
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 574

КЛЕЩЕВЫЕ ИНФЕКЦИИ В ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ: КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ

С.М. Малхазова¹, П.В. Копылов², А.В. Букликов³,
А.З. Сетдикова⁴, Ф.И. Коренной⁵, Д.С. Орлов⁶

^{1,6} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет

^{1,4} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова – Пекинский политехнический институт
в Шэньчжэне, географический факультет

² Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека по Еврейской автономной области

³ Центр гигиены и эпидемиологии в Еврейской автономной области

⁵ Федеральный центр охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»)

¹ Проф., д-р геогр. наук; e-mail: sveta_geo@mail.ru

² Руководитель Управления; e-mail: zpp@79.rosпотребnadzor.ru

³ Гл. врач; e-mail: gige pid@mail.ru

⁴ Магистрант; e-mail: setdikova02@mail.ru

⁵ Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: korennoy@arriah.ru

⁶ Доц., канд. геогр. наук; e-mail: orlovds@list.ru

Статья посвящена пространственно-временному анализу распространения клещевых инфекций в Еврейской автономной области (ЕАО). В исследовании использованы материалы по укусам клещами людей и зараженности клещей возбудителями особо опасных инфекций за период с 2018 по 2022 г. Собрана информация по пяти актуальным для региона инфекциям: клещевой вирусный энцефалит (КВЭ), иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ), сибирский клещевой тиф (СКТ), гранулоцитарный анаплазмоз человека (ГАЧ), моноцитарный эрлихиоз человека (МЭЧ).

Проведен анализ распространения клещевых инфекций по административным районам области. Выявлено, что наибольшее распространение имеют ИКБ. На основе точечных данных о местах регистрации зараженных клещей и привлечения ряда природных факторов создана карта потенциально-го ареала клещевых инфекций в ЕАО. С учетом прогнозических климатических данных на период 2081–2100 гг. для условий наиболее жесткого климатического сценария SSP5-8.5 построена карта про-гнозного ареала клещевых инфекций для территории ЕАО на конец XXI в.

Ключевые слова: Еврейская автономная область, клещевые инфекции, медико-географическое карто-графирование, ГИС, моделирование ареалов

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.5.10

ВВЕДЕНИЕ

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. Актуальность клещевых инфекций в настоящее время связана также с тем, что они рассматриваются в рамках концепции «Одно здоровье» (One Health), согласно которой здоровье людей тесно связано со здоровьем животных и состоянием окружающей среды. Понимание

особенностей распространения этих болезней не-возможно без синтеза информации о возбудителях, носителях и переносчиках инфекций, а также влияющих на них факторах окружающей среды и хозяйственной деятельности человека [Lippi et al., 2021].

В последнее десятилетие на территории РФ наблюдалась устойчивая тенденция к повышению уровня заболеваемости населения клещевыми ин-фекциями и расширению их нозоареалов [Лубова, 2020; Малхазова и др., 2023]. Для поддержания эпидемиологического благополучия территорий не-обходима непрерывная инвентаризация имеющейся

информации, анализ факторов, определяющих распространение болезней, моделирование эпидемиологической ситуации и прогноз ее развития в связи с изменениями природной среды.

Одной из эндемичных территорий по этим заболеваниям является Еврейская автономная область (ЕАО). При этом территория недостаточно изучена в медико-географическом плане. Выбор региона исследования обусловлен также наличием государственной границы между Россией и Китаем, тесными экономическими и миграционными связями и регистрацией очагов клещевых инфекций в приграничных регионах обеих стран.

Работ, которые бы показывали современную комплексную медико-географическую оценку региона, в том числе распространение отдельных болезней в регионе, практически нет [Владимиров и др., 2023]. Остается актуальным вопрос о возможном изменении границ ареалов клещевых инфекций, что может быть обусловлено действием различных факторов: от глобального потепления климата [Попов и др., 2021] до локальной и региональной антропогенной трансформации экосистем.

Цель исследования – выявление пространственно-временных особенностей распространения клещевых инфекций в Еврейской автономной области.

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

- сбор и обработка материала по клещевым инфекциям и переносчикам их возбудителей в Еврейской автономной области за период с 2018 по 2022 г.;
- картографический анализ распространения клещевых инфекций в Еврейской автономной области;
- моделирование потенциального ареала клещевых инфекций в Еврейской автономной области;
- прогноз возможных изменений распространения клещевых инфекций в связи с глобальным потеплением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использованы материалы Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Еврейской автономной области по укусам клещами людей и зараженности клещей возбудителями особо опасных клещевых инфекций. Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Еврейской автономной области», а также ежегодные зоологические отчеты и лабораторные журналы исследований клещей, снятых с людей, на наличие возбудителей клещевых инфекций за 2018–2022 гг.

В результате обработки полевых и архивных данных собрана информация по пяти актуальным для региона инфекциям: клещевой вирусный энцефалит (КВЭ), иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ), сибирский клещевой тиф (СКТ), гранулоцитарный анаплазмоз человека (ГАЧ), моноцитарный эрлихиоз человека (МЭЧ).

Для построения карт современного и прогнозного потенциального ареалов клещевых инфекций были выбраны параметры окружающей среды, способные оказывать влияние на функционирование природных очагов этих болезней. Использованы климатические данные многолетних наблюдений с метеостанций, а также рассчитанные с применением климатических моделей в рамках международного эксперимента CMIP6 для наиболее жесткого сценария глобального потепления климата SSP5-8.5: среднегодовая температура воздуха, средняя температура июля, средняя температура января, среднегодовая относительная влажность и среднегодовые осадки, а также данные о рельефе территории (earthexplorer.usgs.gov) и о растительном покрове (получены по данным спутниковой системы Proba-V [Егоров, 2018]).

При помощи ГИС-пакета ArcGIS Pro 3.0 были составлены базы данных с указанием географических координат мест регистрации возбудителей клещевых инфекций за период 2018–2022 гг. В базе данных указывались места выделения возбудителей клещевых инфекций. На основе созданной базы данных построены графики, диаграммы и серия аналитических карт. Карты были выполнены в программе ArcGIS Pro 3.0. Визуализация данных осуществлена способом значков. Картографическая основа для рис. 2 и 4 выполнена с использованием данных о типе земельного покрова Esri [Karra et al., 2021].

Для выполнения моделирования потенциального и прогнозного ареалов клещевых инфекций применено программное обеспечение MaxEnt – широко используемый в настоящее время подход к выявлению экологических ниш на основе алгоритма подбора с оптимизацией по принципу максимальной энтропии. Данный подход разработан для моделирования ареалов различных биологических видов на основании информации о предпочтаемых данным видом условиях окружающей среды [Phillips et al., 2006]. Этот метод широко используется для выявления нозоареалов заболеваний (прежде всего природнообусловленных) на основе моделирования условий среды, пригодных для существования соответствующего патогена [Abdrakhmanov et al., 2017; Zakharova et al., 2021; Shartova et al., 2022]. В основе метода лежит принцип итеративного подбора распределения физико-географических фак-

торов, наиболее полно соответствующих имеющимся пространственному распределению данных об известных местоположениях вида [Elith et al., 2011]. Анализ производился с валидацией по методу BOOTSTRAP с использованием 10 репликаций (в каждой репликации из входного набора точечных данных случайным образом $\frac{1}{10}$ часть отбиралась для тестирования модели, построенной на оставшихся $\frac{9}{10}$ точек).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Еврейская автономная область (ЕАО) представляет собой небольшой ($36,271 \text{ км}^2$) дальневосточный

регион России, который располагается в зоне смешанных и широколиственных лесов. Экосистемное разнообразие региона формируется в рамках двух биомов: Амуро-Уссурийский подтаежный и Среднесихотэ-Алиньский хвойно-широколиственный [Огуреева и др., 2015]. Fauna иксодовых клещей – переносчиков опасных заболеваний человека – на территории ЕАО представлена пятью видами, относящимися к трем родам: *Ixodes persulcatus*, *I. pavlovskiy*, *I. lividus*, *Dermacentor silvaru*, *Haemaphysalis japonica*, *H. concinna* [Болотин, 1999].

Всего за период с 2018 по 2022 г. на территории ЕАО зарегистрировано 1270 случаев укусов людей иксодовыми клещами (рис. 1).

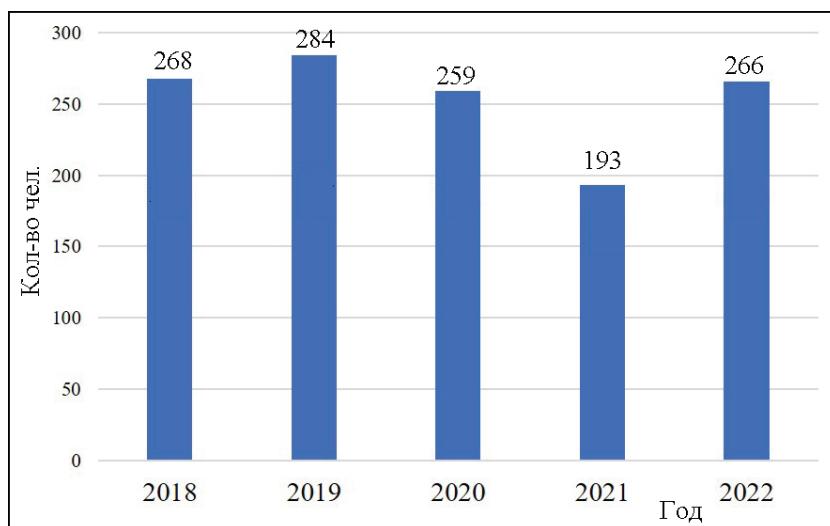


Рис. 1. Количество обращений населения ЕАО в связи с укусами клещей, 2018–2022 гг.

Fig. 1. Number of appeals in connection with tick bites from the population of the Jewish Autonomous Oblast, 2018–2022

В настоящее время распространение клещей в ЕАО довольно обширно (рис. 2). Укусы клещами зафиксированы во всех районах области. В Биробиджане зафиксировано 403 укуса, в Биробиджанском районе – 265, в Ленинском – 92, Облучинском – 159, Смидовичском – 50, Октябрьском – 48.

Наибольшее количество укусов приходится на 2019 г. (284 случая). Наименьшее количество отмечено в 2021 г., всего зафиксировано 193 случая (рис. 3).

Из 1270 клещей, снятых с людей, зараженными оказались 377 особей. Из них 219 возбудителями ИКБ, 80 – ГАЧ, 65 – СКТ, 7 – КВЭ и 6 – МАЧ.

Иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ) вызываются бактериями комплекса *Borrelia* и относятся к инфекционным заболеваниям, передающимся трансмиссионно – через укус клещей. В России наиболее распространены и имеют основное эпидемиологическое значение два вида бактерий из комплекса *Borrelia* – *B. afzelii* и *B. garinii*. Данное

заболевание является хроническим с рецидивирующими течением, а также характеризуется активным поражением кожи, нервной системы, опорно-двигательного аппарата и сердца [Коренберг и др., 2013]. Резервуарными хозяевами боррелий в природе являются птицы и млекопитающие – грызуны (*Rodentia*), зайцеобразные (*Lagomorpha*), насекомоядные (*Insectivora*), в организме которых бактерии сохраняются долгое время. Клещи рода *Ixodes*, особенно таежный *I. persulcatus* и в меньшей степени *I. pavlovskiy* – основные переносчики бактерий на территории ЕАО [Рудаков и др., 2011]. Клещи, зараженные возбудителем ИКБ, встречаются во всех районах ЕАО (рис. 4А). Наибольшее количество регистраций приходится на Биробиджанский район, что может быть связано с концентрацией населения в административном центре региона – городе Биробиджане. Значительное число зараженных клещей зарегистрировано также в Облученском районе.

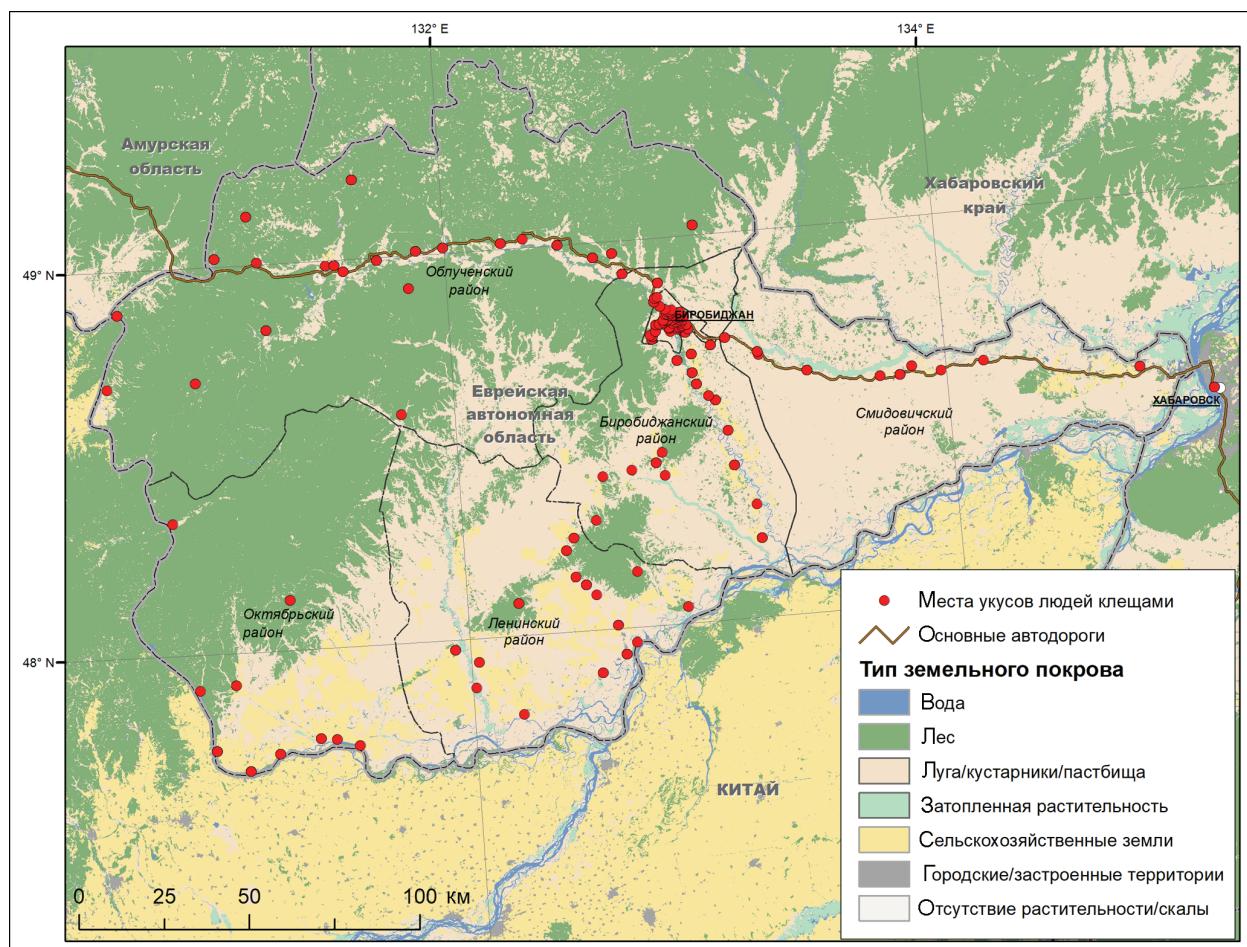


Рис. 2. Распространение иксодовых клещей в ЕАО, 2018–2022 гг.

Fig. 2. Distribution of ixodid ticks in the Jewish Autonomous Oblast, 2018–2022

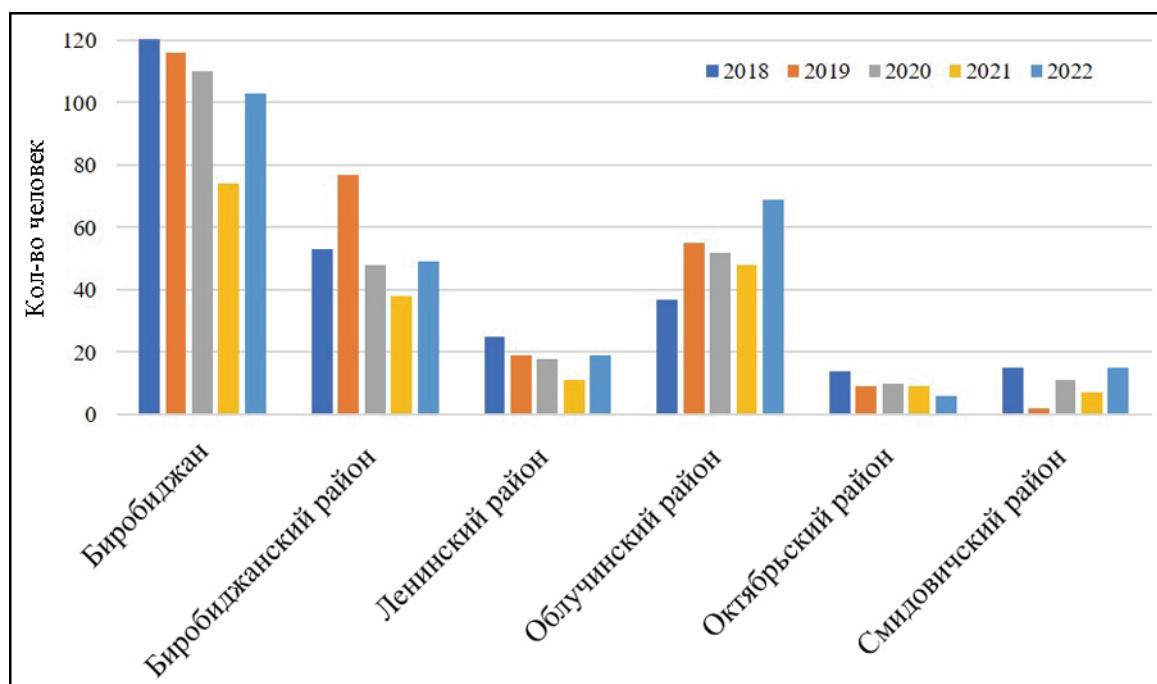


Рис. 3. Число укусов клещами по районам ЕАО, 2018–2022 гг.

Fig. 3. Number of tick bites by districts of the Jewish Autonomous Oblast, 2018–2022

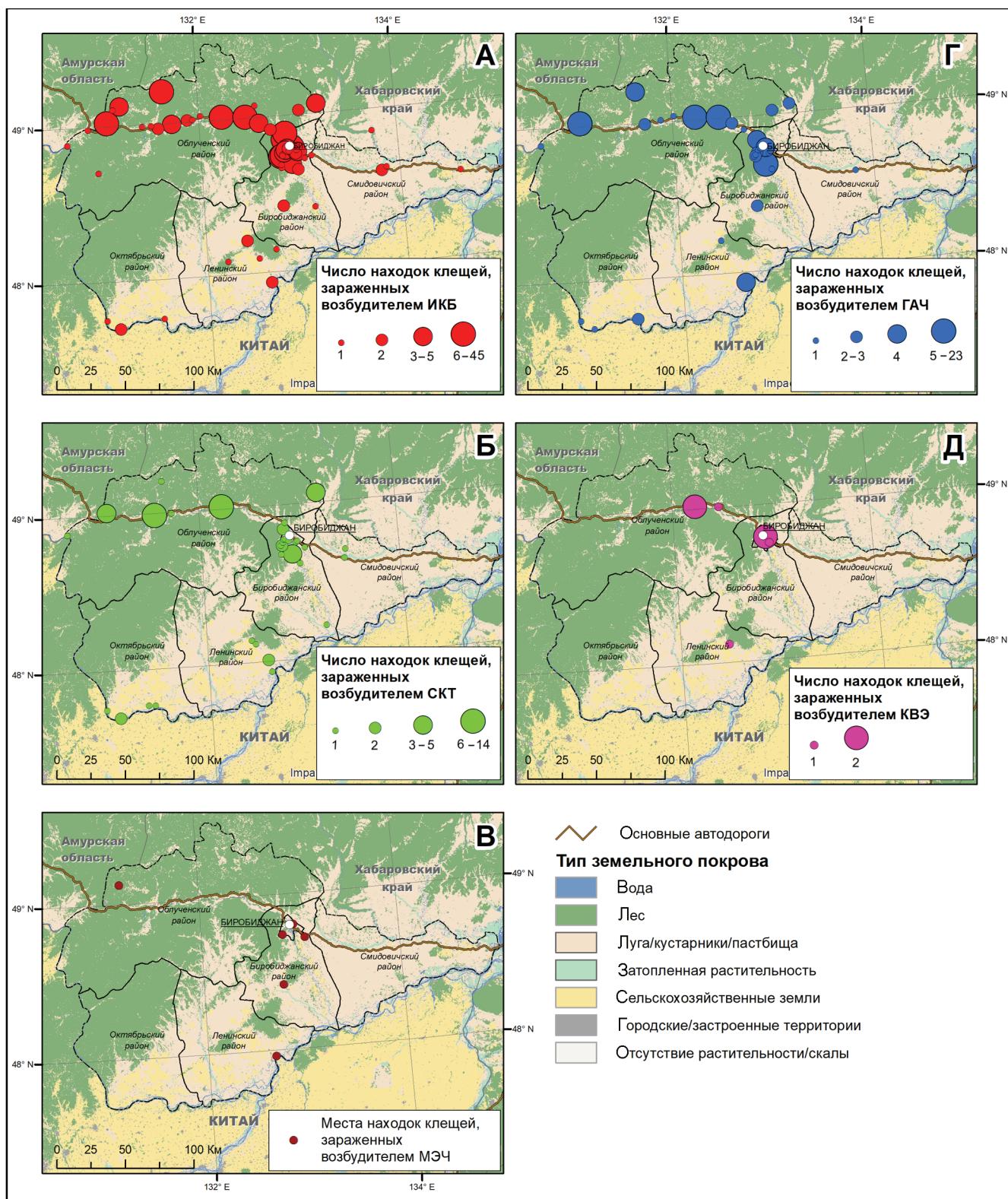


Рис. 4. Распространение клещей, зараженных возбудителями: А – ИКБ; Б – СКТ; В – МЭЧ; Г – ГАЧ; Д – КВЭ (2018–2022)

Fig. 4. Distribution of ticks infected with: A – borrellosis; B – rickettsiosis; B – ehrlichiosis; Г – anaplasmosis; Д – encephalitis virus (2018–2022)

Гранулоцитарный анаплазмоз человека (ГАЧ) – это трансмиссионное заболевание, вызываемое грамотрицательной бактерией *Anaplasma phagocytophylum*. Возбудитель ГАЧ является облигатным внутрикле-

точным паразитом, который развивается внутри гранулоцитов человека и животных в вакуолях, связанных с клеточной мембраной. Размножение возбудителей приводит к ослаблению иммунитета и,

как следствие, способствует развитию оппортунистических грибковых и вирусных инфекций, а также воспалительных процессов внутренних органов [Коренберг и др., 2013]. Основными резервуарами и переносчиками инфекции являются клещи рода *Ixodes*. Грызуны, олени, собаки и другие млекопитающие, а также мигрирующие птицы являются естественными резервуарами инфекции, способствуя распространению инфицированных клещей в другие регионы. Клещи, зараженные возбудителем ГАЧ, встречаются почти во всех районах ЕАО, не отмечены только в Смидовичском районе (см. рис. 4Г).

Сибирский клещевой тиф. Все случаи клещевых риккетсиозов (сибирский клещевой тиф, дальневосточный клещевой риккетсиоз) в Сибири и на Дальнем Востоке, вызванные различными видами риккетсий, регистрируются под названием «сибирский клещевой тиф» [Штрек и др., 2019]. СКТ – природноочаговые трансмиссивные клещевые инфекции, вызываемые бактериями *Rickettsia sibirica* и *R. heilongjiangensis*. Инфекции имеют сходную клиническую картину – повышение температуры тела, развитие лимфаденита и интоксикационный синдром. Кожные высыпания появляются на второй–третий день [Рудаков и др., 2011]. В южных районах ЕАО риккетсии циркулируют в популяциях диких грызунов и зайцеобразных, а также клещах родов *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, *Ixodes* [Иголкина, 2019]. Наибольшее число клещей, зараженных *R. sibirica* и *R. heilongjiangensis*, отмечается в Биробиджанском и Облученском районах, единичные случаи встречаются в остальных районах области (см. рис. 4Б).

Клещевой вирусный энцефалит (КВЭ) – природноочаговая трансмиссивная инфекция, вызываемая вирусом *Tick-borne encephalitis virus*. Заболевание характеризуется повышенной температурой, отравлением организма и поражением головного и спинного мозга. Вирус клещевого энцефалита относится к роду *Flavivirus*, который входит в семейство тогавирусов экологической группы арбовирусов. Существуют три разновидности этого вируса – дальневосточный, урало-сибирский и западный. Для ЕАО характерна дальневосточная разновидность вируса. В популяции клещей происходит трансфазовая (от личинки к нимфе и т. д.) и трансовариальная (от самки к потомству) циркуляция вируса [Коренберг и др., 2013]. В передаче вируса на территории РФ участвуют клещи родов *Ixodidae*, *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, а на территории ЕАО основными переносчиками являются такие виды клещей, как *I. persulcatus* и *I. pavlovskii* [Малхазова и др., 2023]. Клещи, зараженные вирусом клещевого энцефалита, распространены не во всех районах области, только в Биробиджанском, Ленинском и Смидовичском районах (см. рис. 4Д).

Меноцитарный эрлихиоз человека (МЭЧ) – природноочаговое трансмиссивное заболевание, вызываемое бактериями видов *Ehrlichia muris*, *Ehrlichia chaffeensis*, которые являются облигатными внутриклеточными паразитами моноцитов крови. *E. chaffeensis* передается клещами родов *Amblyomma*, *Dermacentor*, *Ixodes*, а *E. muris*, главным образом, таежным клещем *Ixodes persulcatus* [Селиванов, 2012]. Клинические симптомы обычно включают различные проявления общеинфекционного синдрома: лихорадку, недомогание, головную боль, потливость, тошноту. МЭЧ может сопровождаться грануломами костного мозга и печени, а также мультиорганными инфильтратами [Коренберг и др., 2013]. Основными резервуарными хозяевами являются теплокровные животные – олени, собаки, грызуны [Бондаренко и др., 2012; Селиванов, 2012; Копосова и др., 2017]. Циркуляция эрлихий на территории ЕАО связана с их основными носителями грызунами и переносчиками – клещами. На территории ЕАО клещи, зараженные эрлихиями, отмечены в Облученском, Ленинском и Биробиджанском районах (см. рис. 4В).

Как следует из рассмотрения карт (см. рис. 4), составленных на основе типов земельного покрова Esri, клещи, зараженные отмеченными инфекциями, за исключением МЭЧ и в какой-то степени ГАЧ, встречаются практически только в лесных массивах.

Моделирование потенциального ареала клещевых инфекций. Выявление районов с различной степенью эпидемиологической опасности представляет практический интерес для органов здравоохранения при организации профилактических и оздоровительных мероприятий.

На основе точечных данных (всего 377) о местах регистрации зараженных клещей и привлечении ряда природных факторов – среднегодовая температура воздуха, средняя температура июля, средняя температура января, среднегодовая относительная влажность и среднегодовые осадки, данные о рельефе и растительности, построена карта потенциального ареала клещевых инфекций для ЕАО (рис. 5). Модель MaxEnt продемонстрировала хорошее качество – AUC=0,876. Наиболее благоприятными для функционирования природных очагов клещевых инфекций являются северо-восточная и центральная часть региона. Вероятно, это связано с наиболее подходящими природными условиями для обитания здесь основного переносчика опасных инфекций – клеша *I. persulcatus*. Так же стоит учитывать, что численность населения г. Биробиджана выше, чем остальных районов области, в связи с чем обращаемость населения с укусами клещами здесь может быть выше, что может быть источником сдвига данных для модели.

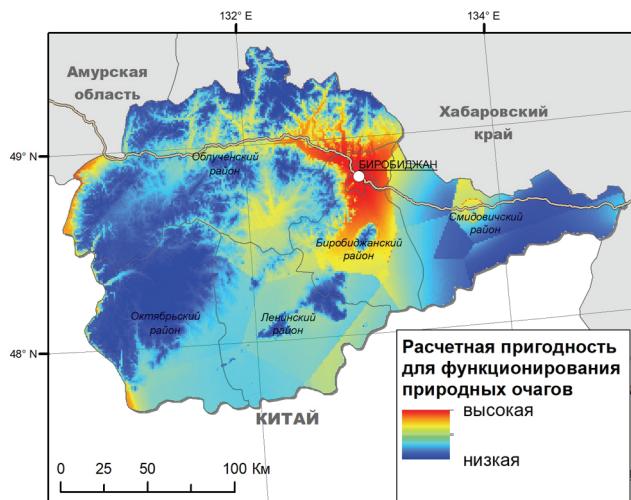


Рис. 5. Современный потенциальный ареал клещевых инфекций в ЕАО

Fig. 5. Current potential range of tick-borne infections in the Jewish Autonomous Oblast

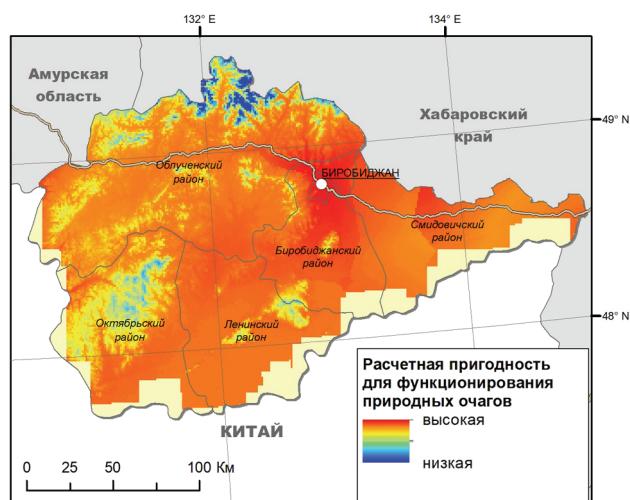


Рис. 6. Прогнозный ареал клещевых инфекций на период с 2081 по 2100 г.

Fig. 6. Predicted range of tick-borne infections for the period 2081–2100

На основе прогностических климатических данных на период 2081–2100 гг. для условий наиболее жесткого климатического сценария SSP5-8.5 была построена карта прогнозного ареала клещевых инфекций для территории ЕАО. При глобальном потеплении климата пригодность территории ЕАО для функционирования природных очагов клещевых инфекций к концу XXI в. в целом возрастет, кроме небольших участков, связанных с горными территориями – хребтами Буреинский и Малый Хинган на севере региона и Помпеевским хребтом на юго-западе, так как климат здесь будет более суровым, не подходящим для активного развития всех сочленов паразитарной системы (рис. 6).

ВЫВОДЫ

В настоящем исследовании был проведен анализ медико-географической ситуации по особо опасным природноочаговым клещевым инфекциям на территории Еврейской автономной области, позволяющий сделать ряд выводов:

- на территории ЕАО выявлено пять актуальных для региона инфекций: клещевой вирусный энцефалит (КВЭ), сибирский клещевой тиф (СКТ), иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ), моноцитар-

ный эрлихиоз человека (МЭЧ), гранулоцитарный анаплазмоз человека (ГАЧ);

- за период с 2018 по 2022 г. зарегистрировано 1270 случаев укусов иксодовыми клещами людей; зараженными оказались 377 клещей, из которых 219 особей возбудителями иксодовых клещевых боррелиозов;

- возбудители ИКБ, СКТ и ГАЧ были отмечены во всех районах области; КЭ – только в Биробиджанском, Ленинском и Смидовичском районах; МЭЧ – в Облученском, Ленинском и Биробиджанском районах;

- согласно созданному потенциальному ареалу распространения клещевых инфекций наиболее благоприятными для функционирования природных очагов являются северо-восточная и центральная часть региона;

- при глобальном потеплении климата пригодность территории ЕАО для функционирования природных очагов клещевых инфекций к концу XXI в. в целом возрастет, кроме небольших участков, связанных с горными территориями;

- полученные результаты исследования могут быть использованы при организации профилактических и оздоровительных мероприятий.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Еврейской автономной области и аспиранту кафедры биogeографии И.В. Владимирову, принимавшим участие в сборе и обработке полевых данных и статистической информации.

Исследование выполнено в рамках ГЗ Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Пространственно-временная организация экосистем в условиях изменений окружающей среды» № 121051100137-4, при поддержке Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и Программы развития МГУ имени М.В. Ломоносова (П. 1220).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болотин Е.И.* Иксодовые клещи российского Дальнего Востока. Владивосток: ДВО РАН, 1999. 112 с.
- Бондаренко Е.И., Иванов М.К., Якименко В.В. и др.* Использование полимеразной цепной реакции в режиме реального времени для выявления ДНК возбудителей гранулоцитарного анаплазмоза и моноцитарного эрлихиоза человека // Клиническая лабораторная диагностика. 2012. № 11. С. 54–57.
- Владимиров И.В., Букликов А.В., Орлов Д.С. и др.* Пространственно-временной анализ распространения клещевых инфекций в Еврейской АО (1998–2022 гг.) // Картографирование биоты: традиции и актуальные вопросы развития: материалы Международной научной конференции. Иркутск: Изд-во института географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, 2023. С. 26–29.
- Егоров В.А., Барталев С.А., Колбудаев П.А. и др.* Карта растительного покрова России, полученная по данным спутниковой системы Proba-V // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 282–286.
- Иголкина Я.П.* Молекулярно-генетический анализ риккетсий, циркулирующих на территории Западной Сибири и Дальнего Востока: дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2019. 132 с.
- Копосова О.Н., Бессолицына Е.А., Волков С.А.* Определение динамики инфицированности клещей бактериями рода *Ehrlichia* на территории Кировской области // Advanced Science. 2017. № 3. С. 31–39.
- Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С.* Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М.: Наука, 2013. 463 с.
- Лубова В.А., Леонова Г.Н., Шутикова А.Л.* Роль иксодовых клещей в циркуляции возбудителей клещевых инфекций на юге Дальнего Восток // Медицинская экология. Экология человека. 2020. С. 58–64.
- Малхазова С.М., Шартова Н.В., Зелихина С.В. и др.* Анализ пространственной неоднородности в распространении клещевых инфекций на юге Дальнего Востока // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2023. Т. 78. № 2. С. 51–61.
- Малхазова С.М., Миронова В.А., Ватлина Т.В. и др.* Актуальные природнообусловленные заболевания на юге Дальнего Востока России // Вопросы географии. Сб. 156. Современная биogeография Северной Евразии. 2023. С. 273–293.
- Огуреева Г.Н., Леонова Н.Б., Булдакова Е.В. и др.* Карта биомов России. Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2018.
- 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., Шпынов С.Н., Самойленко И.Е. и др.* Клещевой риккетсиоз и риккетсиоз группы клещевой пятнистой лихорадки в России // Омский научный вестник. 2011. 231 с.
- Селиванов Е.В.* Моноцитарный эрлихиоз человека // Вестник «Лаборатории ДНК – диагностики». 2012. № 1(14). С. 26–29.
- Штрек С.В., Рудаков Н.В., Пеньевская Н.А. и др.* Многолетняя динамика и интенсивность эпидемического процесса сибирского клещевого тифа в федеральных округах и субъектах Российской Федерации в период 2002–2018 гг. // Фундаментальная и клиническая медицина. 2019. № 4(3). С. 68–76.
- Abdrakhmanov S.K., Mukhanbetkaliyev Y.Y., Korennoy F.I. et al.* Maximum entropy modeling risk of anthrax in the Republic of Kazakhstan, Preventive Veterinary Medicine, 2017, vol. 144, p. 149–157.
- Elith J., Phillips S.J., Hast T. et al.* A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists. Diversities and Distributions, 2011, 17, 43–57, DOI: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.
- Karra K., Kontgis C., Statman-Weil Z. et al.* Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning, 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, 2021, p. 4704–4707.
- Lippi C.A., Ryan S.J., White A.L. et al.* Trends and Opportunities in Tick-Borne Disease Geography, Journal of Medical Entomology, 2021, vol. 58, no. 6, p. 2021–2029.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E.* Maximum entropy modeling of species geographic distributions, Ecological Modelling, 2006, vol. 190, p. 231–259.
- Shartova N., Mironova V., Zelikhina S. et al.* Spatial patterns of West Nile virus distribution in the Volgograd region of Russia, a territory with long-existing foci, PLoS Neglected Tropical Diseases, 2022, no. 1, p. 1–27.
- Zakharova O.I., Korennoy F.I., Iashin I.V. et al.* Ecological and Socio-Economic Determinants of Livestock Animal Leptospirosis in the Russian Arctic, Front. Vet. Sci, 2021, vol. 8, p. 1–11.

Электронные источники

EarthExplorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (access date 08.10.2024).

Поступила в редакцию 01.05.2025

После доработки 23.07.2025

Принята к публикации 28.08.2025

TICK-BORNE INFECTIONS IN THE JEWISH AUTONOMOUS REGION: MAPPING, ASSESSMENT AND FORECAST

S.M. Malkhazova¹, P.V. Kopylov², A.V. Buklikov³, A.Z. Setdikova⁴, F.I. Korennoy⁵, D.S. Orlov⁶

^{1,6}*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography*

^{1,4}*Lomonosov Moscow State University – Beijing Institute of Technology in Shenzhen, Faculty of Geography*

²*Office of the Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare in the Jewish Autonomous Oblast*

³*Center for Hygiene and Epidemiology in the Jewish Autonomous Oblast*

⁵*Federal Center for Animal Health (FGBI ARRIAH)*

¹*Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sveta_geo@mail.ru*

²*Head of the Office; e-mail: zpp@79.rosptrebnadzor.ru*

³*Physician in Chief; e-mail: gige pid@mail.ru*

⁴*Master student; e-mail: setdikova02@mail.ru*

⁵*Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: korennoy@arriah.ru*

⁶*Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: orlovds@list.ru*

The paper deals with the spatiotemporal analysis of the tick-borne infections spread in the Jewish Autonomous Oblast. The study used materials on tick bites of people and tick infection with pathogens of especially dangerous infections for the period from 2018 to 2022. Information was collected on five infections relevant to the region, namely tick-borne viral encephalitis, ixodic tick-borne borrellosis, Siberian tick-borne typhus, human granulocytic anaplasmosis, and human monocytic ehrlichiosis.

The distribution of tick-borne infections by administrative districts of the region was analyzed. It was found that ixodic tick-borne borrellosis is the most widespread one. Based on point data about the places where infected ticks were found and considering a number of natural factors, a map of the potential range of tick-borne infections in the region was compiled. Taking into account the predicted climatic data for the period of 2081–2100 under the most severe SSP5-8.5 climatic scenario, a map of the predicted area of tick-borne infections for the territory of the Jewish Autonomous Oblast at the end of the 21st century was prepared.

Keywords: Jewish autonomous oblast, tick-borne infections, medical-geographical mapping, GIS, range modeling

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the staff of the Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Jewish autonomous oblast and to I.V. Vladimirov, postgraduate student of the Department of Biogeography, who participated in collecting and processing field data and statistical information.

The study was carried out within the framework of the State Assignment of the Lomonosov Moscow State University “Spatio-temporal organization of ecosystems in the context of environmental changes” No. 121051100137-4, and supported within the Development Program of the “Future of the Planet and Global Environmental Changes” Interdisciplinary Scientific and Educational School of the Lomonosov Moscow State University and the Development Program of the Lomonosov Moscow State University (P. 1220).

REFERENCES

- Abdrakhmanov S.K., Mukhanbetkaliyev Y.Y., Korennoy F.I. et al. Maximum entropy modeling risk of anthrax in the Republic of Kazakhstan, *Preventive Veterinary Medicine*, 2017, vol. 144, p. 149–157.
- Bolotin E.I. *Iksodovye kleschi Rossijskogo Dal'nego Vostoka* [Ticks of the Russian Far East], Vladivostok, DVO RAN Publ., 1999, 112 p. (In Russian)
- Bondarenko E.I., Ivanov M. K., Jakimenko V. V. et al. Ispol'zovanie polimeraznoj cepnoj reakcii v rezhime real'nogo vremeni dlja vyjavlenija DNK vozбудitelej granulocitarnogo anaplasmoza i monocitarnogo jerlihioza cheloveka [Using real-time polymerase chain reaction to identify DNA of the pathogens of human granulocytic anaplasmosis and monocytic ehrlichiosis], *Klinicheskaja laboratornaja diagnostika*, 2012, no. 11, p. 54–57. (In Russian)
- Egorov V.A., Bartalev S.A., Kolbudaev P.A. et al. Karta rastitel'nogo pokrova Rossii, poluchennaja po dannym sputnikovoj sistemy Proba-V [Land cover map of Russia derived from Proba-V satellite data], *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, vol. 15, no. 2, p. 282–286. (In Russian)
- Elith J., Phillips S.J., Hastie T. et al. A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists. *Diversity and Distributions*, 2011, 17, 43–57, DOI: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.
- Igolkina Ja.P. *Molekuljarno-geneticheskij analiz rikketsij, cirkulirujushhih na territorii Zapadnoj Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Molecular-genetic analysis of rickettsias circulating over the territory of Western Siberia and the Far East], Diss. kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2019, 132 p. (In Russian)
- Karra K., Kontgis C., Statman-Weil Z. et al. Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning, *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, 2021, p. 4704–4707.

- Koposova O.N., Bessolycyna E.A., Volkov S.A. Opredelenie dinamiki inficirovannosti kleshhej bakterijami roda *Ehrlichia* na territorii Kirovskoj oblasti [Determination of the dynamics of infection of ticks with bacteria of the *Ehrlichia* genus in the territory of the Kirov region], *Advanced science*, 2017, no. 3, p. 31–39. (In Russian)
- Korenberg Je.I., Pome洛ova V.G., Osin N.S. *Prirodnoochagovye infekcii, peredajushhiesja iksodovymi kleshhami* [Naturally focal infections transmitted by ixode ticks], Moscow, Nauka Publ., 2013, 463 p. (In Russian)
- Krashkevich K.V., Tarasov V.V. *Medicinskaja parazitologija* [Medical parasitology], Moscow, MSU Publ., 1969, 389 p. (In Russian)
- Lippi C.A., Ryan S.J., White A.L. et al. Trends and Opportunities in Tick-Borne Disease Geography, *Journal of Medical Entomology*, 2021, vol. 58, no. 6, p. 2021–2029.
- Lubova V.A., Leonova G.N., Shutikova A.L. Rol' iksodovyh kleshhej v cirkuljacii vozbuditelej kleshhevyh infekcij na juge Dal'nego Vostok [Role of ixode ticks in circulation of tick-borne infections in the south of the Far East], *Medicinskaja ekologija, Ekologija cheloveka*, 2020, p. 58–64. (In Russian)
- Malhazova S.M., Mironova V.A., Vatlina T.V. et al. [Naturally-determined diseases of a high priority in the south of the Russian Far East], *Voprosy geografii. Sb. 156. Sovremennaja biogeografiya Severnoj Evrazii* [Modern Biogeography of Northern Eurasia], 2023, p. 273–293. (In Russian)
- Malhazova S.M., Shartova N.V., Zelikhina S.V. et al. Analiz prostranstvennoj neodnorodnosti v rasprostranenii kleshhevyh infekcij na juge Dal'nego Vostoka [Spatially heterogeneous distribution of tick-borne infections in the south of the Far East], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2023, vol. 78, no. 2, p. 51–61. (In Russian)
- Ogureeva G.N., Leonova N.B., Buldakova E.V. et al. *Karta biomov Rossii* [Map of Russian biomes], Geogr. fakul'tet MGU im. M.V. Lomonosova, 2018. (In Russian)
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 2006, vol. 190, p. 231–259.
- Popov I.O., Semenova S.M., Popova E.N. Ocenka klimatogennoj ugrozy rasprostranenija 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., Samojlenko I.E. et al. *Kleshhevoj rikketsioz i rikketsioz gruppy kleshhevoj pjatnistoj lihoradki v Rossii* [Tick-borne rickettsiosis and rickettsiosis of the tick-borne spotted fever group in Russia], Omskij nauchnyj vestnik, 2011, 231 p. (In Russian)
- Selivanov E.V. Monocitarnyj erlihioz cheloveka [Human monocytic ehrlichiosis], *Vestnik "Laboratorii DNK – diagnostiki"*, 2012, no. 1(14), p. 26–29. (In Russian)
- Shartova N., Mironova V., Zelikhina S. et al. Spatial patterns of West Nile virus distribution in the Volgograd region of Russia, a territory with long-existing foci, *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2022, no. 1, p. 1–27.
- Shtrek S.V., Rudakov N.V., Pen'evskaja N.A. et al. Mnogoletnjaja dinamika i intensivnost' jepidemicheskogo processa sibirskogo kleshhevogo tifa v federal'nyh okrugah i subjektah Rossijskoj Federacii v period 2002–2018 gg. [Long-term dynamics and epidemic intensity of Siberian tick typhus in federal districts and regions of the Russian Federation during 2002–2018], *Fundamental'naja i klinicheskaja medicina*, 2019, no. 4(3), p. 68–76. (In Russian)
- Vladimirov I.V., Buklikov A.V., Orlov D.S. et al. [Spatial and temporal analysis of the spread of tick-borne infections in the Jewish Autonomous Oblast (1998–2022)], *Kartografirovanie bioty: tradicii i aktual'nye voprosy razvitiya* [Mapping of biota: traditions and the actual problems of development], *Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii*, In-t geografii im. V.B. Sochavy SO RAN Publ., Irkutsk, 2023, p. 26–29. (In Russian)
- Zakharova O.I., Korennoy F.I., Iashin I.V. et al. Ecological and Socio-Economic Determinants of Livestock Animal Leptospirosis in the Russian Arctic, *Front. Vet. Sci.*, 2021, vol. 8, p. 1–11.

Web-source

EarthExplorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (access date 08.10.2024).

Received 01.05.2025

Revised 23.07.2025

Accepted 28.08.2025