

DOI: 10.21055/0370-1069-2023-3-132-140

УДК 616.98:578.833.2(470.1/2)

А.А. Тронин¹, Н.К. Токаревич^{2,3}, Р.В. Бузинов^{4,5}, О.В. Соколова^{5,6}, Б.Р. Гнатив⁷, Л.А. Бубнова⁸,
О.С. Сафонова⁸**Анализ динамики заболеваемости клещевым энцефалитом и количества обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей на Европейском Севере России**

¹ФГБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности» Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация; ²ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера», Санкт-Петербург, Российская Федерация; ³ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова», Санкт-Петербург, Российская Федерация; ⁴ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Российская Федерация; ⁵ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», Архангельск, Российская Федерация; ⁶Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Архангельской области, Архангельск, Российская Федерация; ⁷Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми, Сыктывкар, Российская Федерация; ⁸ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Карелия», Петрозаводск, Российская Федерация

В последние десятилетия на Европейском Севере России зафиксирован значительный рост заболеваемости клещевым вирусным энцефалитом (КВЭ) и числа людей, подвергнувшихся нападению клещей. **Цель** исследования – анализ динамики заболеваемости КВЭ и количества обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей на Европейском Севере России. **Материалы и методы.** Использована форма № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», результаты оперативного сезонного мониторинга КВЭ, представленные управлениями Роспотребнадзора соответствующих территорий. Статистическая обработка данных выполнялась с помощью программы Microsoft Excel. Отображение результатов на карте выполнено в географической информационной системе ESRI ArcMap. **Результаты и обсуждение.** Выполнен совместный анализ данных числа заболевших и заболеваемости КВЭ, числа обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей и обращаемости населения по поводу присасывания клещей на 100 тыс. населения для Архангельской области, республик Карелия и Коми и их муниципальных районов. Вычислены значения средних величин и градиентов числа заболевших, заболеваемости (2010–2020 гг.), числа обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей, обращаемости населения по поводу присасывания клещей на 100 тыс. населения (2002–2020 гг.). Построены карты средних значений и градиентов величин. Заболеваемость и число заболевших остаются на высоком уровне, превышающем среднероссийский, но снижаются в последнее десятилетие. Количество обратившихся в медицинские организации и обращаемость населения по поводу присасывания клещей на 100 тыс. населения остается на стабильно высоком уровне и не имеет тенденции к снижению. Заболеваемость и обращаемость населения по поводу присасывания клещей на 100 тыс. населения распространяется в северном направлении, захватывая новые территории в Приарктической зоне. Основной движущей силой наблюдаемой эпидемической ситуации на Европейском Севере России являются природные процессы изменения климата.

Ключевые слова: клещевой вирусный энцефалит, заболеваемость, число пострадавших, Европейский Север России.

Корреспондирующий автор: Тронин Андрей Аркадьевич, e-mail: a.a.tronin@gmail.com.

Для цитирования: Тронин А.А., Токаревич Н.К., Бузинов Р.В., Соколова О.В., Гнатив Б.Р., Бубнова Л.А., Сафонова О.С. Анализ динамики заболеваемости клещевым энцефалитом и количества обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей на Европейском Севере России. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2023; 3:132–140. DOI: 10.21055/0370-1069-2023-3-132-140

Поступила 01.11.2022. Отправлена на доработку 09.12.2022. Принята к публ. 25.01.2023.

А.А. Tronin¹, N.K. Tokarevich^{2,3}, R.V. Buzinov^{4,5}, O.V. Sokolova^{5,6}, B.R. Gnativ⁷, L.A. Bubnova⁸,
O.S. Safonova⁸**Analysis of the Dynamics of Tick-Borne Encephalitis Incidence and the Number of People who Appealed to Medical Organizations about Tick Bites in the European North of Russia**

¹St. Petersburg Research Center for Environmental Safety of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation;

²St. Petersburg Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology, St. Petersburg, Russian Federation;

³North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation;

⁴North-Western Scientific Center of Hygiene and Public Health, St. Petersburg, Russian Federation;

⁵Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

⁶Rospotrebnadzor Administration in the Arkhangelsk Region, Arkhangelsk, Russian Federation;

⁷Rospotrebnadzor Administration in the Komi Republic, Syktывkar, Russian Federation;

⁸Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Karelia, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. In recent decades, a significant increase in the incidence of tick-borne viral encephalitis (TBVE) and the number of people attacked by ticks has been recorded in the European North of Russia. **The aim** of the study was to analyze the dynamics of the TBVE incidence and the number of people who appealed to medical organizations regarding tick bites in the European North of Russia. **Materials and methods.** We used the Form No. 2 “Information on infectious and parasitic diseases”, the results of operational seasonal monitoring of TBVE, presented by the Rospotrebnadzor

Administrations of the respective territories for our study. Statistical data processing was performed using the Microsoft Excel program. Display of the results on the map was carried out in the geographic information system ESRI ArcMap. **Results and discussion.** Combined analysis of the data on the number of cases and TBVE incidence, the number of people who appealed to medical organizations about tick bites and the number of people seeking advice about tick bites per 100 thousand population for the Arkhangelsk Region, the Republics of Karelia and Komi and their municipal districts has been performed. The mean values and gradients of the number of cases, incidence (2010–2020), the number of people who appealed to medical organizations regarding tick bites, and the number of people seeking treatment for tick bites per 100 000 population (2002–2020) have been calculated; maps of average values and gradients constructed. The incidence and the number of cases remain at the high level, exceeding the national average, but have been declining in the last decade. The number of people who appealed to medical organizations and the appealability of the population about tick bites per 100 000 of the population remain at a consistently high level and show no downward trend. The incidence and appealability of the population due to tick bites per 100 thousand of the population is spreading in a northerly direction, covering new territories in the Arctic zone. The main driving force behind the observed epidemic situation in the European North of Russia is the natural processes of climate change.

Key words: tick-borne viral encephalitis, incidence, number of affected persons, European North of Russia.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The authors declare no additional financial support for this study.

Corresponding author: Andrey A. Tronin, e-mail: a.a.tronin@gmail.com.

Citation: Tronin A.A., Tokarevich N.K., Buzinov R.V., Sokolova O.V., Gnativ B.R., Bubnova L.A., Safonova O.S. Analysis of the Dynamics of Tick-Borne Encephalitis Incidence and the Number of People who Appealed to Medical Organizations about Tick Bites in the European North of Russia. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii* [Problems of Particularly Dangerous Infections]. 2023; 3:132–140. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2023-3-132-140

Received 01.11.2022. Revised 09.12.2022. Accepted 25.01.2023.

Tronin A.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7852-8396>

Tokarevich N.K., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6433-3486>

Проблема заболеваемости инфекциями, передаваемыми иксодовыми клещами, остается актуальной для Европейского Севера России, и в особенности для Приарктической зоны. Заболеваемость клещевым вирусным энцефалитом (КВЭ) в этом регионе остается высокой и превышает среднюю по России. Архангельская область и Республика Карелия отнесены к регионам со средним уровнем заболеваемости КВЭ, а Республика Коми характеризуется низким уровнем заболеваемости [1].

Иксодовые клещи являются переносчиками многих патогенов, вызывающих у людей опасные инфекционные болезни, в том числе КВЭ. В России в 2021 г. зарегистрировано 1015 случаев этой инфекции, из которых 14 закончились летальным исходом [1]. Количественная оценка популяции клещей, основного переносчика вируса КВЭ, необходима при разработке профилактических мероприятий для данной административной территории. Как правило, для этого используют классический метод сбора клещей на флаг. Однако результаты, полученные на отдельных участках, где производился сбор клещей, не могут релевантно отражать обилие иксодовых клещей на очень больших территориях, таких как Европейский Север России [2]. К этому региону относятся Республика Карелия, Архангельская область и Республика Коми. В Мурманской области и Ненецком автономном округе регистрируются лишь завозные случаи болезней, передающихся иксодовыми клещами [1].

Мониторинг численности клещей в России проводится весьма фрагментарно [3] и не позволяет оценить динамику эпидемических процессов крупного региона. В данном случае используется косвенный метод оценки количества клещей: сравнивается ко-

личество жителей, пострадавших от их нападения на протяжении ряда лет. Хотя этот метод имеет также существенные ограничения, при налаженной на государственном уровне системе регистрации обращений в медицинские организации лиц, пострадавших от нападения клещей, он позволяет выявлять «новые» территории обитания клещей, где сбором на флаг не всегда удастся выявить небольшое количество клещей. Кроме того, сравнивая количество жителей, пострадавших от нападения клещей, за длительный период времени, можно косвенно судить о динамике численности клещей на больших территориях. Существенное информационное значение количество обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей подтверждается включением этого показателя в документы федерального статистического наблюдения [1].

Целью исследования является анализ динамики заболеваемости КВЭ и количества обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей на Европейском Севере России.

Материалы и методы

Рассматриваемая территория располагается на севере европейской части России в Арктической и Приарктической зонах. Климат изучаемой территории – субарктический. Среднегодовые температуры воздуха в регионе колеблются от отрицательных на севере Республики Коми до +6 °С на юге Республики Карелия. На территории развиты бореальные лесные и тундровые экосистемы, представленные главным образом хвойными и лиственными лесами, кустарничковой тундрой на севере с преобладанием ели, сосны, пихты, березы и осины.

Территория относится к зоне избыточного увлажнения, среднегодовое количество атмосферных осадков возрастает с севера на юг и составляет 400–750 мм в год. Весь север европейской части России подвержен сильным климатическим изменениям, особенно в отношении температуры воздуха во второй половине XX в. [4].

Для анализа эпидемических процессов выбраны данные о числе заболевших КВЭ, заболеваемости КВЭ на 100 тыс. населения, количестве обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей и показатель обращаемости населения по поводу присасывания клещей на 100 тыс. населения (далее – ППК) по всем муниципальным районам республик Карелия, Коми и Архангельской области. Таким образом была создана база данных, содержащая 4190 единиц данных по 63 муниципальным образованиям севера европейской части России. В работе использована форма № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», результаты оперативного сезонного мониторинга КВЭ, представленные управлениями Роспотребнадзора соответствующих территорий.

Для адекватного отражения данных по городам региона на карте они объединены с данными о прилежащем муниципальном районе. Для корректной оценки динамики эпидемических процессов из всей базы данных выбрана информация о числе заболевших и заболеваемости КВЭ за последнее десятилетие – 2010–2020 гг., так как это самый короткий интервал наличия данных в Республике Карелия. Для количества обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей и обращаемости выбран интервал 2002–2020 гг., опять же из-за недостатка данных по Карелии.

Статистическая обработка данных заключалась в вычислении среднего значения переменных и линейного тренда (градиента). Для деления муниципальных образований на группы низкого, среднего и высокого уровня заболеваемости КВЭ использован расчет 95 % доверительного интервала (ДИ) по среднемуголетним значениям. Территории разделены на три группы: 1) с низким уровнем заболеваемости (ниже величины средней заболеваемости минус радиус 95 % ДИ); 2) со средним уровнем заболеваемости (средняя заболеваемость \pm радиус 95 % ДИ); 3) с высоким уровнем заболеваемости (средняя заболеваемость плюс радиус 95 % ДИ).

Линейный тренд временного ряда рассчитывается как статистика с применением метода наименьших квадратов, для того чтобы вычислить уравнение прямой линии, которая наилучшим образом аппроксимирует имеющиеся данные. Коэффициент линейного тренда, получаемый в результате вычислений, отражает направленность и интенсивность процессов во времени, т.е. увеличивается или уменьшается исследуемая величина во времени и с какой интенсивностью. Вычисления выполнялись с помощью программы Microsoft Excel. Отображение результа-

тов на карте выполнено в географической информационной системе ESRI ArcMap.

В результате обработки первичной информации получены следующие материалы: число заболевших и заболеваемость КВЭ, количество обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей и ППК по муниципальным районам республик Карелия, Коми и Архангельской области с 2010 по 2020 г., а также временные тренды этих величин. Заболеваемость по субъектам Федерации проанализирована с 1986 по 2020 г. Далее в тексте величины заболеваемости КВЭ и ППК приведены к 100 тыс. населения.

Результаты и обсуждение

Динамика заболеваемости КВЭ на Европейском Севере России демонстрирует высокую изменчивость за последние 35 лет. На фоне общего снижения заболеваемости КВЭ в России с конца 1990-х гг. до настоящего времени на Европейском Севере России наблюдаются процессы роста и спада заболеваемости. Они схожи по форме на разных территориях, но различаются по амплитуде и времени максимума. В Республике Карелия максимум пришелся на 2003 г. (15,3 на 100 тыс. населения), в Архангельской области – на 2009–2013 гг. Эпидемическая ситуация в Республике Коми несколько отличается от таковой других территорий: достигнуты локальные максимумы, но на низком уровне – заболеваемость не превышала 3,3 на 100 тыс. населения, а в 2020 г. составила 0,85, что примерно соответствует заболеваемости по всей территории России – 0,66. Заболеваемость в России и на Европейском Севере России за последние 35 лет показана на рис. 1.

Для более детального анализа динамики эпидемической ситуации с КВЭ рассмотрены средние значения случаев заболевания и линейного тренда по муниципальным образованиям (районам) на Европейском Севере России. Большое число случаев заболевания наблюдается в южной части зоны, а также в городской агломерации Архангельска, что объясняется высокой численностью населения в городе. В северных районах наблюдается малое число заболеваний. Так, в Лешуконском и Мезенском районах Архангельской области с 2010 по 2020 г. не зарегистрировано ни одного случая заболевания КВЭ. Градиент числа случаев заболевания КВЭ показывает сложную картину динамики во времени: в северных районах градиент колеблется около нулевых значений – нет роста числа заболевших, на юге отмечаются главным образом отрицательные значения градиента – уменьшение числа заболевших.

Более наглядную картину представляет заболеваемость КВЭ по региону. Ранжирование территории муниципальных образований по уровням заболеваемости КВЭ в 2010–2020 гг. приведено на рис. 2. Средний уровень заболеваемости по всему региону в 2010–2020 гг. составил 5,65 на 100 тыс. насе-

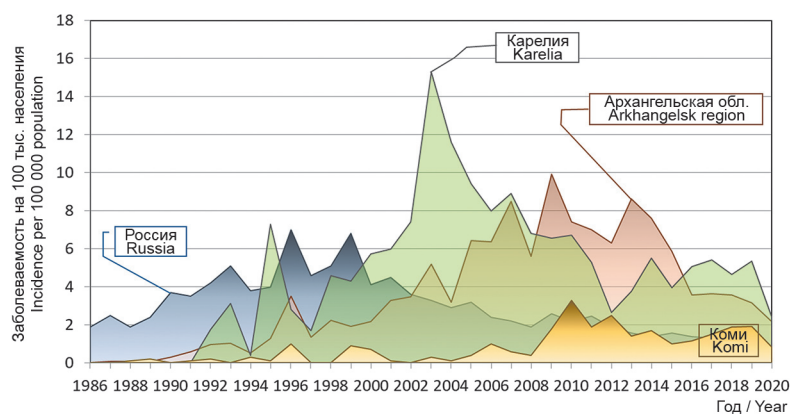


Рис. 1. Динамика заболеваемости клещевым вирусным энцефалитом в России, республиках Карелия и Коми, Архангельской области в 1986–2020 гг. (на 100 тыс. населения)

Fig. 1. Tick-borne viral encephalitis morbidity in Russia, Arkhangelsk Region, and the Republics of Karelia and Komi in 1986–2020 (per 100 000 population)

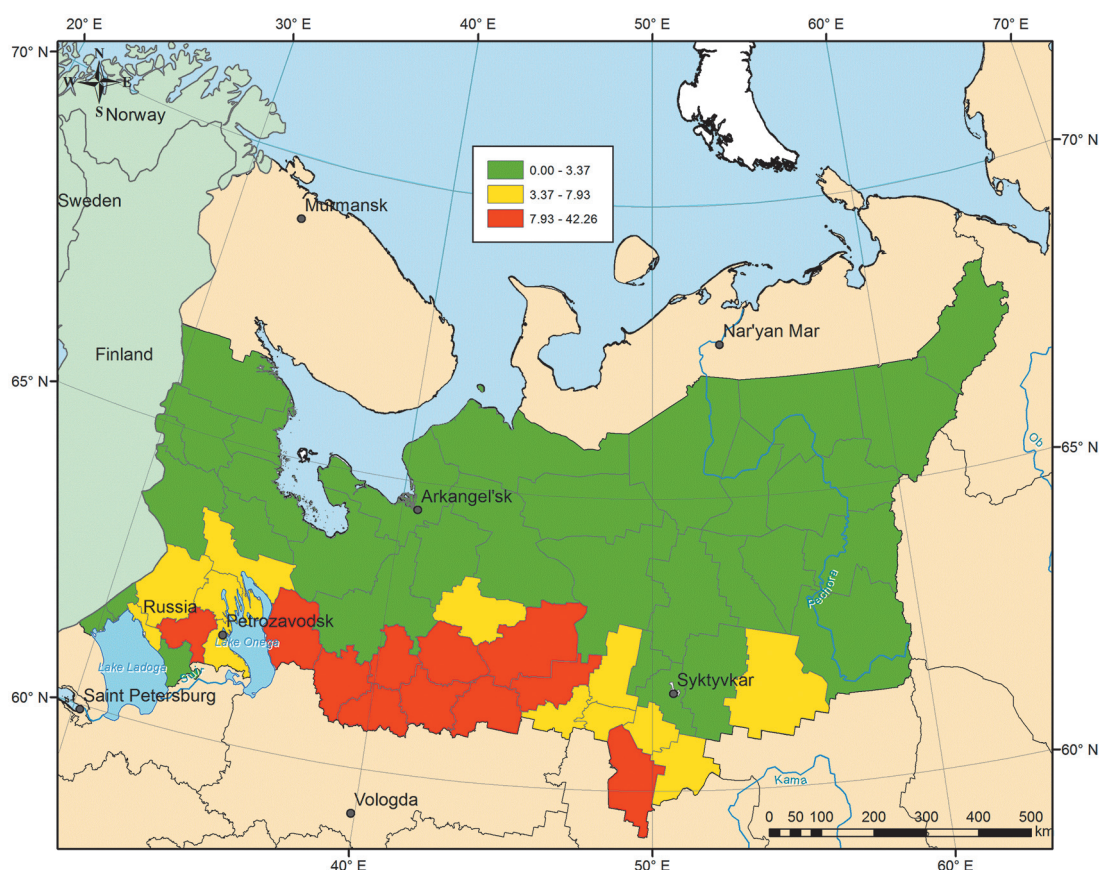


Рис. 2. Ранжирование муниципальных образований Архангельской области, республик Карелия и Коми по уровням заболеваемости КВЭ в 2010–2020 гг.

Fig. 2. The ranking of administrative units of the Arkhangelsk Region and the Republics of Karelia and Komi by tick-borne viral encephalitis incidence in 2010–2020

ния. Зеленым цветом на карте показаны территории низкого уровня заболеваемости, желтым – среднего, а красным – высокого, согласно 95 % ДИ по среднелетним значениям.

Карта заболеваемости КВЭ демонстрирует закономерное увеличение заболеваемости с юга на север. Высокая средняя заболеваемость (более 20 на 100 тыс. населения) наблюдается в южных районах Архангельской области (Вельский, Коношский и Шенкурский) и Республики Коми (Прилузский район). В Республике Карелия средний уровень заболеваемости несколько ниже, максимальные значе-

ния зафиксированы для Пудожского района – 16,4 на 100 тыс. населения. В большинстве северных районов заболеваемость находится на нулевом уровне.

Динамика заболеваемости КВЭ, т.е. линейный тренд в интервале 2010–2020 гг., показана на рис. 3.

Градиент заболеваемости КВЭ (рис. 3) в некоторой степени повторяет картину градиента числа случаев заболевания КВЭ: в северных районах наблюдается стабильная ситуация с заболеваемостью, в более южных отмечается как умеренный рост, так и резкое снижение заболеваемости. Высокие значе-

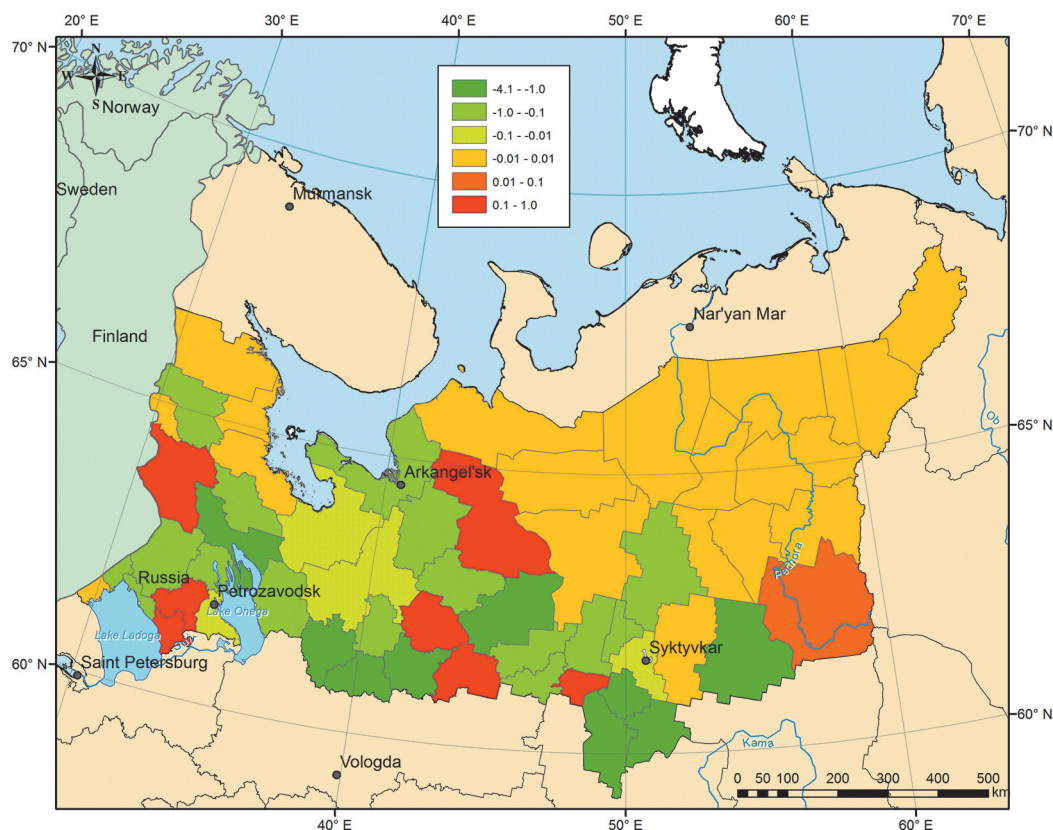


Рис. 3. Градиент заболеваемости КВЭ по муниципальным образованиям на Европейском Севере России с 2010 по 2020 г.

Fig. 3. The trends of tick-borne viral encephalitis morbidity in administrative units of European North of Russia between 2010 and 2020

ния градиента характерны для южных районов, где наблюдаются высокие средние значения заболеваемости. Высокое значение градиента в Пинежском районе Архангельской области объясняется единственным случаем заболевания в 2019 г. на фоне отсутствия заболевших в другие годы. Та же причина высокого градиента в Муезерском районе Республики Карелия: один заболевший в 2020 г. и отсутствие заболевших с 2010 по 2019 г.

Максимальные отрицательные значения градиента зафиксированы в следующих районах Архангельской области: Вельский, Верхне-Тоёмский, Каргопольский, Коношский, – а также в Медвежьегорском районе Республики Карелия и Койгородском районе Республики Коми. Очевидно,

что это районы, где наблюдалась высокая заболеваемость, которая к концу рассматриваемого периода существенно уменьшилась. Следует отметить, что в период с 2010 по 2020 г. наблюдается спад заболеваемости по региону в целом (см. рис. 1).

Анализируя число заболевших и заболеваемость КВЭ, можно отметить, что мы имеем дело с относительно низкими значениями, которые не в полной мере дают возможность адекватно отразить эпидемическую ситуацию со статистической точки зрения. Значительно более репрезентативны данные о числе обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей и ППК.

Динамика ППК на Европейском Севере России за последние 40 лет показана на рис. 4. Наиболее

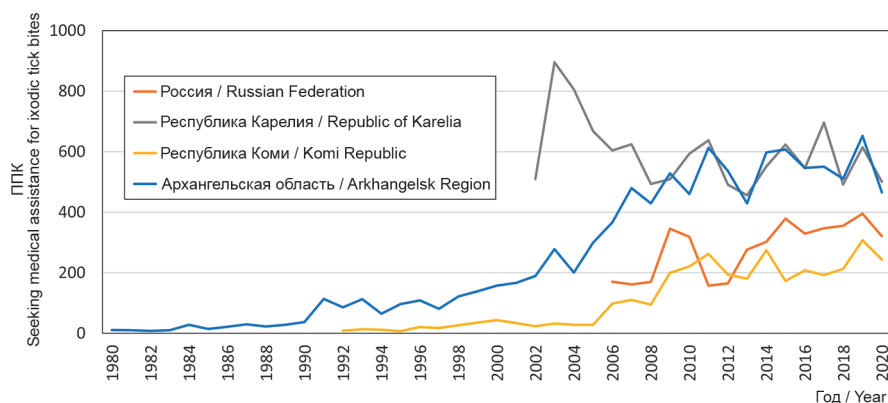


Рис. 4. Динамика обращаемости населения по поводу присасывания иксодовых клещей в России, республиках Карелия и Коми, Архангельской области в 1980–2020 гг. (на 100 тыс. населения)

Fig. 4. Dynamics of seeking medical assistance for ixodic tick bites among the population in Russia on the whole, Republics of Karelia and Komi, and the Arkhangelsk Region in 1980–2020 (per 100 000 population)

длинный ряд наблюдений имеется для Архангельской области, для других регионов и России в целом ряд значительно короче.

Показатель обращаемости населения по поводу присасывания иксодовых клещей на 100 тыс. населения в регионах Европейского Севера России растет. Особенно наглядно это видно на примере Архангельской области и Республики Коми, где регистрируется достаточно продолжительный период очень низкого уровня ППК, а затем экспоненциальный рост этого показателя [2, 5]. Так, в период с 1980 по 1989 г. в Архангельской области наблюдались средние значения ППК ($18,5 \pm 8,5$), а в последнее десятилетие, с 2011 по 2020 г., – ($550,9 \pm 69,4$). Данные по Республике Карелия о количестве обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей охватывают менее продолжительный период времени, но, судя по тому, что в последнее десятилетие ППК в Архангельской области и Республике Карелия находятся на одном уровне, а также принимая во внимание заболеваемость КВЭ в Республике Карелия (рис. 1), можно предположить, что и ППК в 1980-х гг. находился на очень низком уровне. В Республике Карелия отмечен рекордный уровень ППК для всего изучаемого региона: в 2003 г. он составил 895 на 100 тыс. населения. В Республике Коми в последнее десятилетие ППК находится на уровне вдвое ниже, чем в Республике Карелия и Архангельской области, – ($224,9 \pm 44,9$).

Большое число обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей регистрируется в южной части региона и на западе Архангельской области. В северных районах наблюдается малое число пострадавших. Нападения клещей на людей зафиксированы почти во всех районах, только в одном муниципальном образовании всего региона – Усть-Цилемском районе на северо-западе Республики Коми – за весь период наблюдения не зарегистрировано ни одного случая нападения клещей на человека. Динамика обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей в регионе характеризуется ростом числа пострадавших, который отмечается практически на всей территории зоны, за исключением южной Карелии, в окрестностях Петрозаводска. Средний ППК за период 2002–2020 гг. по муниципальным образованиям приведен на рис. 5.

Графическое отображение среднего ППК представляет собой довольно наглядное изменение числа обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей с юга на север и похоже на аналогичное изображение заболеваемости (рис. 2). Можно лишь отметить, что ППК на севере и юге зоны отличается на четыре порядка: максимальный средний ППК зафиксирован в Красноборском районе Архангельской области и составляет 2230,95 на 100 тыс. населения, тогда как в Мезенском районе той же области – 0,39 на 100 тыс. населения.

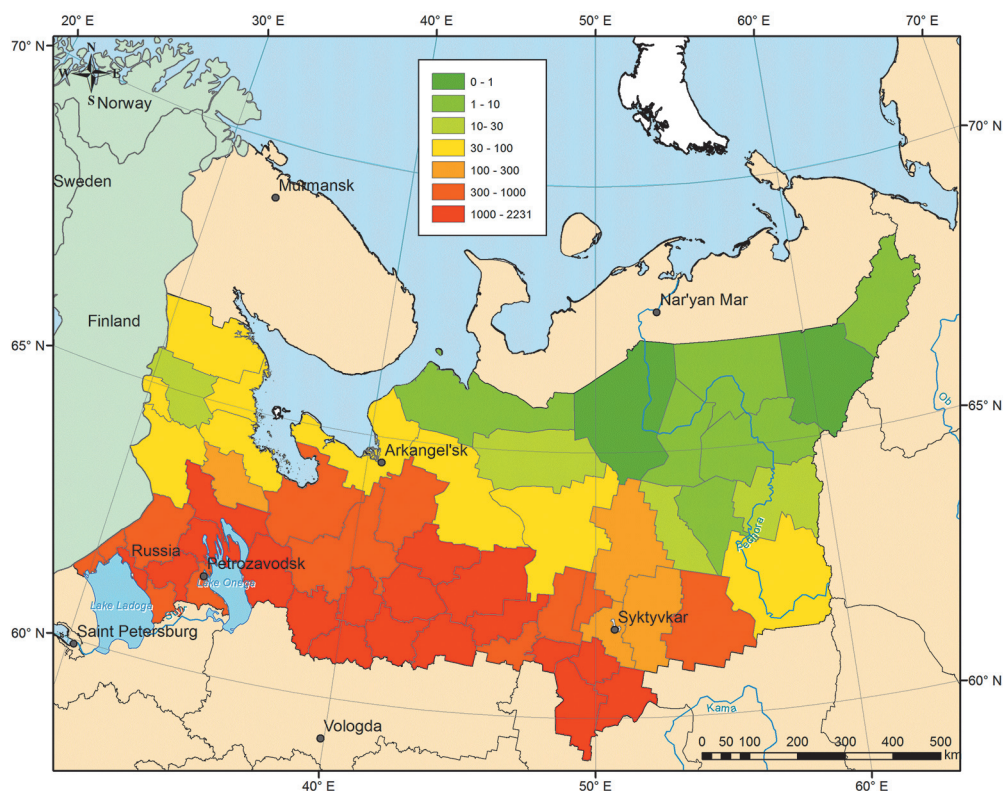


Рис. 5. Средняя обращаемость населения по поводу присасывания клещей на 100 тыс. населения по муниципальным образованиям на Европейском Севере России с 2002 по 2020 г.

Fig. 5. Mean value for the number of people who sought medical assistance for tick bites, per 100 000 population, by administrative units of European North of Russia between 2002 and 2020

Высокие положительные значения градиента, т.е. рост числа пострадавших, отмечаются практически на всей территории региона, за исключением южной Карелии, в окрестностях Петрозаводска. Максимальные положительные значения градиента зарегистрированы на юге Архангельской области и Республики Коми.

Таким образом, анализ динамики заболеваемости КВЭ и количества обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей, а также ППК на Европейском Севере России показал существенные изменения эпидемической ситуации. Как и при любом анализе временных рядов, решающее значение играет интервал времени исследования. Наиболее широко известный пример – современные изменения климата: если рассматривать период в 200 лет в Северной Европе, то температура воздуха имеет явный тренд к росту, если же взять период в 8000 лет, т.е. после последнего, плейстоценового оледенения, то тренд температур будет негативный. Схожая ситуация и в нашем случае. Рассматривая период с начала 80-х гг. прошлого века до настоящего времени, можно констатировать, что в начале периода на Европейском Севере России практически не регистрировались случаи нападения клещей на человека и заболевания КВЭ. Затем произошел резкий рост этих показателей, в Республике Карелия раньше, в Архангельской области и Республике Коми – позже (см. рис. 1 и 4). Далее наступила фаза стабилизации, характеризующаяся тем, что уровень ППК остается на одном уровне, а заболеваемость падает. Именно этот период стабилизации и является временным интервалом наших исследований из-за ограниченного временного интервала эпидемиологических данных.

В результате исследований выявлено, что в последнее десятилетие наблюдается выраженное снижение заболеваемости КВЭ при сохраняющемся уровне ППК. Объяснение подобной ситуации возможно с двух сторон: проведение противоэпидемических мероприятий, и в первую очередь вакцинации, сдерживает заболеваемость КВЭ. С другой стороны – возможное снижение инфицированности клещей вирусом КВЭ, а также рост иммунизации населения из-за частых контактов с вирусом.

Вероятно, эти разнонаправленные тенденции обусловлены рядом факторов. Так, в последние годы значительно увеличился объем специфической профилактики в отношении этой инфекции. Например, в Архангельской области количество вакцинированных жителей с 2005 по 2015 г. увеличилось в 3,6 раза – с 6699 до 23939 человек. Хотя количество вакцинированных относительно невелико по сравнению с количеством жителей области, необходимо подчеркнуть, что основная группа вакцинированных состояла из лиц, относящихся к профессиональным группам риска заболевания КВЭ. Более того, почти 30 % пострадавших от присасывания клещей в 2015 г. была проведена экстренная серопротекция иммуноглобулином [6].

Другой причиной снижения заболеваемости КВЭ может быть рост естественной иммунизации населения. Так, в 1980–2020 гг. число обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей в Архангельской области составило более 127 тыс. человек, что составляет 12 % современного населения области. Серопревалентность в отношении вируса клещевого энцефалита среди жителей южных районов Архангельской области составляет более 20 % [6].

В чем причины наблюдаемой динамики заболеваемости КВЭ и числа пострадавших от нападения клещей? Значительный объем исследований по влиянию изменения климата на распространение иксодовых клещей был выполнен в России, Европе и Северной Америке [7–11]. Нами было показано, что популяция клещей на европейской территории России распространяется в северном направлении, и температура воздуха является главным контролирующим фактором этого движения [5]. Выполнено моделирование развития популяции клещей при прогнозируемых климатических изменениях для всей территории России [12] и других стран [13, 14].

Анализ характера распределения ППК в зависимости от температуры показывает, что температура атмосферного воздуха является основным, но не единственным фактором, регулирующим численность иксодовых клещей на Европейском Севере России [3, 15]. В приблизительно одинаковых экосистемах северной тайги и условиях избыточного увлажнения именно температура играет главную роль в формировании популяции клещей.

За последние десятилетия произошли существенные изменения биотических компонентов ландшафтов на Европейском Севере России. Наблюдается расширение лесных зон в северном направлении, что обуславливает экспансию на северные территории многих видов диких млекопитающих, которые являются основными прокормителями иксодовых клещей.

Ранее северная граница обитания иксодовых клещей проходила значительно южнее. За сорокалетний период наблюдения миграция клещей из южных районов Республики Коми на север составила не менее 150–200 км. Аналогичные процессы наблюдаются в Архангельской области и Республике Карелия.

Исследования экологии клещей *Ixodes persulcatus* показывали, что для развития популяции необходимо накопление суммы температур воздуха 1400–1500 °С за период с устойчивой среднесуточной температурой выше 10 °С либо суммы температур 1600 °С за период с устойчивой среднесуточной температурой выше 5 °С [15, 16]. Эти же исследования подчеркивают важность температурных условий зимовки популяции, которая определяется температурой воздуха и характеристиками снежного покрова. На наш взгляд, для условий Европейского Севера России целесообразно использовать среднегодовые температуры, отражающие полный температурный режим региона.

Последние исследования изменений температурного режима поверхности на Европейском Севере России показывают тенденцию на стабилизацию и даже некоторое снижение летних температур. Вегетационный период, т.е. период с устойчивой среднесуточной температурой выше 10 °С, так же стабилен последние два десятилетия [4]. Исследования зависимости ППК от температуры на Европейском Севере России показали, что во многих районах достигнута оптимальная температура для развития *I. persulcatus*, и ППК в этих районах не растет, оставаясь на уровне 1000 на 100 тыс. населения, что позволяет сделать предположение, что и популяция клещей так же достигла максимума и более не увеличивается.

Анализ динамики заболеваемости КВЭ и числа обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей на Европейском Севере России позволил сделать следующие выводы: 1) уровень заболеваемости и число заболевших КВЭ остаются на высоком уровне, превышающем среднероссийский, но снижаются в последнее десятилетие; 2) число обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей и ППК остаются на стабильно высоком уровне и не имеют тенденции к снижению; 3) в Архангельской области и Республике Карелия ППК, по-видимому, достиг насыщения и не будет расти в дальнейшем; 4) и заболеваемость, и число обратившихся в медицинские организации по поводу присасывания клещей распространяются в северном направлении, захватывая новые территории в Приарктической зоне; 5) основной движущей силой наблюдаемой эпидемической ситуации на Европейском Севере России являются природные процессы изменения климата.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии дополнительного финансирования при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Никитин А.Я., Андаев Е.И., Толмачёва М.И., Аюгин Н.И., Яценко Е.В., Матвеева В.А., Туранов А.О., Балахонов С.В. Эпидемиологическая ситуация по клещевому вирусному энцефалиту в Российской Федерации за 2011–2021 гг. и краткосрочный прогноз ее развития. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2022; 1:15–23. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-15-23.
2. Тронин А.А., Токарев Н.К., Гнатив Б.Р. Численность клещей *Ixodes persulcatus* в Республике Коми как функция температуры воздуха. *Инфекция и иммунитет*. 2019; 9(5-6):811–6. DOI: 10.15789/2220-7619-2019-5-6-811-816.
3. Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природно-очаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М.: Коментарий; 2013. 463 с.
4. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет; 2014. 61 с.
5. Тронин А., Токарев Н., Блинова О., Гнатив Б., Бужин Р., Сололова О., Евенгард В., Пахомова Т., Бужнова Л., Сафонова О. Study of the relationship between the average annual temperature of atmospheric air and the number of tick-bitten humans in the North of European Russia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(21):8006. DOI: 10.3390/ijerph17218006.
6. Соколова О.В., Чашин В.П., Попова О.Н., Бузинов Р.В., Пасынкова М.М., Гудков А.Б. Эпидемиологические осо-

бенности распространения клещевого вирусного энцефалита в Архангельской области. *Экология человека*. 2017; 4:12–9. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-4-12-19.

7. Lindgren E., Gustafson R. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. *Lancet*. 2001; 358(9275):16–8. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)05250-8.

8. Gray J.S., Dautel H., Estrada-Peña A., Kahl O., Lindgren E. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.* 2009; 2009:593232. DOI: 10.1155/2009/593232.

9. Ostfeld R.S., Brunner J.L. Climate change and *Ixodes* tick-borne diseases of humans. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 2015; 370(1665):20140051. DOI: 10.1098/rstb.2014.0051.

10. Sirotkin M.B., Korenberg E.I. Influence of abiotic factors on different developmental stages of the taiga tick *Ixodes persulcatus* and the sheep tick *Ixodes ricinus*. *Entomol. Rev.* 2018; 98(4):496–513. DOI: 10.1134/S0013873818040115.

11. Bouchard C., Dibbernardo A., Koffi J., Wood H., Leighton P.A., Lindsay L.R. Increased risk of tick-borne diseases with climate and environmental changes. *Can. Commun. Dis. Rep. = Relevé des Maladies Transmissibles au Canada*. 2019; 45(4):83–9. DOI: 10.14745/ccdr.v45i04a02.

12. Ясюкевич В.В., Попов И.О., Титкина С.Н., Ясюкевич Н.В. Уязвимость субъектов Российской Федерации в отношении распространения основных переносчиков иксодовых клещевых боррелиозов и клещевого энцефалита в условиях предполагаемого изменения климата. *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. 2018; 29(4):8–28. DOI: 10.21513/0207-2564-2018-4-08-28.

13. Gaff H.D., Gross L.J. Modeling tick-borne disease: a metapopulation model. *Bull. Math. Biol.* 2007; 69(1):265–88. DOI: 10.1007/s11538-006-9125-5.

14. Porretta D., Mastrantonio V., Amendolia S., Gaiarsa S., Epis S., Genchi C., Bandi C., Otranto D., Urbanelli S. Effects of global changes on the climatic niche of the tick *Ixodes ricinus* inferred by species distribution modelling. *Parasites Vectors*. 2013; 6:271. DOI: 10.1186/1756-3305-6-271.

15. Балашов Ю.С. Иксодовые клещи – паразиты и переносчики инфекций. СПб.: Наука; 1998. 287 с.

16. Тажный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): Морфология, систематика, экология, медицинское значение. Л.: Наука; 1985. 410 с.

References

1. Nikitin A.Y., Andaev E.I., Tolmacheva M.I., Ayugin N.I., Yatsmenko E.V., Matveeva V.A., Turanov A.O., Balakhonov S.V. [Epidemiological situation on tick-borne viral encephalitis in the Russian Federation in 2011–2021 and short-term forecast of its development]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2022; (1):15–23. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-15-23.
2. Tronin A.A., Tokarevich N.K., Gnativ B.R. [Abundance of *Ixodes persulcatus* ticks in Komi Republic as a function of an air temperature]. *Infektsiya i Immunitet [Russian Journal of Infection and Immunity]*. 2019; 9(5-6):811–6. DOI: 10.15789/2220-7619-2019-5-6-811-816.
3. Korenberg E.I., Pomelova V.G., Osin N.S. [Natural-Focal Ixodidae Tick-Borne Infections]. Moscow: "Kommentarij"; 2013. 463 p.
4. [The second assessment report of Federal Service of Russia on Hydrometeorology and Monitoring of the Environment on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary]. Moscow: Roshydromet; 2014. 61 p.
5. Tronin A., Tokarevich N., Blinova O., Gnativ B., Buzinov R., Sokolova O., Evengard B., Pahomova T., Bubnova L., Safonova O. Study of the relationship between the average annual temperature of atmospheric air and the number of tick-bitten humans in the North of European Russia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(21):8006. DOI: 10.3390/ijerph17218006.
6. Sokolova O.V., Chashchin V.P., Popova O.N., Buzinov R.V., Pasyunkova M.M., Gudkov A.B. [Epidemiological features of the spread of tick-borne viral encephalitis in the Arkhangelsk region]. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2017; (4):12–9. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-4-12-19.
7. Lindgren E., Gustafson R. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. *Lancet*. 2001; 358(9275):16–8. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)05250-8.
8. Gray J.S., Dautel H., Estrada-Peña A., Kahl O., Lindgren E. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.* 2009; 2009:593232. DOI: 10.1155/2009/593232.
9. Ostfeld R.S., Brunner J.L. Climate change and *Ixodes* tick-borne diseases of humans. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 2015; 370(1665):20140051. DOI: 10.1098/rstb.2014.0051.
10. Sirotkin M.B., Korenberg E.I. Influence of abiotic factors on different developmental stages of the taiga tick *Ixodes persulcatus*

and the sheep tick *Ixodes ricinus*. *Entomol. Rev.* 2018; 98(4):496–513. DOI: 10.1134/S0013873818040115.

11. Bouchard C., Dibbernardo A., Koffi J., Wood H., Leighton P.A., Lindsay L.R. Increased risk of tick-borne diseases with climate and environmental changes. *Can. Commun. Dis. Rep. = Relevé des Maladies Transmissibles au Canada*. 2019; 45(4):83–9. DOI: 10.14745/ccdr.v45i04a02.

12. Yasjukevich V.V., Popov I.O., Titkina S.N., Yasjukevich N.V. [The vulnerability of subjects of the Russian Federation in relation to the distribution of the main vectors of *Ixodes* tick-borne borelliosis and tick-borne encephalitis in the expected climate change]. *Problems of Problemy Ekologicheskogo Monitoringa i Modelirovaniya Ekosistem [Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling]*. 2018; 29(4):8–28. DOI: 10.21513/0207-2564-2018-4-08-28.

13. Gaff H.D., Gross L.J. Modeling tick-borne disease: a metapopulation model. *Bull. Math. Biol.* 2007; 69(1):265–88. DOI: 10.1007/s11538-006-9125-5.

14. Porretta D., Mastrantonio V., Amendolia S., Gaiarsa S., Epis S., Genchi C., Bandi C., Otranto D., Urbanelli S. Effects of global changes on the climatic niche of the tick *Ixodes ricinus* inferred by species distribution modelling. *Parasites Vectors*. 2013; 6:271. DOI: 10.1186/1756-3305-6-271.

15. Balashov Yu.S. [Ixodidae Ticks – Parasites and Vectors of Infections]. St. Petersburg: “Nauka”; 1998. 287 p.

16. [Taiga Tick, *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): Morphology, Taxonomy, Ecology, Medical Significance]. Leningrad: “Nauka”; 1985. 410 p.

Authors:

Tronin A.A. St. Petersburg Research Center for Environmental Safety. 18, Korpusnaya St., Saint Petersburg, 197110, Russian Federation. E-mail: a.a.tronin@gmail.com.

Tokarevich N.K. St. Petersburg Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology; 14, Mira St., Saint Petersburg, 197101, Russian Federation. North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 41, Kirochnaya St., Saint Petersburg, 191015, Russian Federation.

Buzinov R.V. North-Western Scientific Center of Hygiene and Public Health; 4, Vtoraya Sovetskaya St., Saint Petersburg, 191036, Russian Federation. Northern State Medical University; 51, Troitsky Avenue, Arkhangelsk, 163069, Russian Federation.

Sokolova O.V. Northern State Medical University; 51, Troitsky Avenue, Arkhangelsk, 163069, Russian Federation. Rospotrebnadzor Administration in the Arkhangelsk Region; 24, Gaidara St., Arkhangelsk, 163069, Russian Federation.

Gnativ B.R. Rospotrebnadzor Administration in the Komi Republic. 71, Ordzhonikidze St., Syktyvkar, 167016, Russian Federation.

Bubnova L.A., Safonova O.S. Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Karelia. 12, Pirogova St., Petrozavodsk, 185002, Russian Federation.

Об авторах:

Тронин А.А. Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности. Российская Федерация, 197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18. E-mail: a.a.tronin@gmail.com.

Токарев Н.К. Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера; Российская Федерация, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, 14. Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; Российская Федерация, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41.

Бузинов Р.В. Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья; Российская Федерация, 191036, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, 4. Северный государственный медицинский университет; Российская Федерация, 163069, Архангельск, пр. Троицкий, 51.

Соколова О.В. Северный государственный медицинский университет; Российская Федерация, 163069, Архангельск, пр. Троицкий, 51. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Архангельской области; Российская Федерация, 163069, Архангельск, ул. Гайдара, 24.

Гнатив Б.Р. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми. Российская Федерация, 167016, Сыктывкар, ул. Орджоникидзе, 71.

Бубнова Л.А., Сафонова О.С. Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Карелия. Российская Федерация, 185002, Петрозаводск, ул. Пирогова, 12.