-очаговых заболеваний в России, и в частности на территории Северо-Западного федерального округа, наиболее распространены инфекции, передающиеся клещами.

Цель исследования: определить превалентность иксодовых клещей, собранных на территории Архангельской, Ленинградской и Псковской областей, а также Республики Карелия и г. Санкт-Петербурга, в отношении *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Ehrlichia chaffeensis*/ *E. muris*, *Coxiella burnetii*, вируса клещевого энцефалита и *Anaplasma phagocytophilum*.

Материалы и методы. Проведено исследование 3585 имаго иксодовых клещей, принадлежащих к двум видам – *Ixodes ricinus* (48 %) и *Ixodes persulcatus* (52 %). Голодные клещи собирались с растительности на флаг и исследовались индивидуально методом ПЦР в режиме реального времени на наличие генетических маркеров возбудителей инфекций, передающихся клещами, с использованием коммерческих тест-систем согласно инструкциям производителя.

Результаты. Доля клещей, содержащих генетический материал как минимум одного патогена, составила 35,8 %. Общий уровень превалентности клещей в отношении *B. burgdorferi s.l.* составил 24,7 %; *Rickettsia* spp. SFG – 10,1 %; *E. chaffeensis*/ *E. muris* – 6,9 %; *C. burnetii* – 5,1 %; вируса клещевого энцефалита – 2,1 %; *A. phagocytophilum* – 1,1 %. Общая зараженность клещей двумя и более патогенами составила 8,4 %. Всего было обнаружено 15 различных комбинаций. Наиболее распространенными вариантами стали *B. burgdorferi s.l.* + *E. chaffeensis*/ *E. muris* (3,5 %) и *B. burgdorferi s.l.* + *Rickettsia* spp. SFG (2,7 %).

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о существовании активных природных очагов инфекций, передающихся клещами, на территории субъектов СЗФО и обосновывают целесообразность проведения постоянного мониторинга за зараженностью клещей данными патогенами.

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

Для цитирования: Кармоков И.А., Рябико Е.Г., Баимова Р.Р., Халилов Э.С., Гречишкина Д.И., Лызенко И.С., Шарова А.А., Лунина Г.А., Фрейлихман О.А., Соколова О.В., Бубнова Л.А., Сафонова О.С., Беспятова Л.А., Калинина Е.Л., Токаревич Н.К. Превалентность иксодовых клещей, собранных на территории северо-запада России, в отношении некоторых бактериальных и вирусных патогенов // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 11. С. 75–86. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-75-86

Prevalence of Some Bacterial and Viral Pathogens in Ixodid Ticks Collected in Northwest Russia

Islam A. Karmokov,¹ Ekaterina G. Riabiko,¹ Regina R. Baimova,¹ Erik S. Khalilov,¹ Daria I. Grechishkina,¹ Ivan S. Lyzenko,¹ Alena A. Sharova,¹ Gelena A. Lunina,¹ Olga A. Freylikhman,¹ Olga V. Sokolova,^{2,3} Lilia A. Bubnova,⁴ Olga S. Safonova,⁴ Lyubov A. Bespyatova,⁵ Elena L. Kalinina,⁶ Nikolay K. Tokarevich¹

¹ Saint Petersburg Pasteur Institute, 14 Mira Street, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

² Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Arkhangelsk Region, 24 Gaidar Street, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

³ Northern State Medical University, 51 Troitsky Avenue, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

⁴ Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Karelia, 12 Pirogov Street, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185002, Russian Federation

⁵ Institute of Biology, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, 11 Pushkinskaya Street, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation

⁶ Office of the Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Pskov Region, 21A Gogol Street, Pskov, 180000, Russian Federation

Summary

Introduction: Ticks are among the most common vectors of pathogens that cause infectious diseases in humans. According to official government statistics, tick-borne infections are the most common zoonotic diseases in Russia, particularly in the Northwestern Federal District.

Objective: To detect the prevalence of *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Ehrlichia chaffensis*/*E. muris*, *Coxiella burnetii*, tick-borne encephalitis virus, and *Anaplasma phagocytophilum* in ixodid ticks collected in the Arkhangelsk, Leningrad, and Pskov regions, the Republic of Karelia, and the city of St. Petersburg.

Materials and methods: We tested 3,585 adult ixodid ticks of two species: *Ixodes ricinus* (48 %) and *Ixodes persulcatus* (52 %). Questing ticks were collected from vegetation by flagging and then tested individually by real-time PCR for genetic markers of tick-borne pathogens using commercial test systems and following the manufacturer's instructions.

Results: 35.8 % of the collected ticks contained the genetic material of at least one pathogen. The prevalence of *B. burgdorferi s.l.* was 24.7 %; *Rickettsia* spp. SFG – 10.1 %; *E. chaffensis*/*E. muris* – 6.9 %; *C. burnetii* – 5.1 %; tick-borne encephalitis virus – 2.1 %, and *A. phagocytophilum* – 1.1 %. Multiple pathogens were detected in 8.4 % of the ticks in 15 different combinations, the most common being *B. burgdorferi s.l.* + *E. chaffensis*/*E. muris* (3.5 %) and *B. burgdorferi s.l.* + *Rickettsia* spp. SFG (2.7 %).

Conclusions: Our findings show the existence of active natural foci of tick-borne infections in the Northwestern Federal District and justify the expediency of continuous monitoring of the prevalence of tick-borne pathogens in ixodid ticks.

Keywords: ixodid ticks, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Ehrlichia* spp., *Coxiella burnetii*, tick-borne encephalitis virus, *Anaplasma phagocytophilum*.

Cite as: Karmokov IA, Riabiko EG, Baimova RR, Khalilov ES, Grechishkina DI, Lyzenko IS, Sharova AA, Lunina GA, Freylikhman OA, Sokolova OV, Bubnova LA, Safonova OS, Bespyatova LA, Kalinina EL, Tokarevich NK. Prevalence of some bacterial and viral pathogens in ixodid ticks collected in Northwest Russia. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(11):75–86. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-75-86

Введение. Клещи являются одними из наиболее распространенных членистоногих – переносчиков возбудителей инфекционных заболеваний человека, уступая по численности лишь комарам. Иксодовые клещи способны переносить широкий круг патогенов бактериальной, вирусной и паразитарной этиологии [1]. Более того, клещи могут быть инфицированы несколькими патогенами одновременно с высокой вероятностью их совместной передачи [2].

Нозоареал инфекций, передающихся клещами, тесно связан с ареалом клещей-переносчиков, что, в свою очередь, зависит от множества абиотических, биотических и антропогенных факторов. Изменение климата является одним из основных факторов, способных повлиять на распространение клещевых патогенов благодаря изменению условий окружающей среды, доступности хозяев-прокормителей для переносчиков и расширения ареала клещей [3]. Другие факторы, такие как изменения в землепользовании (интенсификация выращивания сельскохозяйственных культур, вырубка лесов, урбанизация и др.), модификация среды обитания, рост популяции животных/человека, развитие животноводства, рост деятельности человека в природных, рекреационных или охотничьих зонах, способствуют усилению взаимодействия человека с окружающей средой, повышению риска контакта с инфицированными клещами и росту заболеваемости «клещевыми» инфекциями [4].

Актуальность изучения этих инфекций определяется их широким распространением, ухудшением качества жизни при развитии хронических форм, развитием стойких осложнений и инвалидности, отсутствием специфических методов профилактики и возможным летальным исходом при тяжелом клиническом течении некоторых инфекций данной группы.

Согласно официальным данным государственной статистики, полученным из форм федерального статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», среди природно-очаговых заболеваний в России,

и в частности на территории Северо-Западного федерального округа (СЗФО), наиболее распространены инфекции, передающиеся клещами. Среди них за последние 10 лет (2014–2023 гг.) наибольшее число зарегистрированных случаев на территории СЗФО приходится на иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ – 7713 случаев, среднемноголетний показатель заболеваемости (СМПЗ) составляет 5,6 на 100 тыс. населения). За этот же период был выявлен 2171 случай заболевания клещевым вирусным энцефалитом (КВЭ, СМПЗ – 1,6). За данный период регистрировались лишь единичные случаи заболеваний гранулоцитарным анаплазмозом человека (ГАЧ – 79 случаев, СМПЗ – 0,1) и моноцитарным эрлихиозом человека (МЭЧ – 18 случаев, СМПЗ – 0,03), а также лихорадкой Ку (4 случая, СМПЗ – 0,01), наряду с выявлением относительно высоких уровней серопревалентности к возбудителям данных инфекций у жителей, проживающих на этих территориях [5, 6]. Это свидетельствует о том, что в настоящее время отсутствуют объективные комплексные данные о роли инфекций, передающихся иксодовыми клещами, в инфекционной патологии. Однако с уверенностью можно считать, что она значительно весомее, чем это показывают имеющиеся статистические показатели заболеваемости.

За данный период было зарегистрировано 591 047 человек, обратившихся за медицинской помощью по поводу присасывания клещей (среднемноголетний показатель обращаемости составил 425,4). Однако, несмотря на высокую частоту присасывания клещей, данные об их превалентности в отношении «клещевых» патогенов ограничены. Результаты постоянного мониторинга за инфицированностью иксодовых клещей различными актуальными с медицинской точки зрения патогенами необходимы не только для оценки риска и прогноза заболеваемости людей, но и для оптимизации профилактики этих инфекций.

Целью исследования данной работы являлось определение превалентности иксодовых клещей, собранных на территории Архангельской, Ленинградской и Псковской областей, а также Республики Карелия

и г. Санкт-Петербурга, в отношении *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp. SFG, *Ehrlichia chaffeensis*/*E. muris*, *Coxiella burnetii*, вируса клещевого энцефалита и *Anaplasma phagocytophilum*.

Материалы и методы

Сбор клещей

За период с 2015 по 2023 г. на территории пяти субъектов СЗФО (Архангельской, Ленинградской и Псковской областей, а также Республики Карелия и г. Санкт-Петербурга) было собрано 3585 имаго клещей, принадлежавших к двум видам – *Ixodes ricinus* (48 %) и *Ixodes persulcatus* (52 %) (табл. 1, рисунок). Долевое значение самок клещей составило 52 %, а самцов – 48 %.

Голодные клещи собирались с растительности на фланелевый флаг размером 1 м в длину и 0,6 м в ширину. Прицепившихся на флаг клещей каждые 5 минут аккуратно снимали анатомическим пинцетом и складывали в пробирки, которые затем доставлялись в лабораторию для исследования. Клещей идентифицировали по стадиям (фазе) развития, виду и полу с помощью стереомикроскопа по стандартной методике [7].

Гомогенизация и выделение нуклеиновых кислот

Все клещи были исследованы индивидуально. После идентификации клещей помещали в индивидуальные пробирки объемом 2 мл и гомогенизировали в 400 мкл стерильного 0,9 % раствора NaCl с добавлением стерильных стальных шариков диаметром 4,5 мм с помощью механического гомогенизатора FastPrep-24 (MP Biomedicals, США) на скорости 4 м/с в течение 2 мин. После гомогенизации и центрифугирования гомогенатов на скорости 14 000 об/мин в течение 2 мин, 100 мкл надосадочной жидкости отбиралось на выделение 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. Обратная транскрипция проводилась с использованием комплекта реагентов для получения кДНК на матрице РНК «РЕВЕРТА-Л» (ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, г. Москва) согласно инструкции производителя.

Выявление генетического материала патогенов

Полученные образцы были исследованы на наличие генетического материала возбудителей шести инфекций, передающихся клещами: ИКБ, риккетсиозов группы клещевых пятнистых лихорадок (КПЛ), МЭЧ, лихорадки Ку, КВЭ и ГАЧ. НК выявлялись с помощью наборов реагентов для выявления РНК/ДНК возбудителей инфекций, передающихся иксодовыми клещами, в биологическом материале методом ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией: «АмплиСенс® TBEV, *B. burgdorferi* s.l., *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 производителя, в режиме реального времени, на термоциклере CFX96 C1000 Touch™ (Bio-Rad, США).

Анализ микст-инфицированности клещей

Совместное наличие генетических маркеров исследуемых патогенов было проанализировано у 1803 клещей (*I. ricinus* – 39 % и *I. persulcatus* – 61 %; самцы – 51 %, самки – 49 %), собранных в 2021–2022 гг. на территории Ленинградской (n = 818) и Псковской (n = 391) областей, а также Республики Карелия (n = 112) и г. Санкт-Петербурга



Рисунок. Места сбора клещей

Figure. Tick collection sites

Условные обозначения:

Субъекты СЗФО: 1 – Республика Карелия, 2 – г. Санкт-Петербург, 3 – Ленинградская область, 4 – Псковская область, 5 – Архангельская область.

Страны: NOR – Норвегия, SWE – Швеция, FIN – Финляндия, EST – Эстония, LVA – Латвия, LTU – Литва, BLR – Республика Беларусь.

Legend:

Constituents of the Northwestern Federal District of the Russian Federation: 1 – the Republic of Karelia, 2 – St. Petersburg, 3 – Leningrad Region, 4 – Pskov Region, 5 – Arkhangelsk Region.

Countries: NOR – Norway, SWE – Sweden, FIN – Finland, EST – Estonia, LVA – Latvia, LTU – Lithuania, BLR – Republic of Belarus.

($n = 482$). Все клещи, собранные на территории Архангельской области, были исследованы на наличие генетического материала лишь четырех патогенов (*B. burgdorferi s.l.*, *C. burnetii*, вируса клещевого энцефалита (ВКЭ) и *A. phagocytophilum*), поэтому данная территория не учитывалась при анализе микст-инфицированности.

Статистическая обработка результатов

Превалентность выражена в процентах. Расчет показателя OR (отношение шансов) с 95 % доверительным интервалом (ДИ) и тестирование статистической значимости было проведено на веб-платформе EPITOOLS (<http://epitools.ausvet.com.au>). Значения $p \leq 0,05$ были признаны значимыми.

Таблица 1. Количество и места сбора клещей, а также их распределение по полу и виду

Table 1. The number, collection sites, and distribution of ticks by sex and species

Субъект Российской Федерации / Constituent entity of the Russian Federation	Административная территория / Administrative territory	Точка сбора / Collection site	GPS координаты / GPS coordinates	Порядковый номер места сбора клещей / Tick collection site No.	Всего клещей / Total ticks	Распределение по полу / Distribution by sex		Распределение по виду / Distribution by species	
						♂	♀	<i>I. ricinus</i>	<i>I. persulcatus</i>
Архангельская область / Arkhangelsk Region	Вельский р-н / Velsky district	д. Александровская / Alexandrovskaya village	61.123468, 41.985576	1	79	41	38	0	79
	Виноградовский р-н / Vinogradovsky district	п. Березник / Bereznik village	62.853119, 42.735445	2	93	52	41	0	93
	Котласский р-н / Kotlassky district	г. Котлас / Kotlas town	61.272373, 46.634336	3	93	40	53	0	93
	Устьянский р-н / Ustyansky district	д. Малиновка / Malinovka village	61.128702, 43.348558	4	27	14	13	0	27
Всего: / Subtotal:					292	147	145	0	292
Ленинградская область / Leningrad Region	Всеволожский р-н / Vsevolozhsky district	д. Черная Речка / Chernaya Rechka village	60.174011, 30.162245	5	18	5	13	0	18
		СНТ Юбилейное-Ручьи / Yubileynoe-Ruchyi gardening non-profit partnership	60.220241, 30.519708	6	22	13	9	22	0
	Гатчинский р-н / Gatchinsky district	д. Виркино / Virkino village	59.475030, 30.298743	7	10	5	5	0	10
		д. Красницы / Krasnitsy village	59.455892, 30.351117	8	71	71	0	0	71
	Кингисеппский р-н / Kingiseppsky district	д. Котлы / Kotly village	59.605047, 28.752382	9	43	17	26	4	39
	Кировский р-н / Kirovsky district	р. Лава / River Lava	59.868145, 31.583147	10	563	214	349	1	562
	Лодейнопольский р-н / Lodeynopolsky district	х. Гумбарицы / Gumbaritsy farmstead	60.651786, 32.968194	11	223	102	121	5	218
	Подпорожский р-н / Podporozhsky district	с. Винницы / Vinnitsy village	60.629003, 34.771356	12	10	2	8	0	10
	Сланцевский р-н / Slantsevsky district	д. Выскатка / Vyskatka village	59.020631, 28.179460	13	13	6	7	0	13
		д. Медвежек / Medvezhek village	59.188431, 28.345517	14	24	10	14	0	24
	Тихвинский р-н / Tikhvinsky district	д. Усть-Капша / Ust-Kapsha village	59.878509, 33.725099	15	13	5	8	0	13
	Тосненский р-н / Tosnensky district	д. Еглизи / Eglizi village	59.544566, 30.707426	16	12	2	10	0	12
	Всего: / Subtotal:					1022	452	570	32
Псковская область / Pskov Region	Себежский р-н / Sebezhsky district	оз. Белое / Lake Beloe	56.064198, 28.334321	17	22	7	15	22	0
		оз. Нечерица / Lake Necheritsa	56.158409, 28.456030	18	14	5	9	14	0
		д. Большое Крупово / Bol'shoe Krupovo village	56.117650, 28.293660	19	17	10	7	17	0

Продолжение таблицы 1 / Table 1 (continued)

Субъект Российской Федерации / Constituent entity of the Russian Federation	Административная территория / Administrative territory	Точка сбора / Collection site	GPS координаты / GPS coordinates	Порядковый номер места сбора клещей / Tick collection site No.	Всего клещей / Total ticks	Распределение по полу / Distribution by sex		Распределение по виду / Distribution by species		
						♂	♀	<i>I. ricinus</i>	<i>I. persulcatus</i>	
		д. Мироново / Mironovo village	56.262403, 28.442049	20	25	9	16	25	0	
		База отдыха «Озерявки» / "Ozeryavki" recreation center	56.197602, 28.479692	21	158	77	81	158	0	
		оз. Осыно / Lake Osyno	56.150960, 28.659920	22	26	16	10	26	0	
		оз. Усборье / Lake Usborye	56.078516, 28.319874	23	59	35	24	59	0	
		д. Чернея / Cherneya Village	56.248935, 28.542678	24	40	25	15	40	0	
		оз. Ярица / Lake Yaritsa	56.132449, 28.321914	25	30	18	12	30	0	
Всего: / Subtotal:					391	202	189	391	0	
Республика Карелия / Republic of Karelia	Сеgezский р-н / Segezhsy district	д. Майгуба / Mauguba village	63.815666, 34.253972	26	21	2	19	0	21	
	Кондопожский р-н / Kondopozhsky district	д. Гомсельга / Gomselga village	62.056708, 33.959839	27	124	57	67	0	124	
	Медвежьегорский р-н / Medvezhyegorsky district	д. Чебино / Chebino village	62.916098, 34.162616	28	63	36	27	0	63	
	Петрозаводский г.о. / Petrozavodsk urban district	г. Петрозаводск, ботанический сад и окрестности города / Petrozavodsk City, botanical garden and urban environs	61.843326, 34.376331	29	109	58	51	0	109	
	Прионежский р-н / Prionezhsky district		д. Верховье / Verhovye village	61.923311, 34.200785	30	28	10	18	0	28
			ур. Чертов стул / Chertov Stul natural boundary	61.840680, 34.392681	31	36	16	20	0	36
Пряжинский р-н / Pryazhinsky district		д. Мишинсельга / Mishinselga village	61.722188, 33.154508	32	133	48	85	0	133	
Всего: / Subtotal:					514	227	287	0	514	
г. Санкт-Петербург / Saint Petersburg	Курортный р-н / Kurortny district	п. Лисий Нос / Lisiy Nos village	60.021059, 30.013265	33	362	189	173	15	347	
		п. Серово / Serovo village	60.206814, 29.573686	34	157	79	78	155	2	
		г. Сестрорецк, коттеджный п. «Жемчужина Разлива» / Sestroretsk town, "Zhemchuzhina Razliva" cottage village	60.058066, 29.995848	35	233	132	101	9	224	
		г. Сестрорецк, дорога к Шалашу Ленина / Sestroretsk town, the road to Lenin's hut	60.077606, 30.024451	36	67	35	32	1	66	
		п. Смолячково / Smolyachkovo village	60.179090, 29.470891	37	521	253	268	518	3	
		п. Солнечное / Solnechnoe village	60.141571, 29.937423	38	26	16	10	8	18	
Всего: / Subtotal:					1366	704	662	706	660	
ИТОГО / TOTAL					3585	1732	1853	1129	2456	

Результаты. Результаты исследования клещей на зараженность некоторыми бактериальными и вирусными патогенами представлены в таблице 2.

Доля клещей, содержащих генетический материал как минимум одного патогена составила

35,8 %. Зараженность *I. ricinus* была выше, чем *I. persulcatus*, – 38,6 и 34,5 % соответственно (OR = 1,2 (1,0–1,4); *p* = 0,009). Уровень зараженности самок клещей был выше, чем самцов: 37,8 и 33,7 % соответственно (OR = 1,2 (1,0–1,4); *p* = 0,005).

Таблица 2. Результаты исследования клещей на зараженность некоторыми бактериальными и вирусными патогенами

Table 2. Results of testing the collected ticks for some tick-borne bacterial and viral pathogens

Субъект Российской Федерации / Constituent of the Russian Federation	Порядковый номер места сбора клещей / Tick collection site No.	<i>B. burgdorferi</i> s.l.		<i>Rickettsia</i> spp. SFG		<i>E. chaffensis</i> / <i>E. muris</i> .		<i>C. burnetii</i>		ВКЭ / TBEV		<i>A. phagocytophilum</i>	
		всего исследовано клещей / ticks tested, <i>n</i>	% положительных проб / infected ticks, %	всего исследовано клещей / ticks tested, <i>n</i>	% положительных проб / infected ticks, %	всего исследовано клещей / ticks tested, <i>n</i>	% положительных проб / infected ticks, %	всего исследовано клещей / ticks tested, <i>n</i>	% положительных проб / infected ticks, %	всего исследовано клещей / ticks tested, <i>n</i>	% положительных проб / infected ticks, %	всего исследовано клещей / ticks tested, <i>n</i>	% положительных проб / infected ticks, %
Архангельская область / Arkhangelsk Region	1	79	20,3	–	–	–	–	79	16,5	79	3,8	79	0,0
	2	93	19,4	–	–	–	–	93	2,2	93	12,9	93	0,0
	3	93	8,6	–	–	–	–	93	15,1	93	4,3	93	0,0
	4	27	11,1	–	–	–	–	27	3,7	27	0,0	27	0,0
Всего: / Subtotal:		292	15,4	–	–	–	–	292	10,3	292	6,5	292	0,0
Ленинградская область / Leningrad Region	5	18	33,3	–	–	–	–	18	11,1	18	5,6	–	–
	6	22	4,5	22	4,5	22	0,0	22	0,0	22	0,0	22	0,0
	7	10	20,0	–	–	–	–	10	10,0	10	0,0	–	–
	8	69	33,3	71	15,5	69	23,2	69	4,3	71	0,0	69	0,0
	9	43	7,0	–	–	–	–	43	11,6	43	0,0	–	–
	10	563	19,4	508	1,0	563	6,9	563	1,6	563	1,8	563	0,7
	11	223	30,9	219	2,7	223	12,1	223	0,4	223	2,7	223	0,0
	12	10	40,0	–	–	–	–	10	0,0	10	0,0	–	–
	13	13	0,0	–	–	–	–	13	15,4	13	0,0	–	–
	14	24	4,2	–	–	–	–	24	4,2	24	0,0	–	–
	15	13	0,0	–	–	–	–	13	0,0	13	0,0	–	–
16	12	8,3	–	–	–	–	12	16,7	12	0,0	–	–	
Всего: / Subtotal:		1020	21,5	820	2,8	877	9,4	1020	2,5	1022	1,7	877	0,5
Псковская область / Pskov Region	17	22	22,7	22	22,7	22	0,0	22	4,5	22	0,0	22	0,0
	18	14	28,6	14	21,4	14	0,0	14	0,0	14	0,0	14	0,0
	19	17	52,9	17	11,8	17	0,0	17	11,8	17	0,0	17	11,8
	20	25	40,0	25	52,0	25	0,0	25	0,0	25	8,0	25	0,0
	21	158	36,7	158	22,8	158	0,0	158	0,0	158	0,0	158	8,9
	22	26	19,2	26	15,4	26	3,8	26	0,0	26	0,0	26	0,0
	23	59	40,7	59	25,4	59	0,0	59	3,4	59	0,0	59	0,0
	24	40	30,0	40	17,5	40	0,0	40	5,0	40	0,0	40	0,0
	25	30	26,7	30	26,7	30	3,3	30	0,0	30	0,0	30	0,0
Всего: / Subtotal:		391	34,5	391	23,8	391	0,5	391	1,8	391	0,5	391	4,1
Республика Карелия / Republic of Karelia	26	21	23,8	–	–	–	–	21	38,1	21	23,8	21	0,0
	27	124	31,5	68	4,4	68	22,1	124	0,0	124	0,0	124	0,0
	28	63	22,2	–	–	–	–	63	20,6	63	11,1	63	0,0
	29	109	54,1	44	2,3	44	22,7	109	3,7	109	8,3	109	0,0
	30	28	21,4	–	–	–	–	28	10,7	28	0,0	28	0,0
	31	36	36,1	–	–	–	–	36	13,9	36	2,8	36	0,0
	32	133	26,3	–	–	–	–	133	26,3	133	3,8	133	0,0
Всего: / Subtotal:		514	33,3	112	3,6	112	22,3	514	13,2	514	5,3	514	0,0
г. Санкт-Петербург / Saint Petersburg	33	362	28,7	284	4,2	105	3,8	243	2,1	250	0,0	105	0,0
	34	157	12,7	107	18,7	35	0,0	126	4,0	84	0,0	35	0,0
	35	233	30,9	160	5,0	66	9,1	122	0,0	177	0,0	66	0,0
	36	67	35,8	49	2,0	32	18,8	32	0,0	67	0,0	32	0,0
	37	521	18,0	346	19,1	239	1,7	441	4,1	483	0,4	239	2,9
	38	26	3,8	8	37,5	8	0,0	26	15,4	26	3,8	8	12,5
Всего: / Subtotal:		1366	23,1	954	11,5	485	4,1	990	3,2	1087	0,3	485	1,6
ИТОГО / TOTAL		3583	24,7	2277	10,1	1865	6,9	3207	5,1	3306	2,1	2559	1,1

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-11-75-86>
Original Research Article

Уровень зараженности клещей различными патогенами существенно различался как по возбудителям, так и по территориям сбора, виду и полу клещей. Так, наиболее высокие показатели превалентности выявлены для *B. burgdorferi s.l.*, затем следуют *Rickettsia* spp. SFG, *E. chaffensis*/*E. muris*, *C. burnetii*, ВКЭ и *A. phagocytophilum*.

Наиболее высокие уровни превалентности в отношении *B. burgdorferi s.l.* выявлены в Псковской области и Республике Карелия; в отношении *Rickettsia* spp. SFG – в Псковской области и г. Санкт-Петербурге; *E. chaffensis*/*E. muris* – в Республике Карелия и Ленинградской области; *C. burnetii* – в Республике Карелия и Архангельской области; ВКЭ – в Архангельской области и Республике Карелия; *A. phagocytophilum* – в Псковской области и г. Санкт-Петербурге.

Зараженность *I. persulcatus* была выше, чем *I. ricinus* для следующих патогенов: *B. burgdorferi s.l.* (25,8 и 22,3 % соответственно (OR = 1,2 (95 % ДИ = 1,0–1,4); $p = 0,01$)); *E. chaffensis*/*E. muris* (10,7 и 0,8 % соответственно (OR = 14,0 (6,1–32,0); $p < 0,001$)); *C. burnetii* (6,0 и 3,1 % соответственно (OR = 2,0 (1,4–3,0); $p < 0,001$)); ВКЭ (2,8 и 0,4 % соответственно (OR = 7,2 (2,6–19,9); $p < 0,001$)). Напротив, уровень превалентности клещей в отношении *Rickettsia* spp. SFG и *A. phagocytophilum* был выше среди *I. ricinus*, чем среди *I. persulcatus*: для *Rickettsia* spp. SFG зараженность *I. ricinus* составила 21,3 %, *I. persulcatus* – 2,8 % (OR = 9,3 (6,5–13,3); $p < 0,001$), а для *A. phagocytophilum* – 3,4 и 0,2 % соответственно (OR = 16,1 (5,6–46,6); $p < 0,001$).

Уровень зараженности самок клещей был выше, чем самцов для следующих патогенов: *B. burgdorferi s.l.* (26,2 и 23,1 % соответственно (OR = 1,2 (1,0–1,4); $p = 0,01$)); *Rickettsia* spp. SFG (11,5 и 8,8 % соответственно (OR = 1,3 (1,0–1,8); $p = 0,02$)); *C. burnetii* (6,1 и 4,0 % соответственно (OR = 1,5 (1,1–2,1); $p = 0,004$)). Напротив, уровень превалентности клещей в отношении *A. phagocytophilum* был выше среди самцов, чем среди самок (1,6 и 0,6 % соответственно (OR = 2,7 (1,2–6,1); $p = 0,008$)). Статистически значимых отличий в зараженности клещей различного пола *E. chaffensis* / *E. muris* и ВКЭ не выявлено. Уровень превалентности самцов в отношении *E. chaffensis* / *E. muris* составил 7,3 %, а самок – 6,6 % (OR = 1,1 (0,8–1,6); $p > 0,05$); в отношении ВКЭ – 2,1 и 2,0 % соответственно (OR = 1,1 (0,7–1,7); $p > 0,05$).

Общая зараженность клещей двумя и более патогенами составила 8,4 %. Статистически значимых отличий в микст-инфицированности клещей различного вида (OR = 1,2 (0,9–1,7); $p > 0,05$) и пола (OR = 1,1 (0,8–1,5); $p > 0,05$) не выявлено. Всего было обнаружено 15 различных комбинаций (табл. 3). Наиболее распространенными вариантами стали *B. burgdorferi s.l.* + *E. chaffensis* / *E. muris* и *B. burgdorferi s.l.* + *Rickettsia* spp. SFG.

Обсуждение. В этом исследовании была изучена зараженность двух видов клещей (*I. ricinus* и *I. persulcatus*), собранных на территории некоторых субъектов СЗФО, «клещевыми» патогенами. Это

первое комплексное исследование зараженности клещей одновременно несколькими патогенами на территории северо-запада России. Предыдущие исследования превалентности клещей были ограничены одним или несколькими патогенами и/или территориями [8–14].

Территория СЗФО располагается в зоне симпатрии *I. persulcatus* и *I. ricinus* [15]. Распределение клещей, собранных в этом исследовании, по виду в целом соответствовало предыдущим наблюдениям. Результаты, свидетельствующие об абсолютном доминировании *I. persulcatus* в видовом составе эпидемиологически значимых видов иксодовых клещей на территории Архангельской области и Республики Карелия, соответствуют ранее опубликованным данным [8–10, 12]. На долю *I. ricinus* в Ленинградской области приходится не более 10 % количества клещей [16], что также соответствует результатам, полученным в этом исследовании. Напротив, результаты, указывающие на преобладание *I. ricinus* в видовом составе клещей, собранных с растительности на территории г. Санкт-Петербурга, несколько отличаются от ранее известных [11], что может быть обусловлено различиями в местах сбора клещей и размерах выборки.

Общий уровень зараженности клещей как минимум одним патогеном по результатам этого исследования довольно высок – 35,8 %. Однако этот уровень, вероятно, был бы еще выше, если бы все образцы клещей были исследованы на наличие генетических маркеров возбудителей всех исследуемых инфекций. Так, уровень зараженности клещей как минимум одним патогеном среди группы исследованных на все возбудители составила 44,5 %.

Уровни превалентности в отношении «клещевых» патогенов существенно различаются в разных субъектах СЗФО. Так, среди клещей, собранных на территории Псковской области, были зафиксированы самые высокие показатели зараженности *B. burgdorferi s.l.* (34,5 %), *Rickettsia* spp. SFG (23,8 %) и *A. phagocytophilum* (4,1 %), а также один из наиболее высоких уровней микст-инфицированности (11,5 %). Уровень зараженности клещей *B. burgdorferi s.l.* был выше того, о котором сообщалось в исследованиях, проведенных на территории некоторых стран, граничащих с Псковской областью. Так, в Латвии он составил 14,3 % [17] а в Республике Беларусь – 31,1 % [18]. Уровень превалентности клещей в отношении *Rickettsia* spp. SFG и *A. phagocytophilum* в Латвии был также ниже, чем в Псковской области (19,5 и 1,1 % соответственно) [17]. Напротив, в Республике Беларусь эти показатели были значительно выше (33,7 и 20,6 % соответственно) [18].

На территории Республики Карелия были зафиксированы самые высокие уровни превалентности в отношении *E. chaffensis* / *E. muris* (22,3 %) и *C. burnetii* (13,2 %), самый высокий показатель микст-инфицированности (15,2 %), а также одни из наиболее высоких уровней зараженности *B. burgdorferi s.l.* (33,3 %) и ВКЭ (5,3 %). Полученные нами результаты превалентности клещей

Таблица 3. Микст-инфицированность клещей (%)
Table 3. Co-infections detected in the collected ticks (%)

Комбинации / Combinations	Субъекты СЗФО / Constituents of the Northwestern Federal District				Общая превалентность на территории всех субъектов / Total prevalence on the territory of all constituents
	Ленинградская область / Leningrad Region	Псковская область / Pskov Region	Республика Карелия / Republic of Karelia	г. Санкт- Петербург/ Saint Petersburg	
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>Rickettsia</i> spp. SFG + <i>E. chaffensis/ E. muris</i> + <i>A. phagocytophilum</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>Rickettsia</i> spp. SFG + <i>E. chaffensis/ E. muris</i>	0,1	0,3	0,9	0,0	0,2
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>E. chaffensis/ E. muris</i> + <i>C. burnetii</i>	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>E. chaffensis/ E. muris</i> + БКЭ/TBEV	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>C. burnetii</i> + <i>A. phagocytophilum</i>	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>Rickettsia</i> spp. SFG	0,4	7,4	1,8	2,9	2,7
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>E. chaffensis/ E. muris</i>	5,0	0,3	11,6	1,7	3,5
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>C. burnetii</i>	0,0	0,8	0,0	0,2	0,2
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + БКЭ/TBEV	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2
<i>B. burgdorferi s.l.</i> + <i>A. phagocytophilum</i>	0,0	1,8	0,0	0,2	0,4
<i>Rickettsia</i> spp. SFG + <i>E. chaffensis/ E. muris</i>	0,1	0,0	0,9	0,4	0,2
<i>Rickettsia</i> spp. SFG + <i>C. burnetii</i>	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2
<i>Rickettsia</i> spp. SFG + БКЭ / TBEV	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1
<i>Rickettsia</i> spp. SFG + <i>A. phagocytophilum</i>	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2
<i>E. chaffensis/ E. muris</i> + <i>A. phagocytophilum</i>	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2
Общая зараженность двумя и более патогенами / Percentage of ticks carrying multiple infections	7,2	11,5	15,2	6,4	8,4

в отношении *E. chaffensis/ E. muris*, *B. burgdorferi s.l.* и БКЭ значительно превышают показатели, о которых сообщалось ранее (3,3, 23,4 и 4,4 % соответственно) [12]. На территории Финляндии уровень зараженности клещей *B. burgdorferi s.l.* был также ниже (23,5 %) [19]. Уровень превалентности клещей в отношении возбудителя КВЭ также превысил показатели, о которых сообщалось в исследованиях, проведенных в некоторых странах Балтии (0,4 % в Литве и 0,65 % в Латвии) [17, 20], и полученные в одном из крупнейших исследований в Скандинавии (4,3 %) [21].

Инфицированные клещи на территории Республики Карелия были собраны на северных широтах (63° с.ш.), что подтверждает существующее положение об экспансии клещей на север [10, 22].

В Архангельской области выявлен самый высокий уровень зараженности клещей БКЭ (6,5 %) и один из наиболее высоких уровней превалентности в отношении *C. burnetii* (10,3 %). Показатель зараженности клещей возбудителем лихорадки Ку, как и на территории Республики Карелия, значительно превышает средний уровень зараженности клещей, собранных с растительности, на территории Европы (2,8 %) [23]. Напротив, полученный нами уровень превалентности в отношении *B. burgdorferi s.l.* ниже показателя, о котором сообщалось ранее (24,7 %) [13].

Относительно невысокие показатели зараженности клещей, собранных на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, в целом соответствуют ранее опубликованным данным:

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-11-75-86>
Original Research Article

23,1 % в отношении *B. burgdorferi s.l.* [13], 0,6 % в отношении ВКЭ [11] и др.

Более частое выявление генетических маркеров «клещевых» патогенов среди *I. ricinus* соответствует результатам, полученным ранее некоторыми исследователями [17, 24]. Однако более высокий уровень превалентности *I. persulcatus* в отношении *B. burgdorferi s.l.*, *E. chaffensis/ E. muris*, *C. burnetii* и ВКЭ возможно объясняется тем, что *I. persulcatus* является эпизоотически и эпидемически более активным, чем *I. ricinus* в отношении данных патогенов [22, 25].

Эффективность клещей как переносчиков определяется их многодневным питанием и интенсивным слюноотделением в этот период [26]: продолжительность кровососания самок колеблется в широких пределах (от 4 до 22 суток), а длительность пребывания самцов на хозяевах в прикрепившемся состоянии составляет от 5 мин до 2 часов [27]. Соответственно, основная роль в заражении человека принадлежит самкам, присасывающимся на длительное время [27]. Более того, результаты систематических обзоров [28, 29] свидетельствуют о том, что самки клещей присасываются к человеку чаще, чем самцы. В сочетании с данными о более высоком уровне зараженности самок клещей в отношении большинства патогенов, исследуемых в данной работе, и их способностью к трансвариальной передаче некоторых возбудителей [27], это свидетельствует об их большей эпидемиологической значимости, по сравнению с самцами. Однако известны случаи заражения людей и самцами, которые способны к многократному прикреплению – каждый раз на несколько минут с небольшими интервалами [27]. Также самцы способны передавать некоторые патогены половым путем незараженной самке, с дальнейшей передачей патогена личинкам первого поколения [22].

Заключение. Полученные нами результаты свидетельствуют о существовании активных природных очагов инфекций, передающихся клещами, на территории субъектов СЗФО и обосновывают целесообразность проведения постоянного мониторинга за зараженностью клещей данными патогенами. Данные о локализации клещей, инфицированных этими патогенами, позволяют, на наш взгляд, повысить эффективность профилактических мероприятий в отношении этих инфекций, применяя их не только на уровне административных территорий или субъекта в целом, а в большей степени на территории конкретного природного очага, в котором происходит заражение людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Madison-Antenucci S, Kramer LD, Gebhardt LL, Kaufman E. Emerging tick-borne diseases. *Clin Microbiol Rev.* 2020;33(2):e00083-18. doi: 10.1128/CMR.00083-18
- Moutailler S, Valiente Moro C, Vaumourin E, et al. Co-infection of ticks: The rule rather than the exception. *PLoS Negl Trop Dis.* 2016;10(3):e0004539. doi: 10.1371/journal.pntd.0004539
- Nuttall PA. Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. *Biologia.* 2022;77(6):1503–1512. doi: 10.1007/s11756-021-00927-2
- Gortazar C, Reperant LA, Kuiken T, et al. Crossing the interspecies barrier: Opening the door to zoonotic pathogens. *PLoS Pathog.* 2014;10(6):e1004129. doi: 10.1371/journal.ppat.1004129
- Tokarevich NK, Blinova OV, Stoyanova NA, et al. Seroprevalence of tick-borne diseases in the Northwest Federal District of the Russian Federation. *Russian Journal of Infection and Immunity.* 2022;12(5):891–901. doi: 10.15789/2220-7619-SOT-1953
- Кармоков И.А., Рябико Е.Г., Баимова Р.Р. и др. «Клещевые» инфекции в Ленинградской области: заболеваемость и серопревалентность // Журнал инфектологии. 2024. Т. 16. № 1. С. 67–74. doi: 10.22625/2072-6732-2024-16-1-67-74
- Филиппова Н.А. Иксодовые клещи подсемейства Ixodinae. Паукообразные. Т. 4. Фауна СССР. Вып. 4. Л.: Наука, 1977.
- Соколова О.В., Чашин В.П., Попова О.Н., Бузинов Р.В., Пасынкова М.М., Гудков А.Б. Эпидемиологические особенности распространения клещевого вирусного энцефалита в Архангельской области // Экология человека. 2017. Т. 24. № 4. С. 12–19. doi: 10.33396/1728-0869-2017-4-12-19
- Беспятова Л.А., Бугмырин С.В. Видовой состав, распространение основных переносчиков и эпидемиологическая ситуация по клещевому энцефалиту в Республике Карелия // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2017. Т. 33. № 1. С. 13–20. (<https://cyberleninka.ru/article/n/vidovoy-sostav-rasprostranenie-osnovnyh-perenoschikov-i-epidemiologicheskaya-situatsiya-po-kleshevomu-entsefalitu-v-respublike>)
- Субботина Н.С., Доршакова Н.В., Петрова А.В. Эпидемиологическая характеристика клещевого энцефалита в Северо-Западном регионе России // Экология человека. 2007. № 7. С. 15–19. (<https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskaya-harakteristika-kleshevogo-entsefalita-v-severo-zapadnom-regione-rossii>)
- Сюзюмова Е.А., Тельнова Н.В., Шапарь А.О., Асланов Б.И., Стоянова Н.А., Токаревич Н.К. Эколого-эпидемиологическая характеристика клещевого энцефалита в Санкт-Петербурге // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10. № 3. С. 533–542. doi: 10.15789/2220-7619-EAE-924
- Bugmyrin SV, Romanova LY, Belova OA, et al. Pathogens in *Ixodes persulcatus* and *Ixodes ricinus* ticks (Acari, Ixodidae) in Karelia (Russia). *Ticks Tick Borne Dis.* 2022;13(6):102045. doi: 10.1016/j.ttbdis.2022.102045
- Eremeeva ME, Oliveira A, Moriarity J, et al. Detection and identification of bacterial agents in *Ixodes persulcatus* Schulze ticks from the north western region of Russia. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2007;7(3):426–436. doi: 10.1089/vbz.2007.0112
- Панферова Ю.А., Ваганова А.Н., Фрейлихман О.А. и др. Распространенность генетических маркеров *Borrelia burgdorferi sensu lato* у кровососущих клещей в парковых зонах Санкт-Петербурга // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10. № 1. С. 175–179. doi: 10.15789/2220-7619-POB-806
- Filippova NA. History of the species range of ixodid ticks, vectors of pathogens with natural nidality (Acari, Ixodidae), as a prerequisite of their intraspecific biodiversity. *Entomol Rev.* 2017;97(2):255–275. doi: 10.1134/S0013873817020117
- Григорьева Л. А., Самойлова Е. П., Шапарь А. О. и др. Многолетний мониторинг численности опасных для

- человека иксодовых клещей *Ixodes persulcatus* и *I. ricinus* (Acari: ixodinae) на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области // *Паразитология*. 2020. Т. 54. № 1. С. 13–24. doi: 10.31857/S1234567806010022
- Capligina V, Seleznova M, Akopjana S, et al. Large-scale countrywide screening for tick-borne pathogens in field-collected ticks in Latvia during 2017–2019. *Parasit Vectors*. 2020;13(1):351. doi: 10.1186/s13071-020-04219-7
 - Kniazeva V, Pogotskaya Y, Higgs S, Krasko A. The prevalence of different human pathogenic microorganisms transmitted by *Ixodes* tick vectors in Belarus. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2021;21(1):6–10. doi: 10.1089/vbz.2020.2675
 - Sormunen JJ, Penttinen R, Klemola T, et al. Tick-borne bacterial pathogens in southwestern Finland. *Parasit Vectors*. 2016;9:168. doi: 10.1186/s13071-016-1449-x
 - Sidorenko M, Radzijevska J, Mickevičius S, Bratčikovienė N, Paulauskas A. Prevalence of tick-borne encephalitis virus in questing *Dermacentor reticulatus* and *Ixodes ricinus* ticks in Lithuania. *Ticks Tick Borne Dis*. 2021;12(1):101594. doi: 10.1016/j.ttbdis.2020.101594
 - Vikse R, Paulsen KM, Edgar KS, et al. Geographical distribution and prevalence of tick-borne encephalitis virus in questing *Ixodes ricinus* ticks and phylogeographic structure of the *Ixodes ricinus* vector in Norway. *Zoonoses Public Health*. 2020;67(4):370–381. doi: 10.1111/zph.12696
 - Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природно-очаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М: ООО Коммент, 2013. 465 с.
 - Körner S, Makert GR, Ulbert S, Pfeffer M, Mertens-Scholz K. The prevalence of *Coxiella burnetii* in hard ticks in Europe and their role in Q fever transmission revisited – A systematic review. *Front Vet Sci*. 2021;8:655715. doi: 10.3389/fvets.2021.655715
 - Laaksonen M, Klemola T, Feuth E, et al. Tick-borne pathogens in Finland: Comparison of *Ixodes ricinus* and *I. persulcatus* in sympatric and parapatric areas. *Parasit Vectors*. 2018;11(1):556. doi: 10.1186/s13071-018-3131-y
 - Коренберг Э.И., Сироткин М.Б., Ковалевский Ю.В. Общая схема циркуляции возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов в природных очагах Евразии // Зоологический журнал. 2016. Т. 95. № 3. С. 283–299. doi: 10.7868/S0044513416030090
 - Балашов Ю.С. Иксодовые клещи – паразиты и переносчики инфекций. СПб.: Наука, 1998. 287 с.
 - Соколов В.Е., Большаков В.Н., Вольскис Р.С., ред. Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): Морфология, систематика, экология, медицинское значение. Л.: Наука, 1985. 416 с.
 - Nasirian H, Zahiria A. Detailed infestation spectrums about biological stages of hard ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae) in humans: A systematic review and meta-analysis. *Acta Parasitol*. 2021;66(3):770–796. doi: 10.1007/s11686-021-00362-y
 - Guglielmone AA, Robbins RG. *Hard Ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae) Parasitizing Humans*. Cham: Springer Publ.; 2018.
 - Madison-Antenucci S, Kramer LD, Gebhardt LL, Kaufman E. Emerging tick-borne diseases. *Clin Microbiol Rev*. 2020;33(2):e00083–18. doi: 10.1128/CMR.00083-18
 - Moutailler S, Valiente Moro C, Vaumourin E, et al. Co-infection of ticks: The rule rather than the exception. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(3):e0004539. doi: 10.1371/journal.pntd.0004539
 - Nuttall PA. Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. *Biologia*. 2022;77(6):1503–1512. doi: 10.1007/s11756-021-00927-2
 - Gortazar C, Reperant LA, Kuiken T, et al. Crossing the interspecies barrier: Opening the door to zoonotic pathogens. *PLoS Pathog*. 2014;10(6):e1004129. doi: 10.1371/journal.ppat.1004129
 - Tokarevich NK, Blinova OV, Stoyanova NA, et al. Seroprevalence of tick-borne diseases in the Northwest Federal District of the Russian Federation. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2022;12(5):891–901. doi: 10.15789/2220-7619-SOT-1953
 - Karmokov IA, Riabiko EG, Baimova RR, et al. Tick-borne infections in the Leningrad oblast: Incidence and seroprevalence. *Zhurnal Infektologii*. 2024;16(1):67–74. (In Russ.) doi: 10.22625/2072-6732-2024-16-1-67-74
 - Filippova NA. [*Ixodid Ticks Subfamily Ixodinae. Arachnida. IV. Fauna of the USSR.*] 4th ed. Leningrad: Nauka Publ.; 1977. (In Russ.)
 - Sokolova OV, Chashchin VP, Popova ON, Buzinov RV, Pasyukova MM, Gudkov AB. Epidemiological character of tick-borne viral encephalitis extension in the Arkhangelsk region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2017;24(4):12–19. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2017-4-12-19
 - Bespyatova LA, Bugmyrin SV. Species composition, distribution of the disease vectors and epidemiology of tick-borne encephalitis in the Republic of Karelia. *Aktual'nye Voprosy Veterinarной Biologii*. 2017;(1(33)):13–20. (In Russ.)
 - Subbotina NS, Dorshakova NV, Petrova AV. Epidemiological characteristic of tick-borne encephalitis in North-West region of Russia. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2007;(7):15–19. (In Russ.)
 - Siuziumova EA, Telnova NV, Shapar AO, Aslanov BI, Stoyanova NA, Tokarevich NK. Ecological and epidemiological characteristics of tick-borne encephalitis in St. Petersburg. *Infektsiya i Immunitet*. 2020;10(3):533–542. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-EAE-924
 - Bugmyrin SV, Romanova LYu, Belova OA, et al. Pathogens in *Ixodes persulcatus* and *Ixodes ricinus* ticks (Acari, Ixodidae) in Karelia (Russia). *Ticks Tick Borne Dis*. 2022;13(6):102045. doi: 10.1016/j.ttbdis.2022.102045
 - Eremeeva ME, Oliveira A, Moriarity J, et al. Detection and identification of bacterial agents in *Ixodes persulcatus* Schulze ticks from the north western region of Russia. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2007;7(3):426–436. doi: 10.1089/vbz.2007.0112
 - Panferova YuA, Vaganova AN, Freylikhman OA, et al. Prevalence of *Borrelia burgdorferi sensu lato* genetic markers in blood-sucking ticks in suburban park zones in Saint Petersburg. *Infektsiya i Immunitet*. 2020;10(1):175–179. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-POB-806
 - Filippova NA. History of the species range of ixodid ticks, vectors of pathogens with natural nidity (Acari, Ixodidae), as a prerequisite of their intraspecific biodiversity. *Entomol Rev*. 2017;97(2):255–275. doi: 10.1134/S0013873817020117
 - Grigoryeva LA, SamoiloVA EP, Shapar AO, et al. Long-term monitoring of the number of ixodid ticks (Acari: Ixodinae) in St. Petersburg and the Leningrad Region. *Parasitologiya*. 2020;54(1):13–24. (In Russ.) doi: 10.31857/S1234567806010022
 - Capligina V, Seleznova M, Akopjana S, et al. Large-scale countrywide screening for tick-borne pathogens in field-collected ticks in Latvia during 2017–2019. *Parasit Vectors*. 2020;13(1):351. doi: 10.1186/s13071-020-04219-7
 - Kniazeva V, Pogotskaya Y, Higgs S, Krasko A. The prevalence of different human pathogenic microorganisms transmitted by *Ixodes* tick vectors in Belarus. *Vector*

REFERENCES

- Madison-Antenucci S, Kramer LD, Gebhardt LL, Kaufman E. Emerging tick-borne diseases. *Clin Microbiol Rev*. 2020;33(2):e00083–18. doi: 10.1128/CMR.00083-18
- Moutailler S, Valiente Moro C, Vaumourin E, et al. Co-infection of ticks: The rule rather than the exception. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(3):e0004539. doi: 10.1371/journal.pntd.0004539
- Nuttall PA. Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. *Biologia*. 2022;77(6):1503–1512. doi: 10.1007/s11756-021-00927-2
- Gortazar C, Reperant LA, Kuiken T, et al. Crossing the interspecies barrier: Opening the door to zoonotic pathogens. *PLoS Pathog*. 2014;10(6):e1004129. doi: 10.1371/journal.ppat.1004129
- Tokarevich NK, Blinova OV, Stoyanova NA, et al. Seroprevalence of tick-borne diseases in the Northwest Federal District of the Russian Federation. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2022;12(5):891–901. doi: 10.15789/2220-7619-SOT-1953
- Karmokov IA, Riabiko EG, Baimova RR, et al. Tick-borne infections in the Leningrad oblast: Incidence and seroprevalence. *Zhurnal Infektologii*. 2024;16(1):67–74. (In Russ.) doi: 10.22625/2072-6732-2024-16-1-67-74
- Filippova NA. [*Ixodid Ticks Subfamily Ixodinae. Arachnida. IV. Fauna of the USSR.*] 4th ed. Leningrad: Nauka Publ.; 1977. (In Russ.)
- Sokolova OV, Chashchin VP, Popova ON, Buzinov RV, Pasyukova MM, Gudkov AB. Epidemiological character of tick-borne viral encephalitis extension in the Arkhangelsk region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2017;24(4):12–19. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2017-4-12-19
- Bespyatova LA, Bugmyrin SV. Species composition, distribution of the disease vectors and epidemiology of tick-borne encephalitis in the Republic of Karelia. *Aktual'nye Voprosy Veterinarной Biologii*. 2017;(1(33)):13–20. (In Russ.)
- Subbotina NS, Dorshakova NV, Petrova AV. Epidemiological characteristic of tick-borne encephalitis in North-West region of Russia. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2007;(7):15–19. (In Russ.)
- Siuziumova EA, Telnova NV, Shapar AO, Aslanov BI, Stoyanova NA, Tokarevich NK. Ecological and epidemiological characteristics of tick-borne encephalitis in St. Petersburg. *Infektsiya i Immunitet*. 2020;10(3):533–542. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-EAE-924
- Bugmyrin SV, Romanova LYu, Belova OA, et al. Pathogens in *Ixodes persulcatus* and *Ixodes ricinus* ticks (Acari, Ixodidae) in Karelia (Russia). *Ticks Tick Borne Dis*. 2022;13(6):102045. doi: 10.1016/j.ttbdis.2022.102045
- Eremeeva ME, Oliveira A, Moriarity J, et al. Detection and identification of bacterial agents in *Ixodes persulcatus* Schulze ticks from the north western region of Russia. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2007;7(3):426–436. doi: 10.1089/vbz.2007.0112
- Panferova YuA, Vaganova AN, Freylikhman OA, et al. Prevalence of *Borrelia burgdorferi sensu lato* genetic markers in blood-sucking ticks in suburban park zones in Saint Petersburg. *Infektsiya i Immunitet*. 2020;10(1):175–179. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-POB-806
- Filippova NA. History of the species range of ixodid ticks, vectors of pathogens with natural nidity (Acari, Ixodidae), as a prerequisite of their intraspecific biodiversity. *Entomol Rev*. 2017;97(2):255–275. doi: 10.1134/S0013873817020117
- Grigoryeva LA, SamoiloVA EP, Shapar AO, et al. Long-term monitoring of the number of ixodid ticks (Acari: Ixodinae) in St. Petersburg and the Leningrad Region. *Parasitologiya*. 2020;54(1):13–24. (In Russ.) doi: 10.31857/S1234567806010022
- Capligina V, Seleznova M, Akopjana S, et al. Large-scale countrywide screening for tick-borne pathogens in field-collected ticks in Latvia during 2017–2019. *Parasit Vectors*. 2020;13(1):351. doi: 10.1186/s13071-020-04219-7
- Kniazeva V, Pogotskaya Y, Higgs S, Krasko A. The prevalence of different human pathogenic microorganisms transmitted by *Ixodes* tick vectors in Belarus. *Vector*

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-11-75-86>
Original Research Article

- Borne Zoonotic Dis.* 2021;21(1):6-10. doi: 10.1089/vbz.2020.2675
19. Sormunen JJ, Penttinen R, Klemola T, *et al.* Tick-borne bacterial pathogens in southwestern Finland. *Parasit Vectors.* 2016;9:168. doi: 10.1186/s13071-016-1449-x
 20. Sidorenko M, Radzijevska J, Mickevičius S, Bratčikovienė N, Paulauskas A. Prevalence of tick-borne encephalitis virus in questing *Dermacentor reticulatus* and *Ixodes ricinus* ticks in Lithuania. *Ticks Tick Borne Dis.* 2021;12(1):101594. doi: 10.1016/j.ttbdis.2020.101594
 21. Vikse R, Paulsen KM, Edgar KS, *et al.* Geographical distribution and prevalence of tick-borne encephalitis virus in questing *Ixodes ricinus* ticks and phylogeographic structure of the *Ixodes ricinus* vector in Norway. *Zoonoses Public Health.* 2020;67(4):370-381. doi: 10.1111/zph.12696
 22. Korenberg EI, Pomelova VG, Osin NS. [*Infections with Natural Focality Transmitted by Ixodid Ticks.*] Moscow: Comment LLC Publ.; 2013. (In Russ.)
 23. Körner S, Makert GR, Ulbert S, Pfeffer M, Mertens-Scholz K. The prevalence of *Coxiella burnetii* in hard ticks in Europe and their role in Q fever transmission revisited – A systematic review. *Front Vet Sci.* 2021;8:655715. doi: 10.3389/fvets.2021.655715
 24. Laaksonen M, Klemola T, Feuth E, *et al.* Tick-borne pathogens in Finland: Comparison of *Ixodes ricinus* and *I. persulcatus* in sympatric and parapatric areas. *Parasit Vectors.* 2018;11(1):556. doi: 10.1186/s13071-018-3131-y
 25. Korenberg EI, Sirotkin MB, Kovalevskii YuV. A general scheme of the circulation of ixodid tick-borne borrelioses pathogens in natural foci of Eurasia. *Zoologicheskii Zhurnal.* 2016;95(3):283-299. (In Russ.) doi: 10.7868/S0044513416030090
 26. Balashov YuS. [*Ixodid Ticks – Parasites and Vectors of Infections.*] St. Petersburg: Nauka Publ.; 1998. (In Russ.)
 27. Sokolov VE, Bolshakov VN, Volskis RS, eds. [*The Taiga Tick Ixodes Persulcatus Schulze (Acarina, Ixodidae): Morphology, Systematics, Ecology, Medical Significance.*] Leningrad: Nauka Publ.; 1985. (In Russ.)
 28. 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 Parasitol.* 2021;66(3):770-796. doi: 10.1007/s11686-021-00362-y
 29. Guglielmone AA, Robbins RG. *Hard Ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae) Parasitizing Humans.* Cham: Springer Publ.; 2018.

Сведения об авторах:

✉ **Кармоков Ислам** Анатольевич – младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: karmokov@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3820-7106>.

Рябико Екатерина Геннадьевна – младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: riabiko@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8738-3021>.

Баймова Регина Равилевна – младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: baimova@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0145-2653>.

Халилов Эрик Серкалиевич – младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: khalilov@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0599-4302>.

Гречишкина Дарья Игоревна – младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: grechishkina@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7295-5736>.

Лызенко Иван Сергеевич – младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: lyzenko@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8112-7879>.

Шарова Алена Александровна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического мониторинга ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: sharova@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2086-7480>.

Лунина Гелена Анатольевна – младший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: lunina@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5832-4966>.

Фрейлихман Ольга Александровна – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: freilikhman@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2850-728X>.

Соколова Ольга Витальевна – начальник отдела эпидемиологического надзора Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Архангельской области; ассистент кафедры гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет»; e-mail: ovsokolovaarh@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1385-5975>.

Бубнова Лилия Арнольдовна – заведующий эпидемиологическим отделом ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Карелия»; e-mail: bubnova@cge.onego.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2024-6829>.

Сафонова Ольга Сергеевна – биолог ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Карелия»; e-mail: safonova@cge.onego.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3617-4616>.

Беспятова Любовь Алексеевна – к.б.н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории паразитологии животных и растений Института биологии ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»; e-mail: gamasina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4269-1016>.

Калинина Елена Леонидовна – начальник отдела эпидемиологического надзора Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Псковской области; e-mail: epid_upr@60.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2007-3658>.

Токаревич Николай Константинович – д.м.н., профессор, заведующий лабораторией зооантропонозных инфекций ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; e-mail: tokarevich@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6433-3486>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Токаревич Н.К., Фрейлихман О.А., Лунина Г.А., Баимова Р.Р., Кармоков И.А., Рябико Е.Г., Шарова А.А.*; сбор данных: *Кармоков И.А., Рябико Е.Г., Баимова Р.Р., Халилов Э.С., Грецишкينا Д.И., Лызенко И.С., Шарова А.А., Лунина Г.А., Фрейлихман О.А., Соколова О.В., Бубнова Л.А., Сафонова О.С., Беспятова Л.А., Калинина Е.Л.*; анализ и интерпретация результатов: *Кармоков И.А., Рябико Е.Г., Баимова Р.Р., Халилов Э.С., Грецишкينا Д.И., Лызенко И.С., Шарова А.А., Лунина Г.А., Фрейлихман О.А., Токаревич Н.К.*; обзор литературы, подготовка проекта рукописи: *Кармоков И.А., Токаревич Н.К.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Благодарности: авторы выражают благодарность Панфёровой Ю.А. и Сайнес Т.В. за методическую и практическую помощь (в проведении выделения нуклеиновых кислот и постановке ПЦР в режиме реального времени).

Статья получена: 09.09.24 / Принята к публикации: 11.11.24 / Опубликовано: 29.11.24

Author information:

✉ Islam A. **Karmokov**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: karmokov@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3820-7106>.

Ekaterina G. **Riabiko**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: riabiko@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8738-3021>.

Regina R. **Baimova**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: baimova@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0145-2653>.

Erik S. **Khalilov**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: khalilov@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0599-4302>.

Daria I. **Grechishkina**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: grechishkina@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7295-5736>.

Ivan S. **Lyzenko**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: lyzenko@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8112-7879>.

Alena A. **Sharova**, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Genetic Monitoring, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: sharova@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2086-7480>.

Gelena A. **Lunina**, Junior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: lunina@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5832-4966>.

Olga A. **Freylikhman**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: freylikhman@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2850-728X>.

Olga V. **Sokolova**, Head of Epidemiological Surveillance Department, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Arkhangelsk Oblast; Assistant, Department of Hygiene and Medical Ecology, Northern State Medical University; e-mail: ovsokolovaarh@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1385-5975>.

Lilia A. **Bubnova**, Head of the Epidemiology Department, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Karelia; e-mail: bubnova@cge.onego.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2024-6829>.

Olga S. **Safonova**, Biologist, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Karelia; e-mail: safonova@cge.onego.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3617-4616>.

Lyubov A. **Bespyatova**, Cand. Sci. (Biol.), docent, Senior Researcher, Laboratory of Animal and Plant Parasitology, Institute of Biology, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences; e-mail: gamasina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4269-1016>.

Elena L. **Kalinina**, Head of Epidemiological Surveillance Department, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Pskov Region; e-mail: epid_upr@60.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2007-3658>.

Nikolay K. **Tokarevich**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Laboratory of Zoonoses, St. Petersburg Pasteur Institute; e-mail: tokarevich@pasteurorg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6433-3486>.

Author contributions: study conception and design: *Tokarevich N.K., Freylikhman O.A., Lunina G.A., Baimova R.R., Karmokov I.A., Riabiko E.G., Sharova A.A.*; data collection: *Karmokov I.A., Riabiko E.G., Baimova R.R., Khalilov E.S., Grechishkina D.I., Lyzenko I.S., Sharova A.A., Lunina G.A., Freylikhman O.A., Sokolova O.V., Bubnova L.A., Safonova O.S., Bespyatova L.A., Kalinina E.L.*; analysis and interpretation of results: *Karmokov I.A., Riabiko E.G., Baimova R.R., Khalilov E.S., Grechishkina D.I., Lyzenko I.S., Sharova A.A., Lunina G.A., Freylikhman O.A., Tokarevich N.K.*; bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: *Karmokov I.A., Tokarevich N.K.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Acknowledgements: The authors express their gratitude to Yulia A. Panferova and Tatiana V. Saines for methodological and practical assistance in extracting nucleic acids and setting up real-time polymerase chain reactions (RT-PCR).

Received: September 9, 2024 / Accepted: November 11, 2024 / Published: November 29, 2024