

## Роль климатических факторов в распространении природно-очаговых клещевых инфекций в условиях изменения климата на северо-западе России

Г. М. Баринава , Д. В. Гаева, Е. В. Краснов, А. Ю. Романчук, Л. О. Ушакова

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Российская Федерация  
(236041, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14)

**Аннотация.** Цель настоящей работы – изучение многолетней динамики заболеваемости населения клещевыми инфекциями на северо-западе РФ (на примере Калининградской области и сопредельных регионов) с акцентированием роли современных климатических изменений.

**Материалы и методы.** Исследование базируется на данных мониторинга заболеваемости клещевыми инфекциями в отдельных регионах европейской части РФ. Проанализированы многолетние данные о среднегодовой численности, территориально-временном распространении иксодовых клещей, стандартизированных показателях заболеваемости клещевым энцефалитом (КЭ) и иксодовым клещевым боррелиозом (ИКБ). Проведена статистическая обработка временных рядов с выявлением трендов и аномалий, вызванных изменениями климата.

**Результаты и обсуждение.** Последствия быстрой изменчивости климатических условий отражаются на ареалах существования и развития возбудителей природно-очаговых заболеваний, в том числе клещевых инфекций. Вспышки заболеваемости ИКБ в Калининградской области регистрировались в годы с экстремально высокой среднегодовой температурой воздуха. Вспышкам заболеваемости, по-видимому, способствовали климатически теплая осень и очень теплые зимы 2006-2007 годов и 2014-2015 годов с аномалиями температуры воздуха 4,8 °С и 5,1 °С, соответственно.

**Выводы.** Ареалы и длительность сезона распространения клещей в будущем могут измениться, однако статистически значимая связь между увеличением заболеваемости клещевыми инфекциями, в частности, боррелиозом (ИКБ) и средней температурой воздуха не обнаружена.

**Ключевые слова:** природно-очаговые инфекции, последствия изменений климата, Северо-западный регион РФ, сопредельные страны Европы.

**Для цитирования:** Баринава Г. М., Гаева Д. В., Краснов Е. В., Романчук А. Ю., Ушакова Л. О. Роль климатических факторов в распространении природно-очаговых клещевых инфекций в условиях изменения климата на северо-западе России // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 1, с. 23-34. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/23-34>

### ВВЕДЕНИЕ

Природно-очаговые вирусные и иные инфекции – весьма тревожный фактор, влияющий на состояние здоровья и эпидемическую безопасность населения в ландшафтно-географических условиях России. Наравне с другими факторами риска роста заболеваемости все чаще рассматривается изменение климата. Климатические условия воздействуют на масштабность и структуру ареалов паразитарных и инфекционных болезней, передаваемых через воздух, воду, почвы, животных, продукты питания.

Одна из актуальных проблем – эпидемиологическая опасность распространения трансмиссивных природноочаговых болезней человека и животных, связанных с клещами семейства Ixodidae.

На северо-западе РФ в таежных, хвойно-широколиственных биоценозах обитают два вида опасных иксодовых клещей – таежный *Ixodes persulcatus* (Schulze, 1930) и европейский лесной – *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758), которые участвуют в формировании природных очагов клещевых инфекций – клещевого энцефалита (КЭ) и иксо-

© Баринава Г. М., Гаева Д. В., Краснов Е. В., Романчук А. Ю., Ушакова Л. О., 2023

✉ Баринава Галина Михайловна, e-mail: barinova-gm@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

дового клещевого боррелиоза (ИКБ) (синонимы: болезнь Лайма, Лайм-боррелиоз).

К настоящему времени известны разносторонние факты, характеризующие влияние физико-географических условий обитания, климатических изменений на различные стороны эпидемиологического процесса, как в России [8, 11, 13, 14], так и в странах Европы [22-26]. Однако, риски воздействия экстремальных погодных условий, тепловых волн, проливных дождей на распространность, передачу клещевых инфекций и тяжесть заболеваний в полной мере не выяснены. Некоторые исследователи доказывают, что климатический фактор не обязательно доминирует в заметном росте заболеваемости различными клещевыми заболеваниями во многих частях Европы за последние два десятилетия [28]. В то же время вспышки заболеваемости, вызываемые болезнетворными микроорганизмами, переносимыми клещами, регистрируются все чаще, в том числе в ранее неэндемичных районах [24]. В частности, модели, разработанные [19], демонстрируют, что потенциальный ареал обитания клеща *I. ricinus* в Европе расширится до высоких широт и высот в Скандинавии. Результаты исследования [20] показали, что *I. ricinus* увеличил ареал в северной Швеции и стал более многочисленным в центральной и южной Швеции, чему способствовал более теплый климат с мягкой зимой и продолжительным вегетационным периодом, который обеспечивает лучшие условия для выживания и распространения как самого клеща, так и хозяев-прокормителей. В европейской части России ареал распространения клещевого вирусного энцефалита продвигается в северо-восточном направлении [1].

На фоне климатических изменений на клещевые инфекции существенное влияние оказывают экологические, социально-экономические факторы. В частности, большую роль играет увеличение частоты контактов городского населения, широкое распространение садоводческих коопе-

ративов, дач вблизи городов, увеличивающих мозаичность ландшафтов, и тем самым способствующих интенсивной циркуляции возбудителей, появлению новых очагов инфекций [3, 16].

Для принятия профилактических решений представляется важной обеспеченность органов здравоохранения объективной комплексной информацией о механизмах и распространенности инфекций, представляющих угрозу для здоровья не только местного населения, но и туристов, а также в целом для сохранения необходимых условий жизнедеятельности с учетом региональных и местных особенностей.

Цель настоящей работы – изучение динамики заболеваемости клещевыми инфекциями в условиях северо-запада РФ (детальная эпидемиологическая характеристика на примере Калининградской области) с акцентированием роли современных климатических изменений и путей адаптации к ним.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование базируется на долгосрочном мониторинге заболеваемости клещевыми инфекциями населения РФ и ее регионов, в том числе Калининградской области, расположенных в единой ландшафтно-географической зоне – южной тайге. Для суждения о временной динамике проанализированы многолетние данные (1995-2021) о среднегодовой численности, территориально-временном распределении иксодовых клещей, стандартизированных показателях заболеваемости населения клещевым энцефалитом (КЭ), иксодовым клещевым боррелиозом (ИКБ)<sup>1, 2, 3, 4</sup>.

В статье рассматривается изменчивость заболеваемости населения в зависимости от многолетних колебаний гидрометеорологических факторов (температура воздуха, количество осадков) и экстремальных погодных условий. Изменения климата оценивались на основе открытых данных Climate Change Knowledge Portal<sup>4</sup> и The Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Rosgidromet)<sup>5</sup>. При обработке

<sup>1</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Калининградской области». – URL: <http://39.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 10.10.2022)

<sup>2</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области». – URL: <http://47.rospotrebnadzor.ru/document/doclad> (дата обращения: 12.10.2022)

<sup>3</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Карелии». – URL: <http://10.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 12.10.2022)

<sup>4</sup> Здравоохранение Калининградской области в цифрах: информационно-статистический сборник // Министерство здравоохранения Калининградской области. 1995-2020 гг. – URL: <https://www.infomed39.ru/> (дата обращения: 15.10.2022)

<sup>5</sup> Climate Change Knowledge Portal. – URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data> (дата обращения: 14.10.2022)

<sup>6</sup> The Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Rosgidromet). – URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 16.10.2022)

данных использованы статистические методы исследования временных рядов с выявлением трендов и аномалий изменения климата с оценкой экстремальных значений, выявление зависимости уровня заболеваемости от климатических факторов и графическое представление результатов с помощью программного пакета Microsoft Office Excel. Для оценки степени риска заболеваемости с учетом физико-географических условий и ареалов распространения клещей применены картографические методы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения климата на северо-западе России<sup>7</sup> характеризуются достаточно отчетливо выраженными тенденциями: сокращением периода года с отрицательными температурами воздуха; увеличением длительности безморозного периода; увеличением продолжительности вегетационного периода; увеличением повторяемости экстремально высокой температуры воздуха и засушливых периодов; повышением ночных температур воздуха; ростом межгодовой и внутригодовой изменчивости количества атмосферных осадков; ростом среднемесячной температуры воздуха в холодное время года; увеличением внутригодовой изменчивости скорости ветра; изменением годового стока рек и его сезонным перераспределением; увеличением повторяемости выпадения жидких осадков в холодное время года.

Последствия быстрой изменчивости климатических условий проявляются в эффективности деятельности жизненно важных секторов экономики, приводящей к ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки, к резкому увеличению инфекционной и соматической заболеваемости населения, сказывающихся на ареалах существования переносчиков и условиях развития возбудителей природно-очаговых заболеваний, в том числе клещевых инфекций.

Анализ данных отечественных и зарубежных авторов (табл. 1) показывает, что очаги распространения иксодовых клещей не исчезают, хотя изменяются размеры ареалов, длительность сезонов распространения, механизмы воздействия потепления климата на численность животных – прокормителей клещей и др.

Наиболее распространен и значим на северо-западе России и в сопредельных странах Европы иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ). Так, в Карелии, где его диагностирование началось в 1991 году, заболеваемость населения в 1991-2000 годах составляла  $2,32 \pm 0,49$  на 100 тыс. чел. В первое десятилетие XXI века произошло её значительное повышение до  $8,4 \pm 0,98$  на 100 тыс. чел. [5]. При этом пики пришлись на 2004, 2007, 2011, 2014, 2017 годы, когда стандартизованный показатель заболеваемости превышал 8,0-9,0 на 100 тыс. чел.<sup>8</sup>. В Ленинградской области после максимальных всплесков в 2009 и 2012 годах<sup>9</sup> заболеваемость населения ИКБ значительно снизилась, оставаясь на уровне средних многолетних показателей по РФ (4,0-5,0 на 100 тыс. чел.). В Республике Беларусь, как отмечали Л. П. Мамчиц с соавт. [10], за последние два десятилетия заболеваемость выросла более, чем в 15 раз. В период 2006-2015 годов её среднемноголетний показатель составил 7,1 на 100 тыс. чел., а максимальный уровень – 15,8 на 100 тыс. населения зарегистрирован в 2011 году.

Распространение клещевых инфекций в Калининградской области начали фиксировать с 1995 года (рис. 1). Прослеживается скачкообразная динамика заболеваемости с четко выраженными максимумами в 1998, 2000, 2003, 2006-2007, 2013-2015 годах. Первый период (1995-2007) характеризуется ростом заболеваемости населения боррелиозом, а второй (2008-2021) – тенденцией к снижению. Средний уровень заболеваемости за период 1995-2007 годов составил 12,79 на 100 тыс. чел., за период 2008-2021 – 9,46 на 100 тыс., за 2016-2021 гг. – 5,31 на 100 тыс. при среднем многолетнем значении – 9,18 за весь исследованный период 1995-2021 годов.

Резкое падение заболеваемости населения иксодовым клещевым боррелиозом происходит, начиная с 2016 года. Показатели ниже среднемноголетней величины колеблются от  $3,46 \text{‰}$  в 2021 году до  $7,31 \text{‰}$  в 2019 году. Максимальные показатели, превышающие среднюю многолетнюю величину в 1,5-2,5 раза, варьируют в пределах от  $14,35 \text{‰}$  (2014 год) до  $22,7 \text{‰}$  (2003 год).

<sup>7</sup>Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – URL: <https://meteoinfo.ru/news/> (дата обращения: 18.10.2022)

<sup>8</sup>Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Карелии». – URL: <http://10.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 12.10.2022)

<sup>9</sup>Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области». – URL: <http://47.rospotrebnadzor.ru/document/doclad> (дата обращения: 12.10.2022)

Таблица 1

Прослеженные и прогнозируемые последствия потепления климата для распространения клещевых инфекций в зарубежной Европе и в Российской Федерации [1, 4, 5, 10, 11, 14, 17, 18, 20, 24, 25, 26]  
 [Table 1. Traced and predicted consequences of climate warming for the spread of tick-borne infections in foreign Europe and the Russian Federation [1, 4, 5, 10, 11, 14, 17, 18, 20, 24, 25, 26]]

Факторы риска / Risk factors	Эффекты изменений климата / Effects of climate change	Автор / Author
Расширение площади ареалов распространения переносчиков заболеваний	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В странах Европы происходит распространение КЭ в направлении с юго-запада на северо-восток;</li> <li>• В России ареал иксодовых клещей в период 2011-2030 гг. по сравнению с 1980-2000 гг. смещается в северо-восточном направлении;</li> <li>• В Норвегии ареал <i>I. ricinus</i> продвинулся дальше к северу и регистрируется до 69°с.ш. и до 583 м над уровнем моря;</li> <li>• В Скандинавских и Прибалтийских странах, в республике Беларусь потенциальный ареал обитания <i>I. ricinus</i> может расширяться на 3,8%;</li> <li>• В Шотландии численность клещей может увеличиться;</li> </ul> В северной и восточной Европе прогнозные сценарии на 2050 и 2070 гг. предусматривают расширение ареалов популяции <i>I. ricinus</i>	А.Н. Алексеев, 2006 [1] Е. В. Иголкина и др., 2018 [12] Jore, 2011 [27] Voeckmann, 2014 [19] Gilbert, 2010 [25] Aekische, 2017 [18]
Изменение условий обитания и размножения клещей	<ul style="list-style-type: none"> <li>• При росте температуры воздуха и почвы весной время нападения на человека зараженных клещей сдвигается на более ранние сроки;</li> <li>• Необходима классификация участков среды обитания на основе их регулирующих услуг для снижения вероятности контакта между клещами и их хозяевами и передачи инфекций;</li> <li>• Моделированием выявлено, что с повышением температуры и снижением влажности может проявиться тенденция повышения активности клещей (в центральной и южной Германии)</li> </ul>	А.Н. Алексеев, 2006 [1] Ehrmann, 2018 [26] Paeth, 2012 [21]
Трансформация природных очагов (сукцессионные преобразования биоценозов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В западной части РФ потепление климата способствует сдвигу к северу зональных и подтаежных ландшафтов с увеличением в древостое южной части средней тайги широколиственных пород (дуба и др.);</li> <li>• Увеличение доли лиственных пород в биоценозах провоцирует рост распространения иксодовых клещей, способствуя формированию благоприятного влажного климата;</li> <li>• Вырубки лесов в связи с формированием мозаичных лесных ландшафтов создают благоприятные условия для иксодовых клещей</li> </ul>	Г. А. Исаченко [6] И. Ю. Рубцова, И. Л. Малькова, 2017 [15] Л. А. Беспятова и др. [5]

Эпидемический сезон инфекций, передающихся клещами в Калининградской области по данным энтомологического мониторинга, продолжается в среднем с марта по ноябрь. Однако, в отдельные годы, как это было в 2020 году с очень теплой зимой, первые

сведения об укусах клещей появились уже в январе<sup>10</sup>. Число обращений за медицинской помощью по поводу присасывания клещей в последнее десятилетие (2012-2020 годы) выросло в 4 раза и за 2020 год оказалось максимально высоким, составив 6385 слу-

<sup>10</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Калининградской области». – URL: <http://39.rosпотrebnadzor.ru/> (дата обращения: 10.10.2022)

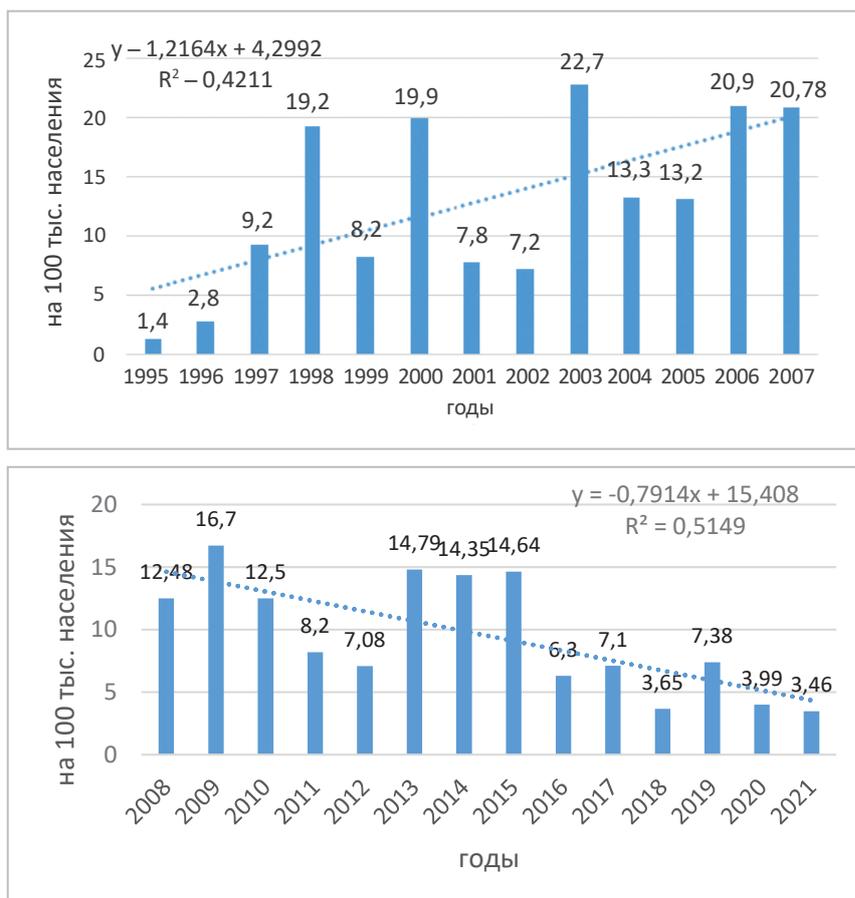


Рис. 1. Динамика заболеваемости населения Калининградской области иксодовым клещевым боррелиозом в 1995-2021 годах [Fig. 1. Dynamics of morbidity of the population of the Kaliningrad region with ixodic tick-borne borreliosis in 2001-2021]

чаев. Наиболее высокие показатели обращаемости населения с жалобами на присасывание паразитирующих видов регистрируются в городах региона. В период с 2012 по 2021 годы количество обращений граждан колебалось от 22,7 % до 42,8 %. Вспышкам инфекционных заболеваний, росту числа смертельных случаев способствуют экстремальные погодные явления, гидрометеорологические условия перезимовки и развития нимф клеща, количество тепла и влаги в природных биогеоценозах.

Наиболее мощная вспышка заболеваемости ИКБ и КЭ произошла в 2003 году. В Карелии вспышка КЭ повысила уровень заболеваемости до 15,3 случаев на 100 тыс. населения<sup>11</sup>. В Ленинградской области уровень КЭ – 6,2 на 100 тыс. оказался самым высоким за весь период наблюдений (1996-

2017 годы)<sup>12</sup>. В Калининградской области в 2003 году самый высокий уровень заболеваемости ИКБ достигал значения 22,7 на 100 тыс. чел. Допустимо предполагать, что подъем заболеваемости в большинстве случаев был связан с температурно-влажностными условиями перезимовки клещей и их активностью весной и осенью.

В Калининградской области весьма показательны средние годовые и сезонные аномалии температуры воздуха и количество осадков в годы инфекционных вспышек (2006-2007, 2014-2015). Аномалии рассчитывались в °С для температуры воздуха, в % для сумм осадков как отклонения от соответствующих средних за 1961-1990 годы для метеорологической станции Калининград<sup>13</sup>. Пик численности заболевших в 2006-2007 годах состав-

<sup>11</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Карелии». – URL: <http://10.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 12.10.2022)

<sup>12</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области». – URL: <http://47.rospotrebnadzor.ru/documen/doclad> (дата обращения: 12.10.2022)

<sup>13</sup> The Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Rosgidromet). – URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 16.10.2022)

лял 20,60 – 20,78, в 2014-2015 годах: 14,35 – 14,64 на 100 тыс. населения при среднем многолетнем уровне – 9,18 на 100 тыс. населения (табл. 2).

Вспышки заболеваемости ИКБ регистрировались в городе Калининграде в годы с экстремально высокой среднегодовой температурой воздуха. В 2015 году аномалия температуры достигала +2,0 °С. Вместе с тем вспышкам заболеваемости, по-видимому, способствовали климатически теплая осень и очень теплые зимы 2006-2007 годов с аномалией температуры воздуха 4,8 °С и 2014-2015 годов с аномалиями температуры воздуха

5,1 °С. Выпадение большого количества осадков в конце сезона активности клещей (осенью) создает условия для их благоприятной перезимовки, особенно в годы с теплой влажной зимой и ранней весной с аномалиями температуры воздуха, достигающими +3,2 °С (2014 год). Большое влияние на подъем заболеваемости оказывает очень теплое лето с абсолютными максимумами температуры воздуха в июле – 33,4 °С (2006 год), 34,6 °С (2015 год) с волнами жаркой погоды с температурой 34,3 °С – 35,5 °С в конце июля – начале августа 2014 года.

Таблица 2

Средние годовые и сезонные аномалии температуры воздуха (°С) и осадков (мм) на станции Калининград в годы вспышек заболеваемости населения иксодовым клещевым боррелиозом (2006-2007 годы и 2014-2015 годы)  
 [Table 2. Average annual and seasonal anomalies of air temperature (°C) and precipitation (mm) at Kaliningrad station during outbreaks of the population with ixodic tick-borne borreliosis (2006-2007 and 2014-2015)]

Годы вспышек / Years of outbreaks	Зима / Winter	Весна / Spring	Лето / Summer	Осень / Autumn	Год / Year
Средняя температура воздуха, °С / Average air temperature, °С					
2006	-0,9	-0,1	2,0	2,6	1,5
2007	4,8	2,8	1,2	-0,1	1,8
2014	2,5	3,2	1,4	1,0	1,9
2015	5,1	1,9	0,8	0,8	2,0
Количество осадков, % / Precipitation amount, %					
2006	81	74	85	121	92
2007	175	145	192	117	154
2014	93	68	88	58	79
2015	114	118	69	82	90

Вспышкам заболеваемости ИКБ в значительной степени способствовали теплая осень с большим количеством осадков (2006 год), теплые зимы и весны с умеренным увлажнением (2007, 2014, 2015 годы), жаркое лето (2006, 2014 годы). Подчеркнем, что воздействие экстремальных условий, тепловых волн на распространенность, передачу клещевых инфекций и тяжесть заболеваний в полной мере не выяснены. Сложная экология и эпидемиология клещевых заболеваний затрудняет отнесение изменений климата к основной причине роста их распространенности [22]. Однако исследования также показывают, что вспышки заболеваемости, вызываемые болезнетворными организмами, переносимыми клещами *I. ricinus*, могут возникать в ранее эндемичных географических районах [18, 20, 23].

Для оценки возможного влияния изменения температуры и осадков на заболеваемость клещевыми инфекциями были рассчитаны па-

раметры уравнения регрессии с использованием программного пакета Microsoft Office Excel, где  $y$  – выявленная заболеваемость (случаев на 100 тыс. населения в год),  $x$  – средняя температура воздуха за сезон (°С). Низкий показатель коэффициента детерминации  $R^2$  (от 0,003 до 0,08) указывает на отсутствие статистически значимой зависимости уровня заболеваемости иксодовым клещевым боррелиозом от средней температуры воздуха и количества осадков в летний и зимний периоды (рис. 2). Полученные нами данные согласуются с результатами Randolph, (2004) [28], который показал, что зарегистрированные в Европе изменения климата все еще не могут удовлетворительно объяснить временные и пространственные закономерности изменения динамики клещевых заболеваний.

В Калининградской области заболеваемость населения клещевыми инфекциями распределяется неравномерно, меняясь от года к году. Срав-

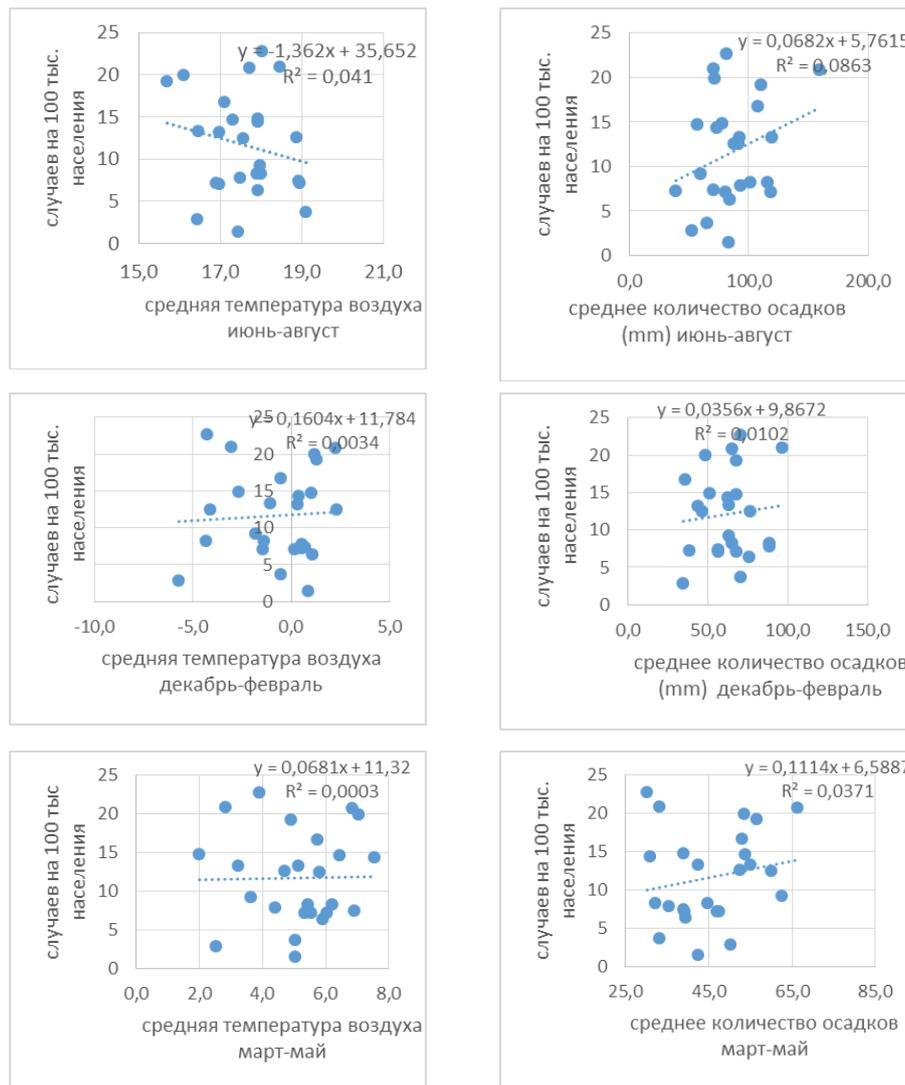


Рис.2. Ежегодное количество случаев заболевания иксодовым клещевым боррелиозом в Калининградской области с 1995-2019 гг. и их связи со средними летними (июнь-июль) и весенними (март-май) температурами воздуха, осадками того же года, зимних (декабрь-февраль) температур и осадков (декабрь предшествующего года) [Fig.2. The annual number of cases of ixodic tick-borne borreliosis in the Kaliningrad region from 1995-2019 and their relationship with average summer (June-July) and spring (March-May) air temperatures, precipitation of the same year, winter (December-February) temperatures and precipitation (December of the previous year)]

нение карт заболеваемости ИКБ по данным<sup>14</sup>, выявило приуроченность инфекций к лесопарковым городским зонам, лесным биогеоценозам с наиболее оптимальными условиями развития переносчиков возбудителя. Одной из причин роста заболеваемости ИКБ может быть увеличение прогулок, поездок в лесные массивы, что приводит к более частым контактам населения с клещами, прежде всего, городского населения.

Для интегральной оценки по степени потенциальной опасности, рискам заболевания было выполнено пространственное ранжирование территории области. Характер напряженности риска инфекции оценивался по величине стандартизованного показателя заболеваемости ИКБ в муниципальных образованиях по сравнению со среднеобластным уровнем за период 2016-2021 годов, также принимались во внимание параметры, характери-

<sup>14</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Калининградской области». – URL: <http://39.gospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 10.10.2022)

зующие определенные ландшафтные условия (наличие лесных массивов, городская среда, уровень сельскохозяйственного освоения). В качестве операционных единиц выступали административные муниципальные образования. При этом подразумевалось, что показатель заболеваемости в каждом административном районе вполне отражает воздействие природно-эпидемиологических условий и характер взаимоотношения с ними населения.

По уровням риска выделены три группы муниципальных образований – «опасные или высокого риска», «потенциально-опасные или среднего риска» и «относительно благополучные или низкого риска» (табл. 3). В первую группу «опасные» отнесены десять административных районов, в которых ежегодно заболеваемость превышает среднеобластные показатели в 2-3 раза.

Внутри этой группы мы сочли необходимым выделить урбандолиафты городских округов (Калининград, Светлый, Мамоново и др.), а также Краснознаменский, Черняховский, Неманский, Багратионовский городские округа, в которых преобладают лесные биогеоценозы. К «потенциально опасным» отнесены пять муниципальных образований с высоким уровнем заболеваемости ИКБ. За «относительно благополучные» были приняты административные образования, в которых за исследуемый период заболевания ИКБ регистрировались менее, чем в 20 % случаев. К ним отнесены слабо урбанизированные административные районы с высоким уровнем сельскохозяйственного освоения, низкой облесенностью (менее 10%) и высоким уровнем стояния грунтовых вод, в том числе на польдерных землях.

Таблица 3

Классификация муниципальных образований Калининградской области по уровню риска заболеваемости населения иксодовым клещевым боррелиозом  
[Table 3. Classification of municipalities of the Kaliningrad region according to the level of risk of morbidity of the population with ixodic tick-borne borreliosis]

Группы территорий / Groups of areas	Уровень риска заболеваемости / The level of morbidity risk	Административные муниципальные образования / Administrative municipalities			
		Урбандолиафтные / Urban landscape	Всего / in total	Лесные и аграрные ландшафты / Forest and agricultural landscapes	Всего / In total
I	Опасные или высокого риска	Калининград, Светлый, Пионерский, Светлогорск, Ладушкин, Мамоново	6	Краснознаменский, Неманский, Черняховский, Багратионовский	4
II	Потенциально-опасные	Янтарный, Балтийск	2	Нестеровский, Гвардейский, Полесский, Озерский, Зеленоградский	5
III	Относительно благополучные	Советск	1	Гусевский, Славский, Гурьевский, Правдинский	4

Наибольшая опасность распространения природно-очаговых инфекций в Калининградской области существует для муниципальных образований первого уровня риска, что указывает на необходимость оздоровления, окультуривания ландшафтов, снижения засоренности, заболоченности участков леса, прилегающих к населенным пунктам. Однако, объемы акарацидных обработок садоводческих хозяйств, придомовых земель, хотя и возрастают ежегодно, здесь все еще недостаточны. Вакцина-

ция также в полной мере не обеспечивает защиты населения от природно-очаговых инфекций. Большинство заболевших за рассматриваемый период из общего их числа составляют жители городов изученного региона (в 2021 году – 91,4 %) <sup>15</sup>.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Калининградской области быстрая изменчивость климатических условий отражается на ареалах распространения переносчиков и условиях развития возбудителей природно-очаговых вирусных

<sup>15</sup> Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Калининградской области». – URL: <http://39.rosпотребнадзор.ru/> (дата обращения: 10.10.2022)

заболеваний. Анализ баз данных из современных публикаций отечественных и зарубежных исследователей выявил потенциальное изменение ареалов очагов распространения иксодовых клещей и длительности сезона их активности. Однако статистически значимая связь между увеличением заболеваемости клещевыми инфекциями, в частности боррелиозом (ИКБ) и средней температурой воздуха и количеством осадков в различные сезоны года отсутствует.

В условиях приграничной Калининградской области необходима разработка комплексных управленческих решений для профилактики заболеваемости населения вирусными инфекциями с учетом участвовавших аномалий погодных факторов. Из-за слабой предсказуемости уровня заболеваемости клещевыми инфекциями необходимы также профилактические меры, такие как ежегодная обработка особо опасных мест массового пребывания и отдыха населения – зеленых зон городов и поселков, а также сельскохозяйственных угодий (пастбищ) – противоклещевыми препаратами. Решению задач здоровьесбережения в каждом регионе России будет способствовать снижение и регулирование антропогенной нагрузки, повышение уровня медицинской, экологической грамотности и культуры населения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А. Н. Влияние глобального изменения климата на кровососущих эктопаразитов и передаваемых ими возбудителей болезней // *Вестник Российской АМН*, 2006, № 3, с. 21-25.
2. Анализ риска заболеваемости клещевым вирусным энцефалитом в районах с разными климатогеографическими условиями / Н. К. Токаревич, А. А. Тронин, Р. В. Бузинов и др. // *Анализ риска здоровью*, 2020, № 4, с. 127-135.
3. Баринова Г. М., Кохановская М. И. Изменение климата и динамика природноочаговой заболеваемости населения Калининградской области // *Вестник Балтийского университета им. И. Канта*, 2011, № 7, с. 36-44.
4. *Иксодовые клещи Карелии: (Распространение, экология, клещевые инфекции): учебно-методическое пособие* КарНЦРАН, институт биологии / Л. А. Беспятова, С. В. Бугмырин. Петрозаводск, 2012. 97 с.
5. Исаченко Г. А. Многолетняя динамика ландшафтов Северо-Западного Приладожья по данным стационарных наблюдений // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 2018, т. 63, вып. 1, с. 3-21.
6. *Калининградская область. Природные условия и ресурсы: рациональное использование и охрана: монография* / под ред. Г. М. Федорова. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. 224 с.
7. Коренберг Э. И. Экологические предпосылки возможного влияния изменения климата на природные очаги и их эпидемическое проявление // *Изменение климата и здоровье России в XXI в.* Москва: Адамант, 2004, с. 54-66.
8. Малхазова С. М., Миронова В. А. Проблема новых и возвращающихся инфекций: задачи медико-географического изучения // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2017, № 1, с. 21-31.
9. Мамчиц Л. П., Бортновский В. Н., Чайковская М. А. Лайм-боррелиоз: характеристика эпидемической ситуации в республике Беларусь // *Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук*, 2017, 21 (3), с. 94-100.
10. Эпидемическая ситуация по клещевым нейроинфекциям в республике Беларусь в условиях глобального потепления климата / Н. П. Мишаева, Т. И. Самойлова, Н. С. Верещако, С. О. Вельгин // *Национальные приоритеты России*, 2009, № 2, с. 52-53.
11. О концепции национального сегмента климатического обслуживания в секторе «Здравоохранение» Российской Федерации / Е. В. Иголкина, В. В. Ясюкевич, И. О. Попов, С. М. Семенов // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*, т. 3, № 369, 2018, с. 131-152.
12. Природные очаги клещевого энцефалита на северо-западной периферии обитания таежного клеща (IXODES PERSULCATUS SCHULZE, 1930) / Л. А. Беспятова, С. В. Бугмырин, Ю. С. Коротков, Е. П. Иешко // *Труды Карельского научного центра РАН*, 2009, с. 96-101.
13. Ревич Б. А., Малеев В. В., Смирнова М. Д. *Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы, прогнозы*. Москва: ИНП, 2019. 196 с.
14. Рубцова И. Ю., Малькова И. Л. Заболеваемость клещевым энцефалитом и заклещевленность территории Удмуртии как результат воздействия природных и антропогенных факторов // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2017, № 1, с. 46-54.
15. *Эпидемиологические аспекты болезни Лайма в Припятском Полесье* / Л. С. Цвирко, Н. П. Мишаева, Т. А. Сеньковец, В. А. Девятникова // *Вестник Полесского государственного университета. Серия природо-ведческих наук*, 2013, № 1, с. 54-59.
16. Эпидемиологические особенности распространения клещевого вирусного энцефалита в Архангельской области / О. В. Соколова, В. П. Чащин, О. Н. Попова и др. // *Экология человека*, 2017, № 24 (4), с. 12-19.
17. Alkhishe A. A., Peterson A. T., Samy A. M. Climate change influences on the potential geographic distribution of the disease vector tick *Ixodes ricinus* // *PLoS ONE*, 2017, 12(12).
18. Boeckmann M., Joyner T. A. Old health risks in new places? An ecological niche model for *I. ricinus* tick distribution in Europe under a changing climate // *Health & Place*, 2014, no. 30, pp. 70-77.
19. Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years

in Sweden / Jaenson T.G.T., Jaenson D.G.E., Eisen L., Petersson E., Lingren E. // *Parasites & Vectors*, 2012, no. 5 (1).

20. Changing Climatic Boundary Conditions for Ticks in Central Europe / Paeth H., Stender F., Aich V., Mächel H. // *Advanced science Letters*, 2012, no. 5 (1), pp. 149-154.

21. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe / Gray J. S., Dautel H., Estrada-Peña A., Kahl O., & Lindgren E. // *Interdisciplinary perspectives on infectious diseases*, 2009.

22. Effects of global changes on the climatic niche of the tick *Ixodes ricinus* inferred by species distribution modeling / D. Porretta, V. Mastrantonio, S. Amendolia et al. // *Parasites & Vectors*, 2013, 6 (1).

23. Gaeva D. V., Barinova G. M., Krasnov E. V. Climate Change and Health // *Good Health and Well-Being*, 2020, pp. 78-91.

24. Gilbert L. Altitudinal patterns of tick and host abundance: a potential role for climate change in regulating tick-borne diseases // *Oecologia*, 2010, no. 162 (1), pp. 217-25.

25. Habitat properties are key drivers of *Borrelia burgdorferi* (s.l.) prevalence in *Ixodes ricinus* populations of deciduous forest fragments / Ehrmann S., Ruyts S.C., Scherer-Lorenzen M. et al. // *Parasites & Vectors*, 2018, no. 11 (1).

26. Multi-source analysis reveals latitudinal and altitudinal shifts in range of *Ixodes ricinus* at its northern distribution limit / S. Jore, H. Viljugrein, M. Hofshagen et al. // *Parasites & Vectors*, 2011, no. 4 (1).

27. Randolph S.E. Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe? // *International Journal of Medical Microbiology Supplements*, 2004, no. 293, pp. 5-15.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 25.10.2022

Принята к публикации 27.02.2023

UDC 502.313

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/23-34>

## The Role of Climatic Factors in the Spread of Natural Focal Tick-Borne Infections in the Conditions of Climate Change in the North-West of Russia

G. M. Barinova , D. V. Gaeva, E. V. Krasnov, A. Yu. Romanchuk, L. O. Ushakova

*Immanuel Kant Baltic Federal University, Russian Federation  
(14, Alexander Nevsky Str., Kaliningrad, 236041)*

**Abstract.** The purpose of this work is to study the dynamics of tick-borne infections morbidity in the North-West of the Russian Federation (detailed epidemiological characteristics on the example of Kaliningrad region) with a focus on the role of modern climatic changes and adaptation to them.

**Materials and methods.** The study is based on the long-term monitoring of the incidence of tick-borne infections among the population of the Russian Federation, its separate regions including Kaliningrad region. We analyzed the long-term data on the average annual number, territorial and temporal distribution of the ticks', standardized indices of the incidence of tick-borne encephalitis (BE) and ixodine boreliosis (IBD); used statistical methods of time series studies with identification of trends and climate change anomalies.

**Results and discussion.** The consequences of rapid climate variability affect the habitats of vectors and conditions of natural focal diseases, including tick-borne infections. Outbreaks of infectious diseases in Kaliningrad Region were registered in years with extremely high average annual air temperatures. At the same time, outbreaks were apparently contributed by climatically warm autumn and very warm winters in 2006-2007 with air temperature anomaly of 4.8°C and in 2014-2015 with air temperature anomalies of 5.1°C

**Conclusions.** In the future the ranges, duration of ticks' season may change, but no statistically significant relationship between the increase in the incidence of tick-borne infections, in particular borreliosis and the average air temperature is found.

**Key words:** natural focal infections, consequences of climate change, Northwest region of the Russian Federation, neighboring European countries.

© Barinova G. M., Gaeva D. V., Krasnov E. V., Romanchuk A. Yu., Ushakova L. O., 2023

 Galina M. Barinova, e-mail: barinova-gm@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

**For citation:** Barinova G. M., Gaeva D. V., Krasnov E. V., Romanchuk A. Yu., Ushakova L. O. The role of climatic factors in the spread of natural focal tick-borne infections in the conditions of climate change in the North-West of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografya. Geoekologiya*, 2023, no. 1, pp. 23-34. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/23-34>

#### REFERENCES

1. Alekseev A. N. Vliyanie global'nogo izmeneniya klimata na krovososushchih ektoparazitov i peredavaemyh imi vozбудitelej boleznej [The impact of global climate change on blood-sucking ectoparasites and the pathogens transmitted by them]. *Vestnik Rossijskoj AMN*, 2006, no. 3, pp. 21-25. (In Russ.)
2. Analiz riska zaboлеваemosti kleshchevym virusnym encefalitom v rajonah s raznymi klimatogeograficheskimi usloviyami [Analysis of the risk of tick-borne viral encephalitis in areas with different climatogeographic conditions] / N. K. Tokarevich, A. A. Tronin, R. V. Buzinov i dr. *Analiz riska zdorov'yu*, 2020, no. 4, pp. 127-135. (In Russ.)
3. Barinova G. M., Kohanovskaya M. I. Izmenenie klimata i dinamika prirodnoochagovoj zaboлеваemosti naseleeniya Kaliningradskoj oblasti [Climate change and the dynamics of the natural focal morbidity of the population of the Kaliningrad region]. *Vestnik Baltijskogo universiteta im. I. Kanta*, 2011, №7, pp. 36-44. (In Russ.)
4. *Iksodovye kleshchi Karelii: (Rasprostranenie, ekologiya, kleshchevye infekcii): uchebno-metodicheskoe posobie KarNTsRAN, institut biologii [Ixode mites of Karelia: (Distribution, ecology, tick-borne infections): educational and methodical manual of Karntsrn, Institute of Biology] / L. A. Bespyatova, S. V. Bugmyrin. Petrozavodsk, 2012. 97 p. (In Russ.)*
5. Isachenko G. A. Mnogoletnyaya dinamika landshaf-tov Severo-Zapadnogo Priladozh'ya po dannym stacionarnyh nablyudenij [Long-term dynamics of landscapes of the North-Western Ladoga region according to stationary observations]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2018, vol. 63, v. 1, pp. 3-21. (In Russ.)
6. *Kaliningradskaya oblast'. Prirodnye usloviya i resursy: racional'noe ispol'zovanie i ohrana: monografiya [Kaliningrad region. Natural conditions and resources: rational use and protection: monograph] / G. M. Fedorov. Kaliningrad: Izdatel'stvo BFU im. I. Kanta, 2016. 224 p. (In Russ.)*
7. Korenberg E. I. Ekologicheskie predposylki vozmozhnogo vliyaniya izmeneniya klimata na prirodnye ochagi i ih epidemicheskoe proyavlenie [Ecological prerequisites for the possible impact of climate change on natural foci and their epidemic manifestation]. *Izmenenie klimata i zdorov'e Rossii v XXI v.*, 2004, pp. 54-66. (In Russ.)
8. Malhazova S. M., Mironova V. A. Problema novyh i vozvrashchayushchihsya infekcij: zadachi mediko-geograficheskogo izucheniya [The problem of new and returning infections: the tasks of medical and geographical study]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografya. Geoekologiya*, 2017, no. 1, pp. 21-31. (In Russ.)
9. Mamchic L. P., Bortnovskij V. N., Chajkovskaya M. A. Lajm-borrelioz: harakteristika epidemicheskoy situacii v respublike Belarus' [Lyme borreliosis: characteristics of the epidemic situation in the Republic of Belarus]. *Vestnik obrazovaniya i razvitiya nauki Rossijskoj akademii estestvennyh nauk*, 2017, no. 21 (3), pp. 94-100. (In Russ.)
10. Epidemicheskaya situaciya po kleshchevym nevroinfekcijam v respublike Belarus' v usloviyah global'nogo potepeleniya klimata [Epidemic situation of tick-borne neuroinfections in the Republic of Belarus in the context of global climate warming] / N. P. Mishaeva, T. I. Samojlova, N. S. Vereshchako, S. O. Vel'gin. *Nacional'nye priority Rossii*, 2009, no. 2, pp. 52-53. (In Russ.)
11. O koncepcii nacional'nogo segmenta klimaticheskogo obsluzhivaniya v sektore «Zdravoohranenie» Rossijskoj Federacii [About the concept of the national segment of climate services in the Healthcare sector of the Russian Federation] / E. V. Igolkina, V. V. Yasyukevich, I. O. Popov, S. M. Semenov. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*, vol. 3, no. 369, 2018, pp. 131-152. (In Russ.)
12. Prirodnye ochagi kleshchevogo encefalita na severo-zapadnoj periferii obitaniya taezhnogo kleshcha (IX-ODES PERSULCATUS SCHULZE, 1930) [Natural foci of tick-borne encephalitis on the northwestern periphery of the taiga tick habitat (IXODES PERSULCATUS SCHULZE, 1930)] / L. A. Bespyatova, S. V. Bugmyrin, Yu. S. Korotkov, E. P. Ieshko. *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN*, 2009, pp. 96-101. (In Russ.)
13. Revich B. A., Maleev V. V., Smirnova M. D. *Izmenenie klimata i zdorov'e: ocenki, indikatory, prognozy [Climate change and health: assessments, indicators, forecasts]. Moscow: INP, 2019. 196 p. (In Russ.)*
14. Rubcova I. Yu., Mal'kova I. L. Zaboлеваemost' kleshchevym encefalitom i zakleshchevlennost' territorii Udmurtii kak rezul'tat vozdejstviya prirodnyh i antropogennyh faktorov [The incidence of tick-borne encephalitis and the encrustation of the territory of Udmurtia as a result of the impact of natural and anthropogenic factors]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografya. Geoekologiya*, 2017, no. 1, pp. 46-54. (In Russ.)
15. Epidemiologicheskie aspekty bolezni Lajma v Pripyatskom Poles'e [Epidemiological aspects of Lyme disease in Pripyat Polesie] / L. S. Cvirko, N. P. Mishaeva, T. A. Sen'kovec, V. A. Devyatnikova. *Vestnik Polesskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya prirodovedcheskih nauk*, 2013, no. 1, pp. 54-59. (In Russ.)
16. Epidemiologicheskie osobennosti rasprostraneniya kleshchevogo virusnogo encefalita v Arhangel'skoj oblasti [Epidemiological features of the spread of tick-borne viral encephalitis in the Arkhangelsk region] / O. V. Sokolova, V. P. Chashchin, O. N. Popova i dr. *Ekologiya cheloveka*, 2017, no. 24 (4), pp. 12-19. (In Russ.)
17. Alkische A. A., Peterson A. T., Samy A. M. Climate change influences on the potential geographic distribution of the disease vector tick *Ixodes ricinus*. *PLoS ONE*, 2017, 12(12).

18. Boeckmann M., Joyner T.A. Old health risks in new places? An ecological niche model for *I. ricinus* tick distribution in Europe under a changing climate. *Health & Place*, 2014, no. 30, pp. 70-77.

19. Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden / Jaenson T. G. T., Jaenson D. G. E., Eisen L., Petersson E., Lingren E. *Parasites & Vectors*, 2012, no. 5 (1).

20. Changing Climatic Boundary Conditions for Ticks in Central Europe / Paeth H., Stender F., Aich V., Mächel H. *Advanced science Letters*, 2012, no. 5 (1), pp. 149-154.

21. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe / Gray J.S., Dautel H., Estrada-Peña A., Kahl O., Lindgren E. *Interdisciplinary perspectives on infectious diseases*, 2009.

22. Effects of global changes on the climatic niche of the tick *Ixodes ricinus* inferred by species distribution modeling / D. Porretta, V. Mastrantonio, S. Amendolia et al. *Parasites & Vectors*, 2013, 6 (1).

23. Gaeva D. V., Barinova G. M., & Krasnov E. V. Climate Change and Health. *Good Health and Well-Being*, 2020, pp. 78-91.

24. Gilbert L. Altitudinal patterns of tick and host abundance: a potential role for climate change in regulating tick-borne diseases. *Oecologia*, 2010, no. 162 (1), pp. 217-25.

25. Habitat properties are key drivers of *Borrelia burgdorferi* (s.l.) prevalence in *Ixodes ricinus* populations of deciduous forest fragments / Ehrmann S., Ruyts S. C., Scherer-Lorenzen M. et al. *Parasites & Vectors*, 2018, no. 11 (1).

26. Multi-source analysis reveals latitudinal and altitudinal shifts in range of *Ixodes ricinus* at its northern distribution limit / S. Jore, H. Viljugrein, M. Hofshagen et al. *Parasites & Vectors*, 2011, no. 4 (1).

27. Randolph S.E. Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe? *International Journal of Medical Microbiology Supplements*, 2004, no. 293, pp. 5-15.

**Conflict of interests:** The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 25.10.2022

Accepted: 27.02.2023

Баринова Галина Михайловна

профессор-консультант Института медицины и наук о жизни, Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-1639-2104, e-mail: barinova-gm@mail.ru

Гаева Дара Владимировна

главный специалист Центра научно-технической информации Управления научно-исследовательских работ Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта, г. Калининград, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2515-161X, e-mail: DGaeva@kantiana.ru

Краснов Евгений Васильевич

профессор-консультант Института медицины и наук о жизни, Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6822-6258, e-mail: ecogeography@rambler.ru

Романчук Анна Юрьевна

доцент Института медицины и наук о жизни, Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-9595-7515 e-mail: annaroman@mail.ru

Ушакова Людмила Олеговна

менеджер Института медицины и наук о жизни, Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Российская Федерация, ORCID 0000-0002-9475-860X e-mail: lserykh@mail.ru

Galina M. Barinova

Professor-consultant of the educational and scientific cluster "Institute of Medicine and Life Sciences (MEDBIO)", Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-1639-2104, e-mail: barinova-gm@mail.ru

Dara V. Gaeva

Chief Specialist of the Center for Scientific and Technical Information of the Department of Scientific Research of the Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2515-161X, e-mail: DGaeva@kantiana.ru

Evgeny V. Krasnov

Professor-consultant of the educational and scientific cluster "Institute of Medicine and Life Sciences (MEDBIO)", Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6822-6258, e-mail: ecogeography@rambler.ru

Anna Yu. Romanchuk

Associate Professor of the Educational and Scientific cluster "Institute of Medicine and Life Sciences (MEDBIO)", Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-9595-7515 e-mail: annaroman@mail.ru

Lyudmila O. Ushakova

Manager of the educational and scientific cluster "Institute of Medicine and Life Sciences (MEDBIO)", Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation, ORCID 0000-0002-9475-860X, e-mail: lserykh@mail.ru