

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 574

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В РАСПРОСТРАНЕНИИ КЛЕЩЕВЫХ ИНФЕКЦИЙ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

С.М. Малхазова¹, Н.В. Шартова², С.В. Зелихина³, Д.С. Орлов⁴

^{1–4} *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет*

¹ *Кафедра биогеографии, зав. каф., проф., д-р геогр. наук; e-mail: sveta_geo@mail.ru*

² *Кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: shartova@yandex.ru*

³ *Кафедра биогеографии, аспирант; e-mail: svetlana_2304@list.ru*

⁴ *Кафедра биогеографии, ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: orlovds@list.ru*

Представлен медико-географический анализ пространственной неоднородности в распространении клещевых инфекций на юге Дальнего Востока. На основе литературных материалов и статистических данных Роспотребнадзора по заболеваемости населения болезнями, возбудители которых передаются иксодовыми клещами, проведен картографический анализ распространения инфекций. Выявлены статистически значимые пространственные кластеры с высоким уровнем заболеваемости, имеющие различную локальную приуроченность. По сибирскому клещевому тифу они выявлены на юге Хабаровского края и Еврейской АО, клещевым боррелиозам – в центральной части Хабаровского края, клещевому энцефалиту – на юго-западе Забайкальского края.

Ключевые слова: клещевые инфекции, клещевой энцефалит, иксодовые клещевые боррелиозы, сибирский клещевой тиф, медико-географическое картографирование, Дальний Восток, Россия

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.2.5

ВВЕДЕНИЕ

Клещевые трансмиссивные инфекции в мире все чаще относят к группе инфекций, значение которой недооценивается [Lipri et al., 2021]. Многие вспышки этих болезней не всегда регистрируются, а их распространение и бремя в мире остается недооцененным [Schiffman et al., 2009; Малхазова и др., 2016; Eisen, Paddock, 2021]. В то же время клещевые инфекции являются актуальным примером болезней в парадигме One Health¹, когда понять пространственное распределение рисков для здоровья человека невозможно без синтеза информации о взаимоотношениях населения с естественной средой и влиянии хозяйственной деятельности [Lipri et al., 2021]. Остается актуальным вопрос о возможном сдвиге границ ареалов клещевых инфекций, что может быть обусловлено действием различных факторов: от глобальных климатических изменений [Попов и др., 2021] до локальной и региональной антропогенной трансформации территорий.

Клещевые инфекции являются важной составляющей в структуре природноочаговых болезней России и представляют серьезную проблему здравоохранения для регионов умеренного климата, особенно в весенне-летний сезон – период наибольшей активности клещей. Для поддержания эпидемиологического благополучия территорий необходима непрерывная инвентаризация имеющейся информации, анализ факторов, определяющих распространение болезней, моделирование эпидемиологической ситуации и прогноз ее развития в связи с изменениями природной среды.

Регионом исследования является юг Дальнего Востока (Забайкальский, Приморский, Хабаровский края, Амурская область и Еврейская автономная область (АО)), территория которого отличается как наличием различных клещевых инфекций, так и по физико-географической структуре, разнообразию растительного покрова и животного населения, плотности проживающего населения и социально-экономическим условиям. Выбор региона исследования обусловлен также наличием протяженной государственной границы между Россией и Китаем,

¹ One Health – концепция, согласно которой здоровье людей тесно связано со здоровьем животных и состоянием окружающей среды.

тесными экономическими и миграционными связями и регистрацией очагов клещевых инфекций в приграничных регионах обеих стран.

На юге Дальнего Востока отмечается циркуляция риккетсий, вызывающих клещевые риккетсиозы, боррелий (иксодовые клещевые боррелиозы) и вируса клещевого энцефалита [Медико-географический..., 2017]. В последнее десятилетие регистрируются случаи заболевания моноцитарным эрлихиозом человека (МЭЧ) и гранулоцитарным анаплазмозом человека (ГАЧ) [Шутикова и др., 2019]. Следует отметить, что на фоне изученности распространения клещевых инфекций в Приморском крае [Болотин, 2002; Леонова и др., 2015; Шутикова и др., 2019; Лубова и др., 2020], практически отсутствует медико-географическая информация по соседним административным территориям, входящим в регион исследования.

В связи с этим целью статьи является медико-географический анализ неоднородности распространения клещевых инфекций на юге Дальнего Востока для определения первичных пространственных закономерностей их современной территориальной приуроченности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве материалов исследования использованы статистические данные о заболеваемости населения клещевыми риккетсиозами, клещевыми боррелиозами и клещевым энцефалитом по пяти субъектам РФ, граничащим с Китаем (региональный уровень), за 2000–2020 гг. На муниципальном уровне данные за аналогичный период были получены по 86 административно-территориальным единицам Забайкальского и Хабаровского краев, Еврейской АО, Амурской области. Из анализа на муниципальном уровне исключен Приморский край в связи с отсутствием статистических данных. Информация была предоставлена региональными управлениями Роспотребнадзора.

На первом этапе составлены карты структуры и динамики заболеваемости для анализа ситуации по заболеваемости на региональном уровне. Далее на основе полученных статистических данных по муниципальным районам проведен расчет среднескользящих показателей заболеваемости, частоты регистрации инфекций и картографирование результатов. Для анализа географической неоднородности распространения клещевых инфекций выделены пространственные кластеры с использованием метода пространственной автокорреляции – локального индекса Морана [Anselin, 1995]. Все расчеты и построение карт проводились в ArcGIS Professional 2.9.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период с 2000 по 2020 г. в рассматриваемых регионах юга Дальнего Востока среди 18 тыс. зарегистрированных случаев природноочаговых инфекций подавляющее большинство пришлось на болезни, передаваемые клещами, – более 15 тыс. случаев. При этом в структуре заболеваемости клещевыми инфекциями почти половину всех случаев составили риккетсиозы – 48%, далее боррелиозы – 36%, энцефалит – 16%. ГАЧ и МЭЧ были зарегистрированы в виде единичных случаев и не включены в дальнейший анализ.

Клещевые риккетсиозы относятся к наиболее значимым инфекциям по количеству зарегистрированных случаев на исследуемой территории. Впервые как самостоятельное заболевание клещевой риккетсиоз определен в 1938 г. в Красноярском крае [Яцимирская-Кронтовская, 1939]. На Дальнем Востоке описана одновременная циркуляция двух возбудителей: *Rickettsia sibirica* (*R. sibirica* subsp. *sibirica*), вызывающего сибирский клещевой тиф, и *R. heilongjiangensis* – дальневосточный клещевой риккетсиоз со сходными клиническими проявлениями [Mediannikov et al., 2004, 2009; Злобин и др., 2015; Рудаков и др., 2011; Рудаков и др., 2019]. Циркуляция риккетсий происходит в популяциях диких млекопитающих из отрядов Rodentia и Lagomorpha и паразитиформных клещей (роды *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, *Ixodes*). Из-за отсутствия возможности молекулярной и серологической дифференциации все случаи клещевых риккетсиозов в Сибири и на Дальнем Востоке, вызываемые различными видами риккетсий, регистрируют под названием «сибирский клещевой тиф» [Рудаков и др., 2019].

Возбудителями иксодовых клещевых боррелиозов являются боррелии, входящие в комплекс *Borrelia burgdorferi sensu lato*. В России наиболее распространены и имеют основное эпидемиологическое значение два вида боррелий из этого комплекса – *B. afzelii* и *B. garinii* [Wang, 2015]. Они могут встречаться одновременно в одном клеще, соответственно заражение может произойти различными видами боррелий [Коренберг, 1996; Манзенюк, 2005]. В России случаи болезни впервые были серологически верифицированы в 1985 г. [Коренберг и др., 1986]. Резервуарными хозяевами боррелий в природе являются главным образом мелкие млекопитающие и птицы, при этом роль последних недостаточно изучена [Коренберг и др., 2013]. Клещи рода *Ixodes*, главным образом таежный (*I. persulcatus*) и гораздо в меньшей степени *I. pavlovskyi* [Никитин и др., 2021], являются основными переносчиками и долговременными хранителями боррелий на территории Дальнего Востока.

Изучение природных очагов клещевых боррелиозов в России началось практически одновременно на северо-западе и на Дальнем Востоке [Коренберг и др., 1987]. Было установлено, что наиболее напряженные очаги связаны с широколиственными, хвойно-широколиственными и южнотаежными лесами [Коренберг и др., 2002].

Клещевой энцефалит связан с вирусом *Tick-borne encephalitis virus*. Распространение и основные черты эпидемиологии клещевого энцефалита в России во многом сходны с клещевыми боррелиозами [Коренберг и др., 2002]. Переносчиками являются те же виды клещей *I. persulcatus* и *I. pavlovskyi*, хотя роль последнего в передаче инфекции изучена недостаточно. Природные очаги клещевого энцефалита приурочены к ландшафтам тайги и хвойно-широколиственных лесов [Коренберг и др., 2013]. Отмечено, что на Дальнем Востоке клиническая форма клещевого энцефалита протекает особенно

тяжело с большим количеством неблагоприятных исходов, что связано с высокой вирулентностью дальневосточного подтипа вируса [Андаев и др., 2021].

На региональном уровне пространственные различия в распространении клещевых инфекций на исследуемой территории заметны прежде всего в структуре регистрируемых болезней.

На территории всех пяти исследуемых субъектов РФ зарегистрированы основные клещевые инфекции ДВ – сибирский клещевой тиф, иксодовые клещевые боррелиозы, клещевой энцефалит (рис. 1). Больше всего случаев клещевых инфекций за период с 2000 по 2020 г. отмечено в Приморском крае – 6726, меньше всего в Еврейской АО – 389. В структуре заболеваемости населения клещевыми инфекциями в Приморском и Хабаровском краях, Еврейской АО и Амурской области преобладает сибирский клещевой тиф, в Забайкальском крае – клещевой энцефалит.

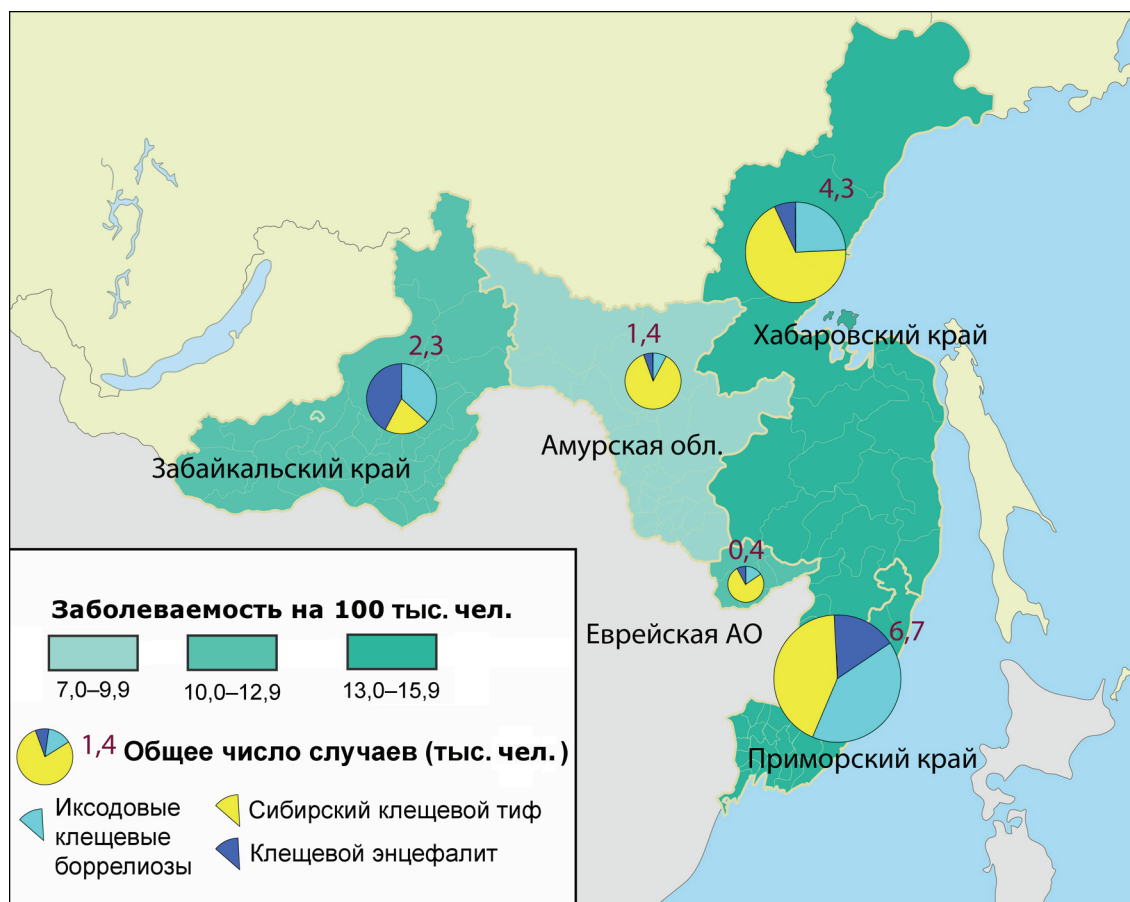


Рис. 1. Структура заболеваемости основными клещевыми инфекциями по анализируемым субъектам РФ (региональный уровень)

Fig. 1. Structure of tick-borne infection incidence in the analyzed subjects of the Russian Federation (regional level)

В Приморском, Хабаровском и Забайкальском краях все три инфекции за анализируемый период регистрируются практически ежегодно (рис. 2).

В Амурской области последние три года не выявляется клещевой энцефалит и два последних года из рассматриваемого периода – иксодовые клещевые

боррелиозы. В Еврейской АО клещевые боррелиозы и сибирский клещевой тиф отмечаются почти ежегодно, случаи клещевого энцефалита были зарегистрированы в течение девяти лет.

Повышенные показатели заболеваемости сибирского клещевого тифа (от 10 до 20 случаев на 100 тыс. чел.) характерны для Хабаровского края, Амурской области и Еврейской АО. Самые низкие

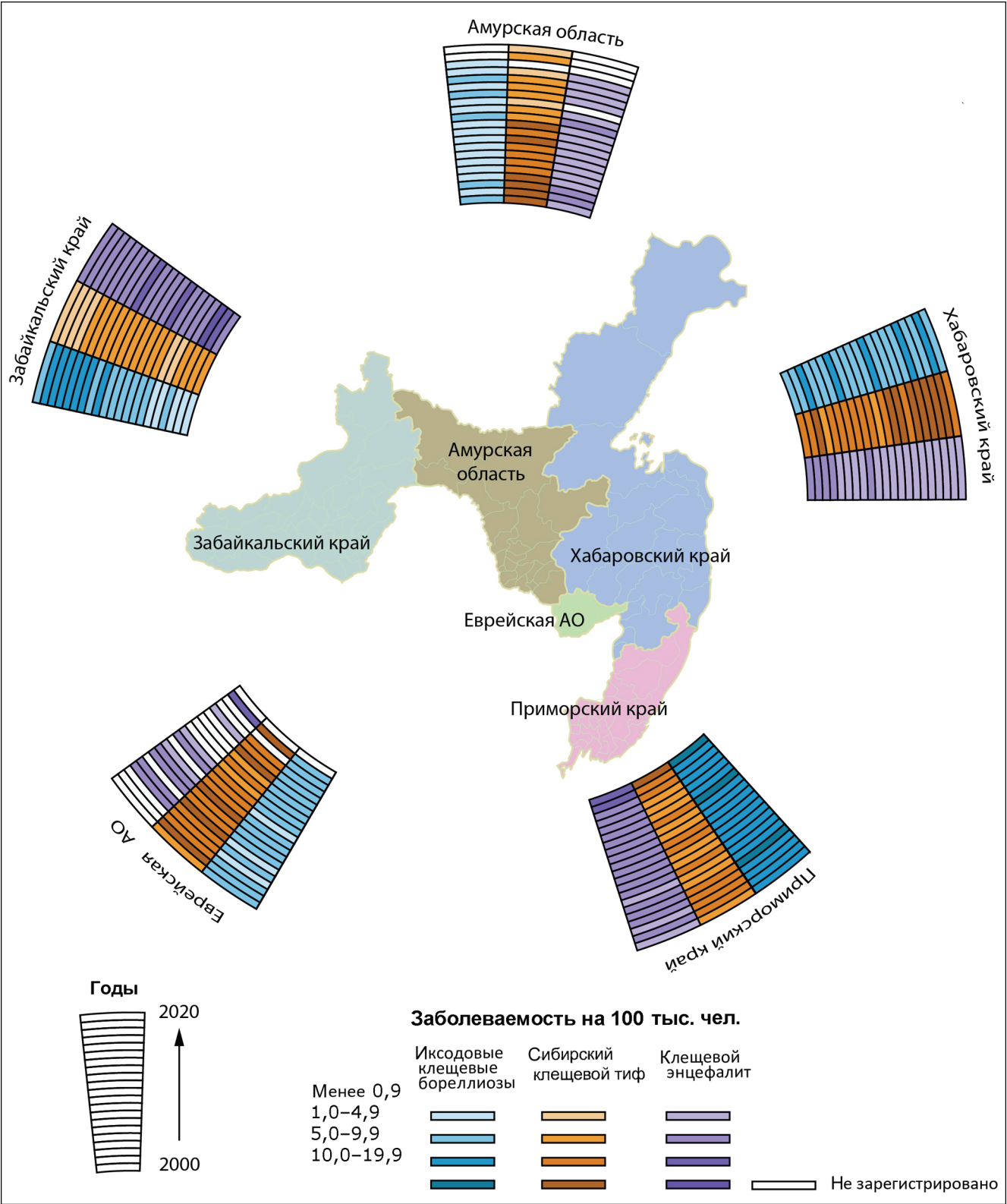


Рис. 2. Динамика заболеваемости клещевыми инфекциями по анализируемым субъектам РФ (региональный уровень)

Fig. 2. Dynamics of tick-borne infection incidence in the analyzed subjects of the Russian Federation (regional level)

показатели отмечены в Забайкальском крае – менее одного случая на 100 тыс. чел. Повышенная заболеваемость (от 10 до 20 случаев на 100 тыс. чел.) клещевыми боррелиозами регистрируется в Приморском крае. В остальных четырех субъектах заболеваемость составляет менее пяти случаев на 100 тыс. чел. Повышенный уровень заболеваемости клещевым энцефалитом (от 10 до 20 случаев

на 100 тыс. чел.) отмечен в Приморском и Забайкальском краях, в то время как в Хабаровском крае ежегодный уровень заболеваемости от одного до 10 случаев, а в Амурской области и Еврейской АО заболеваемость регистрируется не каждый год.

Особенно заметна значительная территориальная дифференциация в распространении клещевых инфекций на муниципальном уровне (рис. 3–5).

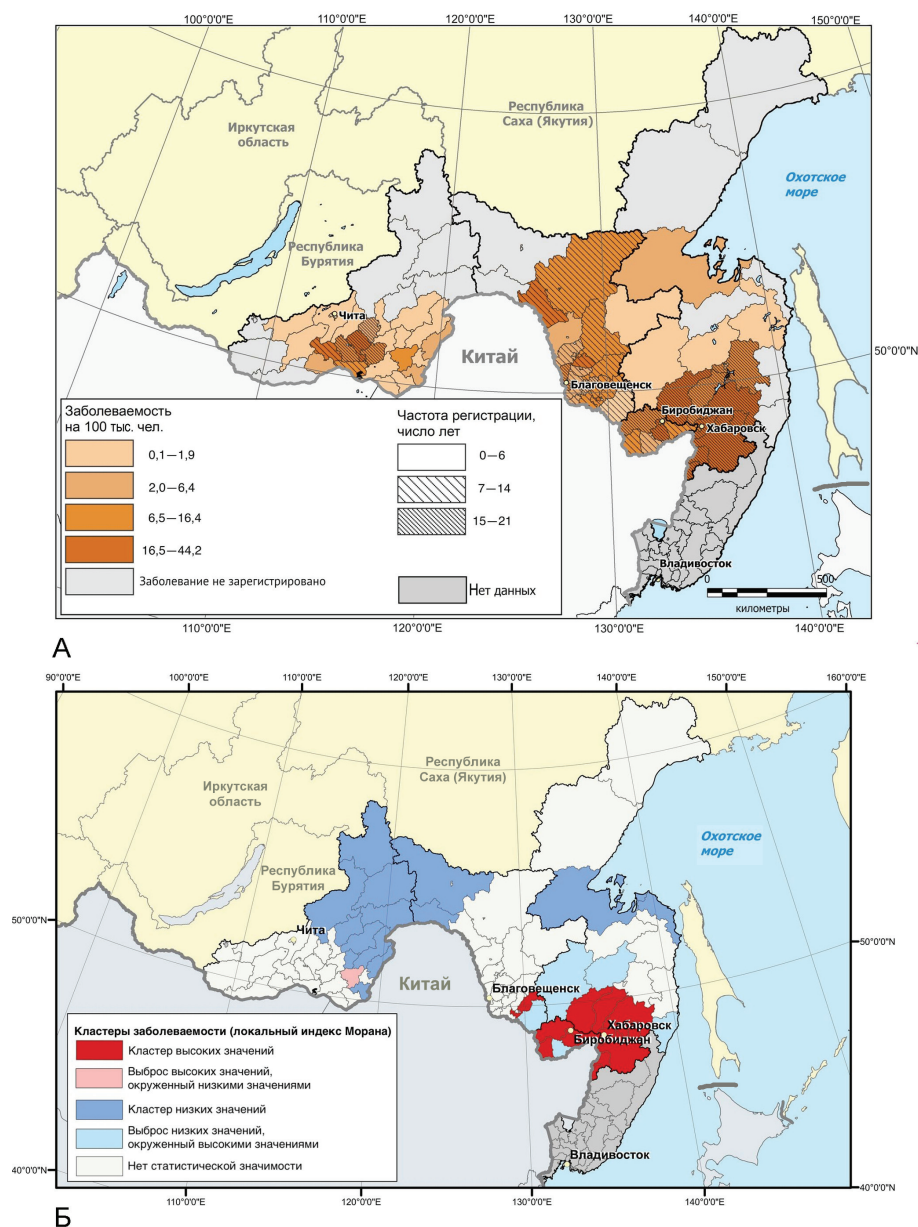


Рис. 3. Сибирский клещевой тиф на юге Дальнего Востока, 2000–2020:

А – заболеваемость сибирским клещевым тифом по муниципальным районам; Б – пространственные кластеры заболеваемости сибирским клещевым тифом.

На рис. 3Б, 4Б и 5Б оба типа кластеров обозначают положительную пространственную автокорреляцию окрестностей с высокими или низкими значениями заболеваемости. Пространственными выбросами являются районы с высокими значениями заболеваемости, окруженные районами с низкими значениями заболеваемости, или наоборот

Fig. 3. Siberian tick-borne typhus in the south of the Far East, 2000–2020: A – Siberian tick-borne typhus incidence by municipal districts; Б – Spatial clusters of Siberian tick-borne typhus incidence. On fig. 3Б, 4Б and 5Б both types of clusters indicate positive spatial autocorrelation of neighborhoods with high or low incidence values. Spatial outliers are areas with high incidence values surrounded by areas with low incidence values, or vice versa

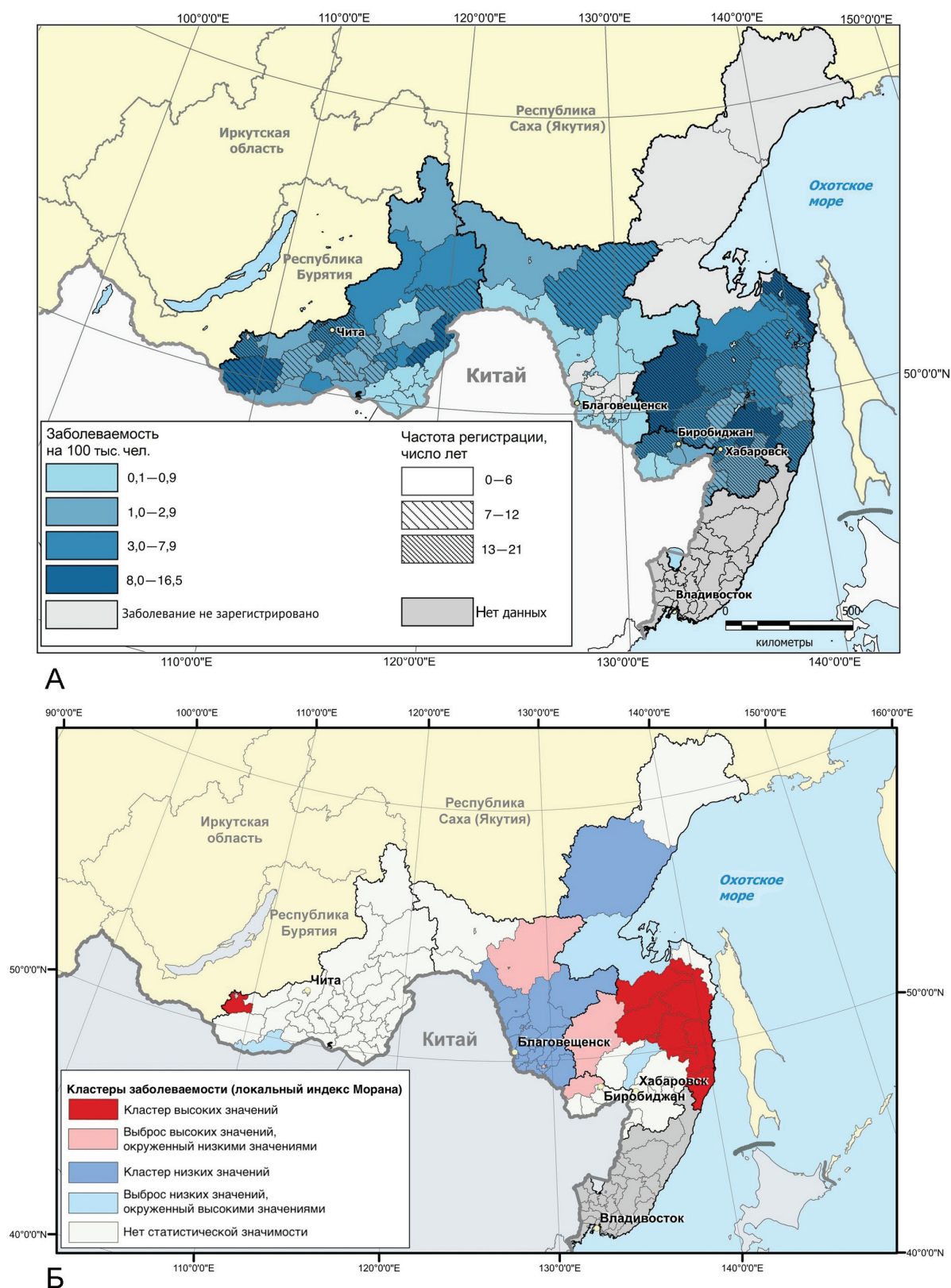


Рис. 4. Иксодовые клещевые боррелиозы на юге Дальнего Востока, 2000–2020:

А – заболеваемость клещевыми боррелиозами по муниципальным районам; Б – пространственные кластеры заболеваемости клещевыми боррелиозами

Fig. 4. Tick-borne borreliosis in the south of the Far East, 2000–2020: A – Tick-borne borreliosis incidence by municipal districts; Б – Spatial clusters of tick-borne borreliosis incidence

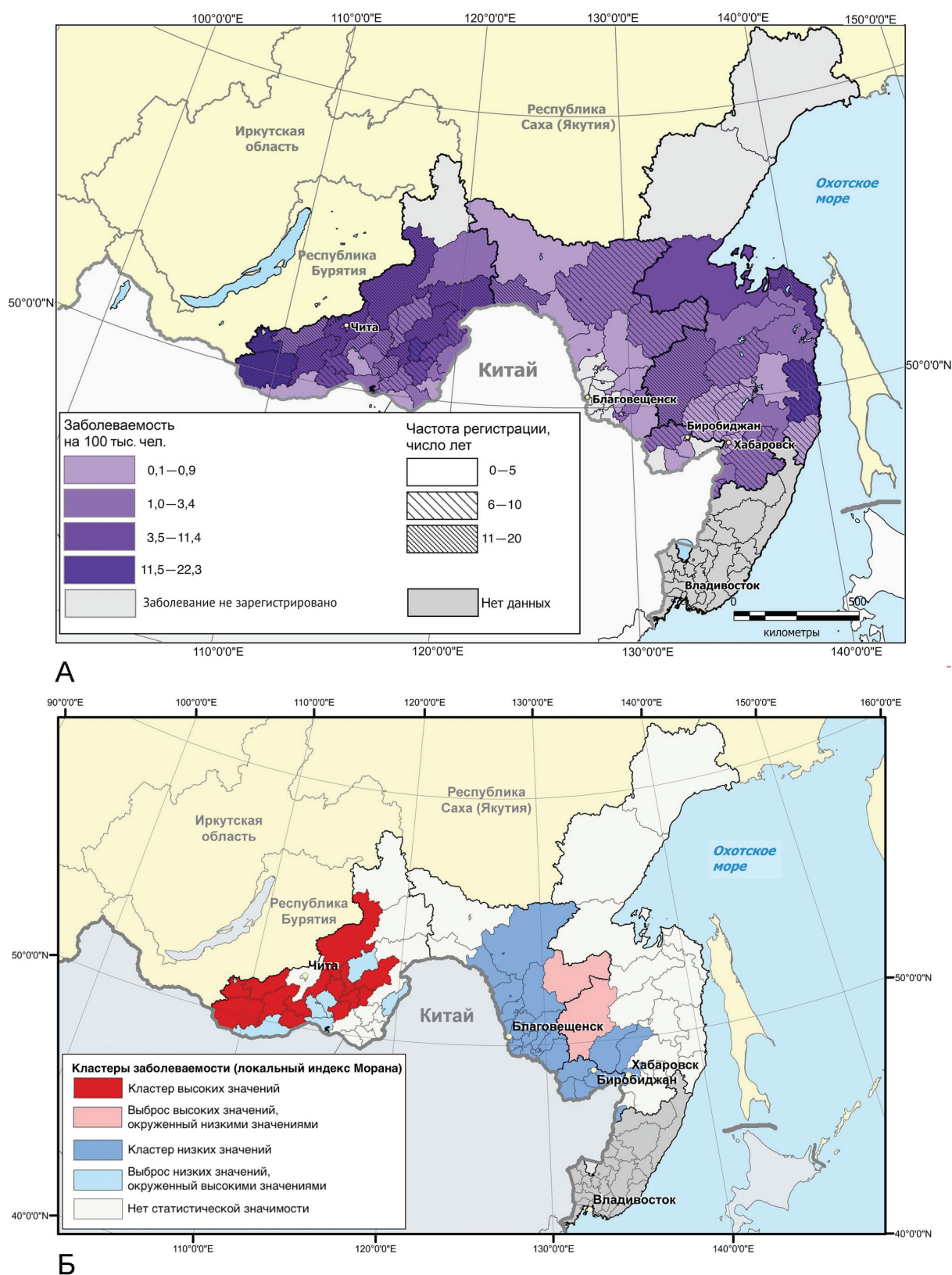


Рис. 5. Клешевой энцефалит на юге Дальнего Востока, 2000–2020:

А – заболеваемость клещевым энцефалитом по муниципальным районам; Б – пространственные кластеры заболеваемости клещевым энцефалитом

Fig. 5. Tick-borne encephalitis in the south of the Far East, 2000–2020:

А – Tick-borne encephalitis incidence by municipal districts; Б – Spatial clusters of tick-borne encephalitis incidence

Для сибирского клещевого тифа можно выделить две области с повышенным уровнем заболеваемости и частотой регистрации (см. рис. 3А). Первая относится к территории Забайкальского края, а именно к южным Агинскому, Моготуйскому, Оловянинскому и окружающим их районам. Вторая область приурочена к югу Хабаровского края и Еврейской АО. Именно эта территория определена как статистически значимый кластер высоких значений заболеваемости (см. рис. 3Б). При этом северные и юго-западные районы Забайкальского края, пограничные с ним районы Амурской области и северные районы Хабаровского края являются свободными от инфекции.

Заболеваемость клещевыми боррелиозами распределена по исследуемой территории более равномерно (см. рис. 4Б). Тем не менее можно выделить районы с повышенным уровнем и наиболее частой регистрацией болезни в центральной части Забайкальского края, а также на юге Хабаровского края. При этом районы юга Хабаровского края образуют статистически значимый кластер повышенной заболеваемости (см. рис. 4Б). Отсутствует регистрация заболеваемости на севере Хабаровского края и в юго-восточной части Амурской области, а именно в Магдагачинском, Сковородинском, Тамбовском, Благовещенском, Шимановском районах и Бурейском округе.

Пространственная картина заболеваемости и частоты регистрации клещевого энцефалита во многом сходна с клещевыми боррелиозами (см.

рис. 5А). Так, аналогично выделяются области на юго-востоке Амурской области и севере Хабаровского края, свободные от инфекции. Однако, можно сделать вывод о более интенсивной циркуляции и передаче инфекции человеку в Забайкальском крае, в первую очередь в районах, протянувшихся с северо-востока на юго-запад, а также в отдельных районах Хабаровского края. Анализ пространственных кластеров подтверждает наличие кластера высокой заболеваемости, охватывающего значительную часть Забайкальского края (см. рис. 5Б).

ВЫВОДЫ

Все три основные клещевые инфекции – сибирский клещевой тиф, клещевые боррелиозы и клещевой энцефалит присутствуют в исследуемом регионе юга Дальнего Востока, однако выявлена значительная внутрирегиональная дифференциация по уровню и частоте заболеваемости. Статистически значимые кластеры высокой заболеваемости по сибирскому клещевому тифу выявлены на юге Хабаровского края и Еврейской АО, клещевыми боррелиозами – в центральной части Хабаровского края и клещевым энцефалитом – на юго-западе Забайкальского края. Проведенный предварительный анализ пространственной неоднородности в распространении инфекций является основой для дальнейшего изучения их пространственно-временных трендов и определения факторов, обуславливающих выявленную географическую гетерогенность.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) проект № 21-47-00016 «Новые и возвращающиеся природнообусловленные инфекционные заболевания в Китае и России: пространственно-временной анализ и оценка трансграничных рисков». Исследование проведено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андаев Е.И., Никитин А.Я., Яценко Е.В., Веригина Е.В., Толмачева М.И., Аюгин Н.И., Матвеева В.А., Балахонов С.В. Тенденции развития эпидемического процесса клещевого вирусного энцефалита в Российской Федерации, лабораторная диагностика, профилактика и прогноз на 2021 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 1. С. 6–16.
- Болотин Е.И. Функциональная организация природных очагов зоонозных инфекций (на примере очагов клещевого энцефалита юга российского Дальнего Востока). Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2002. 150 с.
- Злобин В.И., Рудаков Н.В., Малов И.В. Клещевые трансмиссивные инфекции. Новосибирск: Наука, 2015. 224 с.
- Коренберг Э.И. Таксономия, филогенетические связи и области формообразования спирохет рода *Borrelia*, передающихся иксодовыми клещами // Успехи современной биологии. 1996. № 116(4). С. 389–406.
- Коренберг Э.И., Крючечнико В.Н., Деконенк Е.П. и др. Серологическое выявление болезни Лайма в СССР // Журн. микробиол., эпидемиол., иммунобиол. 1986. № 6. С. 111–113.
- Коренберг Э.И., Крючечнико В.Н., Ковалевский Ю.В. и др. Клещ *Ixodes persulcatus* Schulze – новый переносчик *Borrelia burgdorferi* // Доклады АН СССР. 1987. Т. 297. С. 1268–1270.
- Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами / под ред. А.Л. Гинцбурга, В.Н. Злобина. М.: Наука, 2013. 463 с.
- Коренберг Э.И., Горелова Н.Б., Ковалевский Ю.В. Основные черты природной очаговости иксодовых кле-

- щевых боррелиозов в России // *Паразитология*. 2002. Т. 36. № 3. С. 177–191.
- Леонова Г.Н., Бондаренко Е.И., Хворостянюк А.А., Курловская А.В. Изучение распространенности на юге Дальнего Востока возбудителей инфекций, передаваемых иксодовыми клещами // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2015. Т. 14. № 1(80). С. 31–35.
- Лубова В.А., Леонова Г.Н., Шутикова А.Л. Роль иксодовых клещей в циркуляции возбудителей клещевых инфекций на юге Дальнего Востока // *Экология человека*. 2020. № 2. С. 58–64.
- Малхазова С.М., Миронова В.А., Пестина П.В., Орлов Д.С. Новые и возвращающиеся инфекции в России: медико-географический аспект // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.* 2016. № 5. С. 24–32.
- Манзенюк И.Н., Манзенюк О.Ю. Клещевые боррелиозы (болезнь Лайма). Кольцово, 2005. 86 с.
- Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни» / под ред. С.М. Малхазовой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Географический факультет МГУ, 2017. 216 с.
- Никитин А.Я., Сабитова Ю.В., Рап В.А., Морозов И.М., Гордейко Н.С., Алленов А.В., Каверина Г.Б., Бабкин И.В., Тикунова Н.В., Андаев Е.И. Роль *Ixodes pavlovskyi* (Acari, Ixodidae) в боррелиозном эпизоотическом процессе на острове Русском // *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021. № 1. С. 116–121.
- Попов И.О., Семенова С.М., Попова Е.Н. Оценка климатогенной угрозы распространения таежного клеща *Ixodes persulcatus* на территории России и соседних стран в начале XXI века // *Известия РАН. Серия географическая*. 2021. Т. 85. № 2. С. 231–237.
- Рудаков Н.В., Шнынов С.Н., Самойленко И.Е., Оберт А.С. Клещевой риккетсиоз и риккетсии группы клещевой пятнистой лихорадки в России. Омск: ИЦ «Омский научный вестник», 2011. 131 с.
- Рудаков Н.В., Шнынов С.Н., Транквилевский Д.В. и др. Особенности эпидемической ситуации по сибирскому клещевому тифу и другим клещевым риккетсиозам в Российской Федерации, прогноз на 2019 г. // *Проблемы особо опасных инфекций*. 2019. № 1. С. 89–97.
- Шутикова А.Л., Леонова Г.Н., Лубова В.А. Эпизоотологическая ситуация по клещевым инфекциям в 2018 году на юге Дальнего Востока // *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. 2019. № 1. С. 11–18.
- Яцимирская-Кронтовская М.К. Клещевой сыпной тиф // Всесоюз. конф. эпидемиологов, микробиологов и инфекционистов: тез. докл. М., 1939. С. 114–118.
- Anselin L. Local Indicators of Spatial Association – LISA, *Geographic Analysis*, 1995, no. 27, p. 93–115.
- Eisen R.J., Paddock C.D. Tick and tickborne pathogen surveillance as a public health tool in the United States, *Journal of Medical Entomology*, 2021, vol. 58, iss. 4, p. 1490–1502.
- Lippi C.A., Ryan S.J., White A.L., Gaff H.D., Carlson C.J. Trends and Opportunities in Tick-Borne Disease Geography, *Journal of Medical Entomology*, 2021, vol. 58, iss. 6, p. 2021–2029.
- Mediannikov O., Makarova V., Tarasevich I., Sidelnikov Y., Raoult D. Isolation of Rickettsia heilongjiangensis strains from humans and ticks and its multispacer typing, *Clin. Microbiol. Infect.*, 2009, vol. 15, suppl. 2, p. 288–289.
- Mediannikov O.Y., Sidelnikov Y., Ivanov L., Mokretsova E., Fournier P.E., Tarasevich I., Raoult D. Acute tick-borne rickettsiosis caused by Rickettsia heilongjiangensis in Russian Far East, *Emerg. Infect. Dis.*, 2004, vol. 10, no. 5, p. 810–817.
- Schiffman E.K., McLaughlin C., Ray J.A.E., Kemperman M.M., Hinckley A.F., Friedlander H.G., Neitzel D.F. Underreporting of lyme and other tick-borne diseases in residents of a high-incidence county, Minnesota, 2009, *Zoonoses Public Health*, 2016, vol. 65, p. 230–237.
- Wang G. Borrelia burgdorferi and Other Borrelia Species, *Molecular Medical Microbiology* (Second Edition), Yi-Wei Tang, M. Sussman, D. Liu, I. Poxton, J. Schwartzman (eds.), Boston, Academic Press, 2015, vol. 3, p. 1867–1909.

Поступила в редакцию 24.06.2022

После доработки 15.08.2022

Принята к публикации 22.09.2022

SPATIALLY HETEROGENEOUS DISTRIBUTION OF TICK-BORNE INFECTIONS IN THE SOUTH OF THE FAR EAST

S.M. Malkhazova¹, N.V. Shartova², S.V. Zelikhina³, D.S. Orlov⁴

^{1–4} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

¹ Department of Biogeography, Head of Department, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sveta_geo@mail.ru

² Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: shartova@yandex.ru

³ Department of Biogeography, Ph.D. student; e-mail: svetlana_2304@list.ru

⁴ Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: orlovds@list.ru

The medical-geographical analysis of spatially heterogeneous distribution of tick-borne infections in the south of the Far East was provided. The cartographic analysis of the spread of infections was carried out on the basis of literary materials and statistical data of Rosпотребнадзор on the incidence of tick-borne diseases. Statistically significant spatial clusters with a high level of morbidity with different local confinement

were identified. The high levels of morbidity were found in the south of the Khabarovsk Krai and the Jewish Autonomous Oblast for Siberian tick typhus, in the central part of the Khabarovsk Krai for tick-borne borreliosis, and in the southwest of the Zabaykalsky Krai for tick-borne encephalitis.

Keywords: tick-borne infections, tick-borne encephalitis, tick-borne borreliosis, Siberian tick typhus, medical-geographical mapping, Far East, Russia

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project no. 21-47-00016 New and re-emerging nature-induced infections in China and Russia: spatio-temporal analysis and assessment of trans-boundary risks).

The study was carried out under the Development Program of the Interdisciplinary Scientific and Education School of the Lomonosov Moscow State University “Future of the planet and global changes of the environment”.

REFERENCES

- Andaev E.I., Nikitin A.Ya., Yatsmenko E.V., Verigina E.V., Tolmacheva M.I., Ayugin N.I., Matveeva V.A., Balakhonov S.V. Tendentsii razvitiya epidemicheskogo protsessa kleshchevogo virusnogo entsefalita v Rossiiskoi Federatsii, laboratornaya diagnostika, profilaktika i prognoz na 2021 g. [Trends in the epidemic process of tick-borne viral encephalitis in the Russian Federation, laboratory diagnostics, prevention and forecast for 2021], *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2021, no. 1, p. 6–16. (In Russian)
- Anselin L. Local Indicators of Spatial Association – LISA, *Geographic Analysis*, 1995, no. 27, p. 93–115.
- Bolotin E.I. Funktsional'naya organizatsiya prirodnkh ochagov zoonoznykh infektsii (na primere ochagov kleshchevogo entsefalita yuga rossiiskogo Dal'nego Vostoka) [Functional organization of natural foci of zoonotic infections (case study of foci of tick-borne encephalitis in the south of the Russian Far East)], Vladivostok, DVGUTU Publ., 2002, 150 p. (In Russian)
- Eisen R.J., Paddock C.D. Tick and tickborne pathogen surveillance as a public health tool in the United States, *Journal of Medical Entomology*, 2021, vol. 58, iss. 4, p. 1490–1502.
- Korenberg E.I. Taksonomiya, filogeneticheskie svyazi i oblasti formoobrazovaniya spirokhet roda Borrelia, peredayushchikhsya iksodovymi kleshchami [Taxonomy, phylogenetic relationships and areas of morphogenesis of spirochetes of the genus Borrelia transmitted by ixodid ticks], *Uspekhi sovremennoi biologii*, 1996, 116(4), p. 389–406. (In Russian)
- Korenberg E.I., Gorelova N.B., Kovalevskii Yu.V. Osnovnye cherty prirodnoi ochagovosti iksodovykh kleshchevykh borreliozov v Rossii [Main features of the natural foci of ixodid tick-borne borreliosis in Russia], *Parazitologiya*, 2002, vol. 36, no. 3, p. 177–191. (In Russian)
- Korenberg E.I., Kryuchchniko V.N., Dekonenk E.P. et al. Serologicheskoe vyyavlenie bolezni Laima v SSSR [Serological detection of Lyme disease in the USSR], *Zhurn. mikrobiol., epidemiol., immunobiol.*, 1986, no. 6, p. 111–113. (In Russian)
- Korenberg E.I., Kryuchchniko V.N., Kovalevskii Yu.V. et al. Kleshch *Ixodes persulcatus* Schulze – novyi perenoschik *Borrelia burgdorferi* [The *Ixodes persulcatus* Schulze tick as a new vector of *Borrelia burgdorferi*], DAN SSSR, 1987, vol. 297, p. 1268–1270. (In Russian)
- Korenberg E.I., Pomelova V.G., Osin N.S. Prirodnnoochagovye infektsii, peredayushchiesya iksodovymi kleshchami [Natural focal infections transmitted by ixodid ticks], A.L. Gintsburga, V.N. Zlobina (eds.), Moscow, Nauka Publ., 2013, 463 p. (In Russian)
- Leonova G.N., Bondarenko E.I., Khvorostyanko A.A., Kurlovskaya A.V. Izuchenie rasprostranennosti na yuge Dal'nego Vostoka vozbuditelei infektsii, peredavaemykh iksodovymi kleshchami [The study of the occurrence of vectors of infections transmitted by ixodid ticks in the south of the Far East], *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*, 2015, vol. 14, no. 1(80), p. 31–35. (In Russian)
- Lippi C.A., Ryan S.J., White A.L., Gaff H.D., Carlson C.J. Trends and Opportunities in Tick-Borne Disease Geography, *Journal of Medical Entomology*, 2021, vol. 58, iss. 6, p. 2021–2029.
- Lubova V.A., Leonova G.N., Shutikova A.L. Rol' iksodovykh kleshchei v tsirkulyatsii vozbuditelei kleshchevykh infektsii na yuge Dal'nego Vostoka [The role of ixodid ticks in the circulation of pathogens of tick-borne infections in the south of the Far East], *Ekologiya cheloveka*, 2020, no. 2, p. 58–64. (In Russian)
- Malkhazova S.M., Mironova V.A., Pestina P.V., Orlov D.S. Emerging and re-emerging infections in Russia: a medico-geographical aspect, *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2016, no. 5, p. 24–32. (In Russian)
- Manzenyuk I.N., Manzenyuk O.Yu. Kleshchevye borreliozy (bolezni Laima) [Tick-borne borreliosis (Lyme disease)], Kol'tsovo, 2005. (In Russian)
- Mediannikov O., Makarova V., Tarasevich I., Sidelnikov Y., Raoult D. Isolation of Rickettsia heilongjiangensis strains from humans and ticks and its multispacer typing, *Clin. Microbiol. Infect.*, 2009, vol. 15, suppl. 2, p. 288–289.
- Mediannikov O.Y., Sidelnikov Y., Ivanov L., Mokretsova E., Fournier P.E., Tarasevich I., Raoult D. Acute tick-borne rickettsiosis caused by Rickettsia heilongjiangensis in Russian Far East, *Emerg. Infect. Dis.*, 2004, vol. 10, no. 5, p. 810–817.
- Mediko-geograficheskii atlas Rossii “Prirodnnoochagovye bolezni” [Natural Focal Diseases. Medico-geographical Atlas of Russia], S.M. Malkhazova (ed.), 2nd revised edition, Moscow, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 2017, 216 p. (In Russian)
- Nikitin A.Ya., Sabitova Yu.V., Rar V.A., Morozov I.M., Gordeiko N.S., Allenov A.V., Kaverina G.B., Babkin I.V., Tikunova N.V., Andaev E.I. Rol' *Ixodes pavlovskiyi* (Acari, Ixodidae) v borrelioznom epizooticheskom protsesse na ostrove Russkom [The role of *Ixodes pavlovskiyi* (Acari, Ixodidae) in the borreliosis epizootic process on

- the Russky Island], *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2021, no. 1, p. 116–121. (In Russian)
- Popov I.O., Semenova S.M., Popova E.N. Ocenka klimatogennoj ugrozy rasprostraneniya taezhnogo kleshha *Ixodes persulcatus* na territorii Rossii i sosednih stran v nachale XXI veka [Assessment of climatogenic hazard of the taiga tick *Ixodes persulcatus* distribution in Russia and neighboring countries at the beginning of the 21st century], *Izvestija RAN, Serija geograficheskaja*, 2021, vol. 85, no. 2, p. 231–237. (In Russian)
- Rudakov N.V., Shpynov S.N., Samoilenko I.E., Obert A.S. *Kleshchevoi rikketsioz i rikketsii gruppy kleshchevoi pyatnistoi likhoradki v Rossii* [Tick-borne rickettsiosis and rickettsia of the tick-borne spotted fever group in Russia], Omsk, Omskii nauchnyi vestnik Publ., 2011, 131 p. (In Russian)
- Rudakov N.V., Shpynov S.N., Trankvilevskii D.V. at el. Osobennosti epidemicheskoi situatsii po sibirskomu kleshchevomu tifu i drugim kleshchevym rikketsiozam v Rossiiskoi Federatsii, prognoz na 2019 g. [Features of the epidemic situation for Siberian tick-borne typhus and other tick-borne rickettsiosis in the Russian Federation, forecast for 2019], *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2019, no. 1, p. 89–97.
- Schiffman E.K., McLaughlin C., Ray J.A.E., Kemperman M.M., Hinckley A.F., Friedlander H.G., Neitzel D.F. Underreporting of lyme and other tick-borne diseases in residents of a high-incidence county, Minnesota, 2009, *Zoonoses Public Health*, 2016, vol. 65, p. 230–237.
- Shutikova A.L., Leonova G.N., Lubova V.A. Epizootologicheskaya situatsiya po kleshchevym infektsiyam v 2018 godu na yuge Dal'nego Vostoka [Epizootological situation of tick-borne infections in 2018 in the south of the Far East], *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya*. Nauka Publ., 2019, no. 1, p. 11–18. (In Russian)
- Wang G. *Borrelia burgdorferi and Other Borrelia Species, Molecular Medical Microbiology* (Second Edition), Yi-Wei Tang, M. Sussman, D. Liu, I. Poxton, J. Schwartzman (eds.), Boston, Academic Press, 2015, vol. 3, p. 1867–1909.
- Yatsimirskaya-Krontovskaya M.K. *Kleshchevoi sypnoi tif* [Tick-borne typhus], All-Union. conf. epidemiologists, microbiologists and infectious disease specialists, proc. report, Moscow, 1939, p. 114–118. (In Russian)
- Zlobin V.I., Rudakov N.V., Malov I.V. *Kleshchevye transmissivnye infektsii* [Tick-borne infections], Novosibirsk, Nauka Publ., 2015, 224 p. (In Russian)

Received 24.06.2022

Revised 15.08.2022

Accepted 22.09.2022