

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ ПО ПРИРОДНО-ОЧАГОВЫМ ИНФЕКЦИЯМ

Д.А. Прислегина^{1,2}, В.М. Дубянский^{1,2}, А.Е. Платонов², О.В. Малецкая¹

¹ ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь, Россия

² ФБУН Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва, Россия

Резюме. Данная статья посвящена анализу и обобщению результатов отечественных и зарубежных работ по влиянию природно-климатических факторов на интенсивность проявлений эпидемического процесса и жизнедеятельность переносчиков возбудителей наиболее актуальных для Российской Федерации природно-очаговых инфекций. На протяжении последних семи лет инфекции, передающиеся клещами (среди которых по распространенности и частоте регистрации случаев лидирует иксодовый клещевой боррелиоз), составляют более 50% в общей нозологической структуре природно-очаговых болезней. Серьезную угрозу для здоровья населения страны по-прежнему представляет клещевой вирусный энцефалит. На юге Европейской части России сохраняется напряженная эпидемиологическая ситуация по Крымской геморрагической лихорадке: помимо ежегодного выявления множественных случаев заболевания, наблюдается выраженная тенденция смещения и расширения ареала возбудителя в северном направлении, что создает риск распространения вируса Крымской-Конго геморрагической лихорадки за пределы южных регионов страны. Регистрируется высокий уровень заболеваемости опасной трансмиссивной инфекцией — лихорадкой Западного Нила — с вовлечением в эпидемический процесс новых субъектов и появлением местных случаев заражения на ранее неэндемичных территориях. Отмечается расширение границ природных очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом, являющейся самым широко распространенным природно-очаговым зоонозом вирусной этиологии в Российской Федерации и в течение многих лет занимающей по частоте выявления больных второе место после инфекций, передающихся клещами. В ходе работы были систематизированы данные исследований о зависимости численности переносчиков возбудителей природно-очаговых инфекций и динамики заболеваемости этими инфекциями от значений климатических факторов, подтвержденной с помощью различных методов математической статистики (анализа временных рядов, авторегрессии интегрированного скользящего среднего, логистической регрессии, корреляционного анализа, однофакторного дисперсионного анализа и других). Установлено, что общими абиотическими факторами для всех рассматриваемых инфекций являются температура и влажность воздуха и почвы, количество выпавших осадков,

Адрес для переписки:

Прислегина Дарья Александровна
355035, Россия, г. Ставрополь, ул. Советская, 13–15,
ФКУЗ Ставропольский противочумный институт
Роспотребнадзора.
Тел.: 8 (962) 448-73-57 (моб.). Тел./Факс: 8 (865) 226-03-12.
E-mail: daria775@rambler.ru

Contacts:

Daria A. Prislegina
355035, Russian Federation, Stavropol, Sovetskaya str., 13–15,
Stavropol Plague Control Research Institute.
Phone: +7 (962) 448-73-57. Phone/Fax: +7 (865) 226-03-12.
E-mail: daria775@rambler.ru

Для цитирования:

Прислегина Д.А., Дубянский В.М., Платонов А.Е., Малецкая О.В.
Влияние природно-климатических факторов на эпидемиологическую
ситуацию по природно-очаговым инфекциям // Инфекция и иммунитет.
2021. Т. 11, № 5. С. 820–836. doi: 10.15789/2220-7619-EOT-1631

Citation:

Prislegina D.A., Dubyanskiy V.M., Platonov A.E., Maletskaia O.V. Effect of the
natural and climatic factors on epidemiological situation related to natural focal
infections // Russian Journal of Infection and Immunity = Infektsiya i immunitet,
2021, vol. 11, no. 5, pp. 820–836. doi: 10.15789/2220-7619-EOT-1631

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 197520088 «Создание опирающейся на данные дистанционного зондирования Земли методологии анализа и прогнозирования влияния климатических и экологических факторов на заболеваемость природноочаговыми инфекциями»), исполнители – Платонов А.Е., Дубянский В.М., Прислегина Д.А.

The study was supported by the grant from the Russian Science Foundation (project No. 197520088 “Creation of a methodology for analyzing and predicting the influence of climatic and environmental factors on the incidence of natural focal infections based on Earth’s remote sensing data”), conducted by Platonov A.E., Dubyanskiy V.M., Prislegina D.A.

высота снежного покрова, значения которых могут быть использованы для последующего составления эпидемиологического прогноза. Перспективным является дальнейшее изучение связи уровня заболеваемости населения, численности членистоногих переносчиков возбудителей и мелких млекопитающих с показателями влажности и температуры почвы на различной глубине, гидротермического коэффициента, нормализованного относительного индекса растительности, накопленных значений температуры и осадков, а также проведение аналогичных исследований по другим распространенным в стране природно-очаговым инфекциям.

Ключевые слова: климатические факторы, клещевой вирусный энцефалит, Крымская геморрагическая лихорадка, лихорадка Западного Нила, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, переносчики возбудителей инфекций, заболеваемость населения.

EFFECT OF THE NATURAL AND CLIMATIC FACTORS ON EPIDEMIOLOGICAL SITUATION RELATED TO NATURAL FOCAL INFECTIONS

Prislegina D.A.^{a,b}, Dubyanskiy V.M.^{a,b}, Platonov A.E.^b, Maletskaya O.V.^a

^a Stavropol Plague Control Research Institute, Stavropol, Russian Federation

^b Central Research Institute of Epidemiology, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article is dedicated to the analysis and generalization of the Russian and foreign research results on natural and climatic factors effect on the intensity of epidemic process manifestations and the natural focal infections pathogens vectors vital activity which are the most widespread in the Russian Federation. Over the past seven years tick-borne infections have been accounting for more than 50 per cent in the natural focal diseases general nosological structure. Among the diseases of this group Lyme borreliosis leads in prevalence and frequency of cases identification. Tick-borne viral encephalitis is still a serious danger for national health. Crimean-Congo hemorrhagic fever epidemiological situation remains unfavorable in the south of the European part of Russia. In addition to the annual patients identification, the demonstrable trend of shifting and expansion of the pathogen's area in a northerly direction was established. It creates a risk for the spread of the Crimean-Congo hemorrhagic fever virus outside the southern regions of the country. High incidence of the dangerous vector-borne infection — West Nile fever — with the involvement of new subjects in the epidemic process and the emergence of local cases of infection in previously non-endemic territories is registered. Expansion of hemorrhagic fever with renal syndrome natural foci borders, which is the most widespread natural focal zoonosis of viral etiology in the Russian Federation and is the second by the frequency of patients identification after tick-borne infections, is noted. Research data for the dependence of the carriers pathogens number and the dynamics of the natural focal infections incidence on the values of climatic factors, confirmed using various methods of mathematical statistics (time-series analysis, autoregression integrated moving average, logistic regression, correlation analysis, one-way analysis of variance and other) were systematized. It was found that the temperature and humidity of the air and soil, the amount of precipitation, the height of the snow cover are the common abiotic factors for all of investigated infections. The values of these factors can be used for the subsequent epidemiological forecast. The further study of relationship between the incidence rate of the population, the number of arthropod vectors and small mammals with indicators of soil moisture and temperature at different depths, hydrothermal coefficient, normalized relative vegetation index, accumulated values of temperature and precipitation, as well as similar studies on other actual natural focal infections in the Russian Federation will be very promising.

Key words: climatic factors, tick-borne viral encephalitis, Crimean-Congo hemorrhagic fever, West Nile fever, hemorrhagic fever with renal syndrome, vectors of pathogens, disease rate.

Влияние климата на здоровье населения является одной из наиболее широко исследуемых проблем последних десятилетий. Кроме непосредственного воздействия на организм человека, абиотические факторы, формируя условия для жизнедеятельности и распространения патогенных микроорганизмов, во многом определяют интенсивность проявлений эпидемического процесса многих инфекционных болезней. Особенно ярко эта связь проявляется на примере природно-очаговых инфекций (ПОИ), численность специфических переносчиков возбудителей которых в значительной степени зависит от природно-климатических факторов. Каждый год в Российской Федерации регистрируется около 20 тыс. слу-

чаев ПОИ (в 2019 г. — 27 996, в 2018 г. — 17 212, в 2017 г. — 20 171). Наблюдаемые изменения климата способствуют расширению ареала возбудителей многих инфекций и появлению случаев заражения на территориях, где они ранее не регистрировались [10, 14, 30]. Тяжелое течение и высокий риск летального исхода при отсутствии препаратов для специфической профилактики большинства ПОИ также подтверждают возрастающую актуальность изучения абиотических факторов как предпосылок осложнения эпизоотолого-эпидемиологической ситуации — для прогнозирования уровня заболеваемости населения, своевременного планирования и проведения неспецифических профилактических мероприятий.

На сегодняшний день имеется ряд работ, посвященных изучению связи климатических условий с активностью природных очагов и динамикой эпидемических проявлений трансмиссивных и зоонозных инфекций. Но результаты исследований представляют собой множество разрозненных данных для различных нозологических форм, поэтому использовать их при составлении эпидемиологического прогноза одновременно для нескольких ПОИ крайне затруднительно. Слишком большое число показателей, отсутствие их дифференцирования по степени влияния на жизнедеятельность переносчиков значительно осложняет и удлинняет проведение анализа, а также может значительно снизить точность получаемых результатов. Кроме того, абиотические факторы, рассматриваемые разными авторами в качестве ведущих, значительно различаются и зачастую зависят от региона, в котором проводились исследования.

Таким образом, цель данной работы — на основе результатов отечественных и зарубежных исследований выделить природно-климатические факторы, оказывающие комплексное действие на жизнедеятельность переносчиков возбудителей наиболее распространенных в нашей стране ПОИ для последующего риск-ориентированного прогнозирования эпидемиологической ситуации.

Результаты

В общей структуре заболеваемости ПОИ (бактериальной и вирусной этиологии) в Российской Федерации на протяжении последних семи лет более 50% составляют инфекции, передающиеся клещами (ИПК) [22, 23, 40]. По распространенности и частоте регистрации среди них лидирует иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ). Случаи заболевания почти ежегодно отмечаются в 77 из 85 субъектов страны. В 2019 г. было выявлено 8023 больных (5,46 на 100 тыс. населения), что на 23,8% выше уровня предыдущего года — 6481 человек (4,42 на 100 тыс. населения).

Второе место занимает клещевой вирусный энцефалит (КВЭ). Несмотря на то, что ареал инфекции охватывает меньше территорий, ее актуальность чрезвычайно высока ввиду возможности развития тяжелых форм болезни, приводящих к стойкой инвалидизации и летальным исходам, которые регистрируются ежегодно. Так, в 2019 г. выявлен 1781 случай КВЭ, в том числе 23 — летальных (в 2018 г. — 1721 и 22 соответственно).

Наибольшее эпидемиологическое значение в качестве основных переносчиков возбудителей обоих инфекций на территории центральных, восточных районов и частично лесной зоны европейской части страны имеют иксодовые кле-

щи *Ixodes persulcatus*, а на территории западных — *Ixodes ricinus*. Кроме того, доказано широкое распространение микст-инфицирования людей после присасывания лесных и таежных клещей, которые бывают одновременно заражены возбудителями КВЭ, ИКБ и других ПОИ [33, 40].

Для эпидемиологического благополучия населения юга Европейской части России серьезную угрозу представляет Крымская геморрагическая лихорадка (КГЛ) — особо опасная арбовирусная инфекция, множественные случаи заболевания которой в течение последних двадцати лет ежегодно регистрируются на эндемичной территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов [8, 14, 29, 40]. Основным переносчиком вируса Крымской-Конго геморрагической лихорадки (ККГЛ) являются клещи *Hyalomma marginatum*, но возбудитель инфекции изолирован и от клещей других видов [14, 37, 39, 40]. Ситуацию осложняет выраженная тенденция смещения и расширения ареала вируса ККГЛ в северном направлении, что подтверждается ежегодным (с 2016 г.) обнаружением вирусофорных клещей на территории районов Волгоградской области, граничащих с Приволжским федеральным округом (Саратовской областью). Это создает риск распространения возбудителя КГЛ за пределы южных регионов Российской Федерации, с вовлечением в эпидемический процесс новых субъектов страны [14].

На сегодняшний день известно, что уровень заболеваемости населения ИПК по большей части зависит от влияния природно-климатических факторов, в конечном итоге во многом определяющих не только общую численность популяций клещей, но и количество инфицированных особей. Поэтому при анализе эпидемиологической ситуации и составлении эпидемиологического прогноза, наряду со сведениями о проведении акарицидных обработок, необходимо учитывать метеорологические характеристики предшествующего и начавшегося текущего эпидемического сезона.

Важнейшим фактором, влияющим на все стадии развития клещей, является температура воздуха [2]. Данный показатель определяет не только начало периода активности иксодид, но и численность имаго в следующем году, поскольку влияет как на сохранение жизнеспособности зимующих форм, так и на процессы эмбриогенеза, и выживаемость личинок, хитиновый покров которых способен выдерживать определенные температурные диапазоны [2, 21, 27, 37, 39, 78]. Значимость этого фактора подтверждается зависимостью между показателями температуры в феврале, марте, апреле, июле, августе, октябре и высоким или низким уровнями заболеваемости КВЭ в Новосибирской области [6]. Выявлены сильные корреляцион-

ные связи числа случаев КВЭ (на 100 тыс. жителей) с макроциклами температуры февраля, марта, мая, августа и суммой среднемесячных температур за теплый и холодный периоды года в г. Иркутске [13]. На примере Владимирской и Иркутской областей установлено статистически достоверное косвенное влияние среднемесячной температуры июля и сентября предыдущего года на число больных ИКБ [38].

Снижение заболеваемости КВЭ при высокой численности клещей, периодически наблюдаемое после относительно теплого зимнего периода, может быть объяснено тем, что наряду с высокопатогенными также выживают низковирулентные штаммы вируса, вызывающие легкие, зачастую не регистрируемые формы инфекции. Крайне низкую температуру воздуха способны выдерживать только самые вирулентные штаммы возбудителя КВЭ [32].

Смена стадий жизненного цикла клещей также зависит от количества выпавших осадков и влажности почвы [39]. Отрицательно на преимагинальные фазы действуют как обильные осадки, так и их недостаток, вызывающий сухость почвенного покрова. Так, при появлении личинок из яйца показатели влажности почвы не должны выходить за пределы определенного диапазона, чтобы не произошло их высыхание. Для линьки личинки и ее перехода в имаго необходимо оптимальное сочетание содержания влаги в почве и температуры воздуха, иначе особь перестанет расти и прошедшая линька закончится летально [21]. Чрезмерно низкая влажность воздуха также вызывает высыхание хитинового покрова и приводит к гибели особей.

Высокий снежный покров в сочетании с низкой скоростью ветра создает благоприятные микроклиматические условия для зимующих клещей, обеспечивая сохранение жизнеспособности большинства особей [14].

Комплексное воздействие данных факторов на численность клещей и уровень заболеваемости ИПК подтверждается многочисленными отечественными и зарубежными исследованиями. Доказано влияние гидротермических условий на численность таежного клеща в Красноярском крае, на территории южного Прибайкалья, в Республике Карелия [5, 7, 12]. Выявлена связь между повышенными значениями температуры воздуха, длительностью безморозного периода, увеличением числа иксодовых клещей и ростом количества больных клещевым боррелиозом в Иркутской области и Забайкальском крае [9, 16, 20]. На основе результатов анализа влияния метеорологических факторов на жизнедеятельность переносчиков КЭ, свидетельствующих о значимости таких показателей как относительная влажность воздуха (ноября предшествующего года, апреля и июня текущего) и температуры

воздуха (июня), были разработаны логико-вероятностные модели прогнозирования уровня заболеваемости населения этой инфекцией в Иркутске, Горно-Алтайске и Новосибирске [3].

В Европе исследования влияния температуры воздуха (средней и максимальной), среднесуточной относительной влажности воздуха и количества осадков на численность и фенологию *I. ricinus* проводились на основе обобщенных аддитивных линейных моделей — с отрицательным биномиальным распределением вероятности (generalized linear models (GLM) with negative binomial probability distribution, NBGLM) в Швейцарии и с распределением Пуассона и логарифмической связью (generalized additive linear model with Poisson distribution and log link) в Чехии [47, 53]. В Южной Скандинавии (Дании, Норвегии и Швеции) при прогнозировании численности иксодовых клещей с помощью метода дерева расширенной регрессии (boosted regression tree, BRT) в качестве основных климатических факторов в расчеты были включены значения нормализованного относительного вегетационного индекса (normalized difference vegetation index, NDVI), максимальной и минимальной температуры воздуха различных сезонов года и количество выпавших осадков [57, 60]. С использованием климатических данных и NDVI были разработаны прогнозная модель и карты риска заражения возбудителями ИКБ и КВЭ населения в Чешской Республике (Южной Чехии) и Германии (Нижней Баварии и Верхнем Пфальце) [54].

Обобщенные данные по влиянию климатических факторов на жизнедеятельность переносчиков возбудителей КВЭ и уровень заболеваемости населения (в том числе зависимость от определенных числовых значений) представлены в табл. 1.

Ряд зарубежных работ посвящен изучению зависимости интенсивности эпидемических проявлений КГЛ от природно-климатических условий окружающей среды, влияющих на *H. marginatum*. Так, анализ временных рядов (time series analysis), проведенный с использованием модели авторегрессии интегрированного скользящего среднего (seasonal auto-regression integrated moving average (SARIMA) model) в Юго-Восточном Иране, свидетельствует о выраженной связи числа больных с ежемесячной средней температурой воздуха (прямой — с лагом в два месяца и обратной — в пять месяцев), максимальной месячной относительной влажностью и накопленным количеством осадков с лагом в два и пять месяцев соответственно [43]. В Восточном Иране методом регрессионного анализа Пуассона (Poisson regression analysis) с псевдо-R-квадратом Макфаддена (McFadden's pseudo R²) выявлена сильная корреляция количества случаев со значениями максимальной температуры (преды-

душего месяца) и относительной влажности воздуха (в течение предшествующего месяца и полугодия) [64]. В результате апробации временной модели на основе логистической регрессии (temporal logistic regression model) для краткосрочного (на предстоящий месяц) прогнозирования

общего числа больных КГЛ в Иране установлено, что с увеличением максимальной температуры воздуха трех предшествующих месяцев на 1°C и относительной влажности двух предыдущих месяцев на 1% риски возникновения случаев заболевания повышаются на 9 и 4% соответ-

Таблица 1. Влияние климатических факторов на жизнедеятельность членистоногих переносчиков вируса клещевого энцефалита и заболеваемость населения КВЭ

Table 1. Effect of climatic factors on vital activity of arthropod vectors of tick-borne encephalitis virus and tick-borne viral encephalitis incidence

№ No.	Факторы Factors	Числовые значения факторов Factors numeric values	Влияние Effect
1	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	-10,0...-1,9 в марте -10.0...-1.9 in March +16,9...+19,0 в июле +16.9...+19.0 in July	Низкий уровень заболеваемости ¹ Low incidence ¹
2	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	-18,0...-11,0 в феврале -18.0...-11.0 in February -10,0...-1,9 в марте -10.0...-1.9 in March +16,9...+19,0 в июле +16.9...+19.0 in July	Низкий уровень заболеваемости ¹ Low incidence ¹
3	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	-1,5...+3,0 в апреле -1.5...+3.0 in April +19,0...+22,2 в июле +19.0...+22.2 in July	Высокий уровень заболеваемости ² High incidence ²
4	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	+19,0...+22,2 в июле +19.0...+22.2 in July +15,0...+18,7 в августе +15.0...+18.7 in August +2,1...+ 5,6 в октябре +2.1...+ 5.6 in October	Высокий уровень заболеваемости ² High incidence ²
5	Относительная влажность воздуха, % Relative air humidity, %	71,3-78,0 в марте 71.3-78.0 in March 68,0-74,5 в августе 68.0-74.5 in August	Низкий уровень заболеваемости ¹ Low incidence ¹
6	Относительная влажность воздуха, % Relative air humidity, %	64,0-73,6 в июне 64.0-73.6 in June 68,0-74,5 в августе 68.0-74.5 in August 73,5-80,0 в октябре 73.5-80.0 in October	Низкий уровень заболеваемости ¹ Low incidence ¹
7	Относительная влажность воздуха, % Relative air humidity, %	72,5-83,5 в феврале 72.5-83.5 in February 79,8-85,0 в декабре 79.8-85 in December	Высокий уровень заболеваемости ² High incidence ²
8	Относительная влажность воздуха, % Relative air humidity, %	72,5-83,5 в феврале 72.5-83.5 in February 58,0-73,0 в апреле 58.0-73.0 in April 79,8-85,0 в декабре 79.8-85.0 in December	Высокий уровень заболеваемости ² High incidence ²
9	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	+3,0...+5,0 весной +3.0...+5.0 in spring	Начало пробуждения <i>I. persulcatus</i> Onset of <i>I. persulcatus</i> awakening (the end of diapause)
10	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	выше +15,0 весной above +15.0 in spring	Максимальная активность <i>I. persulcatus</i> Maximum activity of <i>I. persulcatus</i>

Примечание. ¹ — от 2 до 19 случаев на 100 тыс. человек; ² — от 20 до 61 случая на 100 тыс. человек.

Note. ¹ — from 2 to 19 cases per 100,000 population; ² — from 20 to 61 cases per 100,000 population.

ственно [65]. С помощью однофакторного дисперсионного анализа (one-way analysis of variance, ANOVA) в Болгарии выявлено, что увеличение средней температуры воздуха и NDVI на единицу приводит к росту интенсивности проявлений эпидемического процесса КГЛ на 5,5% [74]. Определение стандартизованного показателя аномалий NDVI (разницы между десятилетними значениями и средним за предыдущий год), проведенного в Турции, позволяет прогнозировать возникновение эпидемиологических осложнений на 20 дней вперед с точностью до 82% (10-й процентиль) или 98% (25-й квартиль) [50].

В Российской Федерации исследование комплексного действия климатических факторов различных сезонов года на развитие всех стадий жизненного цикла *H. marginatum* и динамику заболеваемости населения КГЛ было выполнено на примере Ставропольского края. Были выявлены сильные корреляции значений температуры воздуха, количества выпавших осадков зимнего (прямая корреляция) и весеннего (обратная корреляция) периодов текущего года с индексом обилия клещей на сельскохозяйственных животных, их количеством при сборе «на учетчика», и летнего периода (предыдущего эпидемического сезона) — с индексами обилия личинок, нимф *H. marginatum*, а также с числом зарегистрированных больных КГЛ. Учитывая полученные данные, на основе теоремы Байеса и последовательного статистического анализа Вальда была разработана риск-ориентированная методика для составления ежегодного краткосрочного количественного эпидемиологического прогноза по отдельным административным районам Ставропольского края [8, 28, 29].

Обобщенные данные по влиянию климатических факторов на жизнедеятельность переносчиков возбудителей КГЛ и уровень заболеваемости населения (в том числе зависимость от определенных числовых значений) представлены в табл. 2.

Актуальной для Российской Федерации также является другая особо опасная трансмиссивная инфекция — лихорадка Западного Нила (ЛЗН) [18, 25, 37]. Наряду с сохранением роста заболеваемости населения на протяжении последних двух лет, отмечается интенсивное вовлечение в эпидемических процесс новых субъектов и появление местных случаев заражения на ранее неэндемичных территориях. Так, в 2019 г. было зарегистрировано 352 лабораторно подтвержденных случая ЛЗН (0,2 на 100 тыс. человек), что в 2 раза выше среднемноголетнего показателя (2012–2018 гг., 0,1 на 100 тыс.) и в 4 раза — уровня 2018 г. (0,05 на 100 тыс.) [30]. Интенсивность проявлений эпидемического процесса этой инфекции во многом определяется природно-климатическими условиями, действующими

на численность комаров — переносчиков вируса Западного Нила (ЗН) [25, 26, 35, 67].

Так, на сегодняшний день доказано, что лимитирующим фактором является температура воздуха, которая влияет не только на развитие комаров, их питание, метаболизм, репродукцию, но и на скорость репликативного процесса самого возбудителя ЛЗН [25, 26, 67]. Вирус ЗН способен размножаться в широком диапазоне температур — от +14°C у комаров до +45°C у птиц [42, 45, 58]. С повышением температуры скорость репликации увеличивается. Так, количество вируса, необходимое для инфицирования человека через укус комара, накапливается при +14°C через 58 дней, при +18°C — через 22, при +23,5°C — через 15 и при +30°C — через 11 суток [25, 31]. Установлено, что осложнения эпидемиологической ситуации по ЛЗН наблюдаются в теплые годы (особенно с более высокими температурами в летние месяцы) [1, 35, 51, 52, 66, 69, 72].

Сильные корреляционные связи выявлены между количеством случаев этой инфекции и климатическими факторами, влияющими на развитие личинок комаров [72]. Зависимость уровня заболеваемости ЛЗН с осадками выраженная, но неоднозначная — установлены как прямая, так и обратная корреляции [44, 46, 48, 72, 75]. Известно, что дожди способствуют увеличению площади стоячих водоемов — мест непосредственного вылода комаров. С другой стороны, засухи увеличивают плотность птиц и комаров вокруг оставшихся водных источников, тем самым активируя процесс передачи вируса ЗН между ними [66, 71]. Кроме того, слишком обильные осадки разбавляют содержание питательных веществ, отрицательно влияя на развитие личиночных стадий и даже могут привести к уничтожению их мест обитания [55]. Таким образом, климатическими предпосылками для осложнения эпидемиологической ситуации по ЛЗН является увеличение количества выпавших осадков в предыдущем эпидемическом сезоне и их некоторый дефицит в текущем [57].

Относительная влажность воздуха влияет как непосредственно на жизнедеятельность комаров (на них отрицательно влияют и чрезмерная сухость, и относительная влажность, превышающая 60%), так и на скорость яйцекладки [41]. Установлено, что при высокой температуре (+35°C) и низкой относительной влажности (60%) у взрослых самок наблюдалась низкая скорость яйцекладки (55±4,8 яйца). С другой стороны, при более низкой температуре (+25°C) и высокой влажности (80%) скорость яйцекладки значительно повышалась (99±3,6 яйца) [41].

Результаты комплексного ретроспективного исследования в Российской Федерации подтверждают наличие прямой зависимости количества случаев ЛЗН от средних температур возду-

Таблица 2. Влияние климатических факторов на жизнедеятельность членистоногих переносчиков вируса клещевого энцефалита и заболеваемость населения КВЭ

Table 2. Climatic factors effect on the ticks (CCHF virus vectors) vital activity and CCHF incidence

№ No.	Факторы Factors	Значения факторов Factors magnitude	Влияние Effect
1	Температура воздуха весной, °С: – дневная – ночная Spring air temperature, °С: – daytime – nighttime	– не ниже +9,0 – не ниже +2,0 – not lower than +9.0 – not lower than +2.0	Необходимо для активизации перезимовавших особей <i>H. marginatum</i> и начала их питания на животных Necessary for activation of overwintered <i>H. marginatum</i> and onset of their feeding on animals
2	Среднемесячная температура воздуха весной, °С Spring average monthly air temperature, °С	+16,9	Пик паразитирования <i>H. marginatum</i> <i>H. marginatum</i> maximum parasitism
3	Среднемесячная сумма осадков, мм Average monthly precipitation, mm	34,7	Пик паразитирования <i>H. marginatum</i> <i>H. marginatum</i> maximum parasitism
4	Весенне-летняя температура воздуха (май–июнь), °С Spring-summer air temperature (May–June), °С	+26,0...+28,0	Оптимально для эмбриогенеза (при более низких значениях развитие яиц <i>H. marginatum</i> задерживается) Optimal condition for embryogenesis (<i>H. marginatum</i> eggs development is delayed under lower temperature)
5	Осадки (май–июль) Precipitation (May–July)	Обильные осадки Heavy precipitation	Губительно для преимагинальных фаз <i>H. marginatum</i> Detrimental to <i>H. marginatum</i> preimaginal phases
6	Осадки, влажность почвы (май–июль) Precipitation, soil moisture (May–July)	Недостаток осадков, сухость почвы Shortage of precipitation, dry soil	Высыхание покрова и гибель преимагинальных фаз <i>H. marginatum</i> <i>H. marginatum</i> preimaginal phases dehydrate and die
7	Весенне-летняя температура воздуха (май–июль) Spring-summer air temperature (May–July)	Прохладная погода Cool weather	Неблагоприятно для выживаемости личинок <i>H. marginatum</i> Unfavorable for survival of <i>H. marginatum</i> larvae
8	Температура воздуха осенью Autumn air temperature	Теплая погода Warm weather	Благоприятно для жизнедеятельности клещей, может увеличить продолжительность эпидемического сезона Favorable for tick vital activity, may increase duration of epidemic season
9	Осадки осенью Precipitation in autumn	Мало осадков Little precipitation	Благоприятно для жизнедеятельности клещей, может увеличить продолжительность эпидемического сезона Favorable for tick vital activity, may increase duration of epidemic season
10	Температура воздуха зимой (декабрь–февраль), °С Winter air temperature (December–February), °С	Ниже –20,0 Below –20.0	Промерзание почвы и гибель клещей Soil freezing and tick death
11	Среднемесячная температура воздуха весной (март–апрель), °С Spring average monthly air temperature (March–April), °С	+10,5	Необходимо для начала паразитирования <i>H. marginatum</i> Necessary for onset of <i>H. marginatum</i> parasitism
12	Среднемесячная сумма осадков весной, мм Spring average monthly precipitation, mm	47	Необходимо для начала паразитирования <i>H. marginatum</i> Necessary for onset of <i>H. marginatum</i> parasitism
13	Максимальная температура воздуха трех предшествующих месяцев Maximum air temperature of the previous three months	Увеличение на 1°С Increase by 1°С	Риски возникновения случаев заболевания повышаются на 9% The risk of disease cases is increased by 9%

№ No.	Факторы Factors	Значения факторов Factors magnitude	Влияние Effect
14	Максимальная относительная влажность трех предшествующих месяцев Maximum relative humidity of the previous three months	Увеличение на 1% Increase by 1%	Риски возникновения случаев заболевания повышаются на 4% The risk of disease cases is increased by 4%
15	Средняя температура воздуха Average air temperature	Увеличение на 1°C Increase by 1°C	Рост заболеваемости на 5,5% Incidence rate is increase by 5.5%
16	NDVI	Увеличение на 1 Increase by 1	Рост заболеваемости на 5,5% Incidence rate is increased by 5.5%

ха (среднегодовых, среднесезонных температур воздуха весны и лета) и обратной — от среднесезонной влажности воздуха лета и весны [30].

В качестве вспомогательной основы для уточняющего прогноза заболеваемости ЛЗН на предстоящий сезон используются значения средней температуры и средней относительной влажности 25-й недели года. Так, с использованием логистической регрессии и метода построения деревьев решений установлено, что резкие эпидемические подъемы наблюдаются в годы со значениями данных показателей выше +22°C и ниже 50% соответственно [35]. Вместе с тем степень влияния одних и тех же абиотических факторов в разных субъектах неодинакова. Так, наиболее значимыми показателями для прогнозирования развития эпидемиологической ситуации по ЛЗН, согласно результатам корреляционного анализа, для территории Волгоградской области можно считать значения температуры воздуха летнего периода (среднесезонные) и влажности воздуха весны и лета (среднемесячные), для Ростовской области — среднемесячные температурные данные лета и весны [30].

Исследование связи интенсивности проявлений эпидемического процесса ЛЗН и действия погодно-климатических условий также было выполнено методом деревьев классификации и регрессии (classification and regression trees method, CRT) с последующей проверкой методом автоматического обнаружения взаимодействия по критерию хи-квадрат (Chi-squared automatic interaction detection, CHIAD). Согласно полученным результатам, для Волгоградской области наиболее сильной была связь уровня заболеваемости с температурами мая и июля (вспышки инфекции происходили в годы, когда средняя температура в течение этих месяцев превышала +21°C). В Ростовской области наиболее важным фактором была температура в мае и в меньшей степени в июне, но не в июле. Рост заболеваемости также отмечался при повышенных значениях температурных показателей в декабре прошлого года. В Астраханской области летние температуры, как правило, обычно довольно высокие и не оказывают влияния на эпидемиологическую ситуацию,

поэтому в качестве ограничивающего фактора может выступать температура зимнего периода (с декабря по январь): при значениях ниже –5°C отмечается снижение числа случаев инфекции. Кроме того, была построена общая прогностическая модель для всех трех исследуемых субъектов, включающая показатели температуры воздуха в мае, январе и августе–сентябре [68].

Полученные данные также подтверждаются и дополняются результатами зарубежных исследований. Так, в Хорватии установлено наличие положительной корреляции средней силы между числом случаев ЛЗН и среднемесячными температурами воздуха в восточных и северо-западных районах страны. При проведении корреляционного анализа числа больных и месячного количества осадков выявлена отрицательная связь средней силы в северо-западных районах и слабая — в восточных [30]. В Греции при проведении множественного логистического регрессионного анализа (multiple logistic regression analysis) установлена зависимость уровня заболеваемости от температуры и относительной влажности воздуха, а также от количества осадков, температуры и влажности почвы [72]. Наиболее важными факторами, влияющими на численность *Culex pipiens* в Северном Иране при составлении модели экологической ниши, были годовой диапазон температур, осадки самого холодного квартала, максимальная температура самого теплого месяца, осадки самого сухого квартала. В США изучение влияния природно-климатических факторов на инфицированность комаров вирусом ЗН и число случаев заболевания ЛЗН было выполнено с использованием нейросетевого подхода — алгоритма машинного обучения «случайный лес» (random forest analysis). Результаты исследования свидетельствуют о том, что повышение уровня зараженности переносчиков наблюдалось при увеличении средней минимальной температуры июля, августа и сентября. Выявлена нелинейная зависимость показателя инфицированности комаров от влажности почвы в апреле, мае и июне. Высокая зараженность *C. pipiens* отмечалась в годы с низкими значениями влажности почвы или

при сочетании нормальной влажности почвы и повышенных значениях средних минимальных температур. Также обнаружена связь более высокой инфицированности комаров с повышенными значениями средней минимальной температуры января, февраля, марта и засухой в июле, августе и сентябре. Самая низкая зараженность переносчиков отмечалась в прохладные годы с нормальной влажностью почвы [58]. С помощью корреляции Пирсона (Pearson correlations), бинарной (binary logistic regression) и полиномиальной логистической регрессии (multinomial logistic regression) в ряде стран Европы, Азии и Ближнего Востока (Румынии, Греции, Турции, Израиле) была установлена зависимость между началом и уровнем заболеваемости ЛЗН от температуры воздуха, относительной влажности и количества выпавших осадков в течение летне-весенних месяцев [66]. Результаты дискриминантного анализа (discriminant analysis) свидетельствуют о связи высокой заболеваемости ЛЗН в канадской провинции Саскачеван с низким количеством осадков в июне–июле и высокими значениями температуры в июле–августе [49, 68]. Согласно исследованиям, проведенным в США, предпосылками роста инфицированности комаров и числа больных ЛЗН являлись повышенные значения кумулятивных температур (выше $+22^{\circ}\text{C}$) и дефицит летних осадков [70]. Важность учета климатических факторов также подтверждена в ходе многофакторного прогнозирования вспышек ЛЗН в Европе с помощью линейных моделей смешанных эффектов (linear mixed-effects models) и использования информационного критерия Акаике (Akaike information criterion, AIC) — были обнаружены положительные корреляции уровня заболеваемости населения со значениями средних температур в июне–сентябре, а также общим количеством дней с осадками в конце зимы–весны [63].

Обобщенные данные по влиянию климатических факторов на жизнедеятельность переносчиков возбудителей ЛЗН и уровень заболеваемости населения (в том числе зависимость от определенных числовых значений) представлены в табл. 3.

Также на протяжении многих лет в Российской Федерации сохраняется напряженная эпидемиологическая ситуация по геморрагической лихорадке с почечным синдромом (ГЛПС). ГЛПС является самым широко распространенным (более 90%) из природно-очаговых зоонозов вирусной этиологии и в общей структуре бактериальных и вирусных ПОИ, выявляемых в стране, занимает второе место (в разные годы от 40 до 50%) по частоте регистрации случаев заболевания после ИПК [19, 22, 23, 24, 34]. В 2019 г., по сравнению с предыдущим годом, число выявленных больных возросло в 2,4 раза [24]. Была за-

регистрирована вспышка инфекции в г. Саратове и значительный рост заболеваемости на территории других эндемичных субъектов. Резервуаром и источником инфекции для человека являются мышевидные грызуны — каждый тип хантавирусов преимущественно связан с их определенным видом [15, 19, 37]. В настоящее время циркуляция возбудителя ГЛПС установлена на территории всех федеральных округов России [34]. Кроме того, наблюдается ярко выраженная тенденция расширения границ природных очагов с вовлечением новых субъектов, ранее считавшихся свободными от этой инфекции. Так, за последнее десятилетие обнаружены новые очаги ГЛПС в Республике Алтай, Новосибирской, Иркутской и Кемеровской областях, установлены новые резервуары инфекции в природе [10].

Таким образом, повсеместное распространение ГЛПС, наблюдаемая тенденция к росту уровня заболеваемости населения и расширение ареала циркуляции хантавирусов свидетельствуют о необходимости проведения комплексного анализа абиотических (в том числе погодных) условий, определяющих интенсивность эпидемических проявлений и активность эпизоотического процесса данной инфекции. Вместе с тем составление ежегодного эпидемиологического прогноза по ГЛПС в настоящее время выполняется преимущественно на основе прогноза численности мелких млекопитающих, без детального учета значений климатических факторов, перспективность использования которых в целях повышения точности прогнозирования, подтверждена результатами многочисленных отечественных и зарубежных исследований.

Так, на сегодняшний день известно, что благоприятными условиями для усиленного размножения грызунов являются теплая зима, отсутствие весеннего паводка и умеренно теплое, но не жаркое лето [4]. Кроме того, от погодных условий (температуры, влажности и осадков) зависит урожайность кормовых растений. Поэтому при составлении прогноза заболеваемости также важно учитывать значения NDVI. Данный показатель коррелирует с количеством и продуктивностью сельскохозяйственных культур, что является хорошим показателем питания грызунов. Растительность также обеспечивает укрытие, безопасность и защищает от хищников. Численность мелких млекопитающих уменьшается в засушливые годы, когда биомасса растительного корма для них снижается [15]. Таким образом, природно-климатические факторы оказывают как прямое влияние на численность популяций переносчиков хантавирусов (на количество беременностей, размер помета, рождаемость и коэффициент выживаемости), так и опосредованное — на условия их жизни и обеспеченность пищевыми ресурсами.

Проведенный в Самарской области (г. Тольятти) корреляционно-регрессионный анализ подтверждает наличие достоверной связи между уровнем заболеваемости ГЛПС, осенней численностью мелких мышевидных млекопитающих и значениями температуры воздуха и осадков летнего периода [17]. Результаты апробации регрессионной модели краткосрочного прогнозирования заболеваемости ГЛПС на примере Оренбургской области свидетельствуют, что наибольшее прогностическое значение имеют температура воздуха в октябре и количество осадков в ноябре предыдущего года, максимальный и минимальный уровни высоты снежного покрова в феврале, а также число Вольфа (с запаздыванием на 2 года) [11]. При составлении прогноза эпизоотической активности природных очагов ГЛПС на основе множественного регрессионного

анализа в Саратовской области в качестве основных абиотических факторов были использованы значения климатических показателей зимнего периода: средняя температура и влажность воздуха, высота снежного покрова, число Вольфа, а также количество дней с осадками.

Примерами зарубежных работ, посвященных изучению данной проблемы, является ряд исследований, проведенных в Китае. Так, при проведении кросс-корреляционного анализа (cross-correlation analysis) и апробации обобщенной аддитивной модели (generalized additive model, GAM) временного ряда была выявлена сильная корреляция между заболеваемостью ГЛПС и температурой, относительной влажностью воздуха и осадками в предшествующие три месяца и предыдущем году в провинции Шаньдун, г. Циндао. Были установлены отрицательные

Таблица 3. Влияние климатических факторов на жизнедеятельность комаров – переносчиков вируса ЗН и заболеваемость населения ЛЗН

Table 3. Effect of climatic factors on the mosquitoes (West Nile virus vectors) vital activity and WNF incidence

№ No.	Факторы Factors	Числовые значения факторов Factors numeric values	Влияние Effect
1	Температура воздуха в июне, °С Air temperature in June, °C	Выше средней на 3,9 Above average by 3.9	Максимальный эпидемический подъем заболеваемости Maximum epidemic increase incidence
2	Температура воздуха 25-й недели года, накануне эпидемического сезона, °С Air temperature at week 25 of the year, before the epidemic season, °C	Выше средней на 5,2 Above average by 5.2	Максимальный эпидемический подъем заболеваемости Maximum epidemic-related increase in disease incidence
3	Относительная влажность воздуха в июне, % Relative air humidity in June, %	Ниже средней на 16,7 Below average by 16.7	Максимальный эпидемический подъем заболеваемости Maximum epidemic-related increase in disease incidence
4	Относительная влажность воздуха 25-й недели года, накануне эпидемического сезона, % Relative air humidity at week 25 of the year, before the epidemic season, %	Ниже средней на 24,2 Below average by 24.2	Максимальный эпидемический подъем заболеваемости Maximum epidemic-related increase in disease incidence
5	Накопленная сумма активных температур воздуха июня, °С Accumulated amount of active air temperatures in June, °C	22,0 и выше 22,0 and above	Максимальный эпидемический подъем заболеваемости Maximum epidemic-related increase in disease incidence
6	Сумма активных температур воздуха июля, °С Amount of active air temperatures in July, °C	22,0 и выше 22,0 and above	Увеличение длительности эпидемического сезона Increased duration of epidemic season
7	Показатели 25-й недели года: – средней температуры воздуха, °С; – средней относительной влажности воздуха, % Data of the week 25 of the year: – average air temperature, °C; – average relative air humidity, %	– выше 22,0 – ниже 5,0°С – above 22,0 – below 5,0°C	Резкий эпидемический подъем уровня заболеваемости Sharp epidemic increase in disease incidence
8	Средняя температура воздуха в мае–июле, °С Average air temperature in May–July, °C	Выше 21,0 Above 21,0	Вспышки заболевания Disease outbreaks
9	Средняя температура воздуха с декабря по январь, °С Average air temperature from December to January, °C	Ниже –5,0 Below –5,0	Уровень заболеваемости ниже обычного Incidence is lower than usual rate

корреляционные связи между числом больных и температурным диапазоном от +6,0 до +23,7°C и положительные — со значениями влажности воздуха выше 85,7% и ниже 67,5% [56]. При изучении предпосылок активизации эпизоотического процесса хантавирусной инфекции с помощью методов главных компонент (principal component analysis, PCA) и логистической регрессии (logistic regression analysis) в провинции Хунань в качестве факторов риска, кроме среднегодовой температуры воздуха и годового количества осадков были использованы ежемесячные значения температуры поверхности земли и NDVI (которые также косвенно свидетельствует о влажности почвы) [76]. Результаты вейвлет-анализа (Wavelet analysis) — вейвлет-преобразования (Wavelet transform) с вейвлетом Морле (Morlet wavelet) и кросс-корреляционного анализа (cross correlation analysis), — проведенного в провинции Ляонин (г. Хулудао), свидетельствуют о наличии выраженной положительной корреляции численности норвежских крыс с показателями средней, максимальной и минимальной температуры воздуха, накопленными осадками и абсолютной влажностью [62]. С использованием вейвлет-анализа (Morlet wavelet) и байесовской, скорректированной по Пуассону модели временного ряда (Bayesian time-series adjusted Poisson regression model) выявлены основные факторы риска возникновения вспышек ГЛПС в провинции Шэньси (г. Сиань) — численность грызунов, количество выпавших осадков и температура воздуха, значения которых сильно коррелировали с количеством заболевших (с 2-, 3- и 4-месячным лагом соответственно) [73]. В городском округе Чэньчжоу прогнозирование заболевае-

мости ГЛПС было выполнено на основе модели полиномиально распределенных лагов (polynomial distributed lag (PDL) model). В качестве первого компонента были использованы численность грызунов, NDVI и среднемесячная температура, второго — среднемесячное количество осадков и среднемесячная относительная влажность, третий был представлен численностью грызунов и среднемесячной относительной влажностью. Полученные результаты также подтвердили наличие выраженной зависимости уровня заболеваемости населения от значений всех исследуемых факторов [77]. С помощью регрессионной модели главных компонент (principal components regression (PCR) model) и модели сезонного интегрированного скользящего среднего (SARIMA) с авторегрессией были установлены связи интенсивности проявлений эпидемического процесса ГЛПС в провинциях Гири и Хэйлунцзян со среднемесячными значениями средней, максимальной и минимальной температуры воздуха, относительной влажности воздуха, накопленными осадками и скоростью ветра [61, 79].

Обобщенные данные по влиянию климатических факторов на жизнедеятельность переносчиков возбудителей ГЛПС и уровень заболеваемости населения представлены (в том числе зависимость от определенных числовых значений) в табл. 4.

Таким образом, основными факторами, которые влияют на численность переносчиков возбудителей наиболее распространенных в Российской Федерации ПОИ, являются температура, влажность (почвы и воздуха) и количество выпавших осадков. Данные факторы могут быть

Таблица 4. Влияние климатических факторов на жизнедеятельность мышевидных грызунов — переносчиков хантавирусов и уровень заболеваемости населения ГЛПС

Table 4. Effect of climatic factors on vital activity of mouse-like rodents (hantaviruses vectors) and HFRS incidence

№ No.	Факторы Factors	Значения факторов Factors values	Влияние Effect
1	Температура воздуха трех предшествующих месяцев, °C Air temperature of the previous three months, °C	+6,0... +23,7	Отрицательная корреляционная связь с числом больных Negative correlation with the number of patients
2	Температура воздуха трех предшествующих месяцев, °C Air temperature of the previous three months, °C	Выше 23,7 и ниже 6,0 Above 23.7 and below 6.0	Положительная корреляционная связь с числом больных Positive correlation with the number of patients
3	Влажность воздуха трех предшествующих месяцев, % Air humidity of the previous three months, %	Выше 85,7 и ниже 67,5 Above 85.7 and below 67.5	Положительная корреляционная связь с числом больных Positive correlation with the number of patients
4	Температура воздуха летом Air temperature in summer	Теплая, но не жаркая Warm but not hot	Благоприятно для усиленного размножения грызунов Favorable for enhanced rodent reproduction
5	Отсутствие весеннего паводка Lack of spring flood		Благоприятно для усиленного размножения грызунов Favorable for enhanced rodent reproduction



Рисунок. Комплексное влияние климатических факторов на эпидемиологическую ситуацию по ПОИ
Figure. The complex climatic factors impact on the natural focal infections epidemiological situation

одновременно использованы для прогноза эпидемиологической ситуации по клещевым (КГЛ, КВЭ, ИКБ), зоонозным (ГЛПС) и передаваемым через укусы комаров (ЛЗН) инфекциям (рис.).

Заключение

Таким образом, результаты проведенного анализа многочисленных литературных данных подтверждают зависимость уровня заболеваемости населения ПОИ от природно-климатических факторов, влияющих на жизнедеятельность основных переносчиков их возбудителей — клещей, комаров, мышевидных грызунов, — а также свидетельствуют об актуальности продолжения исследований в данном

направлении. Дальнейшего изучения требует связь активности природных очагов инфекций с влажностью и температурой почвы на различной глубине, гидротермическим коэффициентом, NDVI, накопленными значениями температуры и количества осадков. Кроме того, особое внимание необходимо уделять таким широко распространенным в Российской Федерации ПОИ, которым на сегодняшний день посвящено лишь небольшое число отечественных работ (ИКБ, КГЛ) или детальные исследования которых по влиянию погодных условий на интенсивность эпизоотического процесса и эпидемических проявлений до настоящего времени широко не проводились (например, астраханская пятнистая лихорадка).

Список литературы/References

1. Антонов В.А., Смоленский В.Ю., Путинцева Е.В., Липницкий А.В., Смелянский В.П., Яковлев А.Т., Мананков В.В., Погасий Н.И., Красовская Т.Ю. Эпидемическая ситуация по лихорадке Западного Нила в 2011 году на территории Российской Федерации и прогноз ее развития // Проблемы особо опасных инфекций. 2012. № 1 (111). С. 17–21. [Antonov V.A., Smolensky V.Yu., Putintseva E.V., Lipnitsky A.V., Smelyansky V.P., Yakovlev A.T., Manankov V.V., Pogasy N.I., Krasovskaya T.Yu. West Nile Fever epidemic situation in the Russian Federation territory in 2011 and prognosis of its development. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2012, no. 1 (111), pp. 17–21. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2012-1(111)-17-21
2. Балашов Ю.С. Иксодовые клещи — паразиты и переносчики инфекций. СПб.: Наука, 1998. 287 с. [Balashov Yu.S. Ixodid ticks are parasites and vectors of infectious diseases. *St. Petersburg: Nauka*, 1998. 287 p. (In Russ.)]
3. Бериков В.Б., Лбов Г.С., Полякова Г.Л., Бахвалова В.Н., Панов В.В., Щучинова Л.Д., Гладкий П.А., Коротков Ю.С., Никитин А.Я., Лутова С.Л., Банникова Л.М., Козловский Л.И., Баштанник В.И., Мезенцева Э.А., Михеев В.Н., Шульгина Н.И., Герасимов М.К., Гусев В.А., Маслов П.П., Пестунов И.А., Морозова О.В. Анализ факторов, влияющих на заболеваемость клещевым энцефалитом, с использованием логико-вероятностных и корреляционно-регрессионных моделей // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2011. № 6 (61). С. 25–34. [Berikov V.B., Lbov G.S., Polyakova G.L., Bakhvalova V.N., Panov V.V., Shchuchinova L.D., Gladky P.A., Korotkov Yu.S., Nikitin A.Ya., Lutova S.L., Bannikova L.M., Kozlovsky L.I., Bashtannik V.I., Mezentseva E.A., Miheev V.N., Shulgina N.I., Gerasimov M.K., Gusev V.A., Maslov P.P., Pestunov I.A., Morozova O.V. Analysis of factors influencing the incidence of tick-borne encephalitis using logical-and-probabilistic and correlation-regression models. *Epidemiologiya i vaksino profilaktika = Epidemiology and Vaccinal Prevention*, 2011, no. 6 (61), pp. 25–34. (In Russ.)]

4. Богданова Т.М., Семенова В.А., Каретникова А.Ю., Терехина Е.С., Шляпников Н.В. ГЛПС: предикторы заболевания // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 4. [Bogdanova T.M., Semenova V.A., Karetnikova A.Yu., Terekhina E.S., Shlyapnikov N.V. HFRS: predictors of illness. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik = International Student Scientific Bulletin*, 2019, no. 4. (In Russ.)] URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=19704>
5. Бугмырин С.В., Назарова Л.Е., Беспятова Л.А., Иешко Е.П. К вопросу о северной границе распространения *Ixodes persulcatus* (Acari: Ixodidae) в Карелии // Известия РАН. Серия биологическая. 2013. № 2. С. 240–244. [Bugmyrin S.V., Nazarova L.E., Bespyatova L.A., Ieshko E.P. Concerning the problem of the northern limit of *Ixodes persulcatus* (Acari: Ixodidae) distribution in Karelia. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*, 2013, no. 2, pp. 240–244. (In Russ.)] doi: 10.7868/S0002332913020033
6. Власов В.В., Репин В.Е. Инфекции, передаваемые клещами в Сибирском регионе. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 395 с. [Vlasov V.V., Repin V.E. Tick-borne infections in the Siberian Region. *Novosibirsk: SO RAN Publishing*, 2011. 395 p. (In Russ.)]
7. Данчинова Г.А., Хаснатинов М.А., Шулунов С.С., Арбатская Е.В., Бадиева Л.Б., Сунцова О.В., Чапоргина Е.А., Богомазова О.Л., Тимошенко А.Ф. Фауна и экология популяций иксодовых клещей — переносчиков клещевых инфекций в Прибайкалье // Бюллетень ВСИЦ СО РАМН. 2007. № 3 (55), прил. С. 86–89. [Danchinova G.A., Khasnatinov M.A., Shulunov S.S., Arbatskaya E.V., Badueva L.B., Suntsova O.V., Tchaporgina E.A., Bogomazova O.L., Timoshenko A.F. Fauna and ecology of ixodid ticks in Pribaikalye. *Byulleten' VSNTS SO RAMN = Bulletin of ESCC SB RAMS*, 2007, no. S3 (55), pp. 86–89. (In Russ.)]
8. Дубянский В.М., Прислегина Д.А., Куличенко А.Н. Риск-ориентированная модель прогнозирования эпидемиологической ситуации по Крымской геморрагической лихорадке (на примере Ставропольского края) // Анализ риска здоровью. 2018. № 1. С. 13–21. [Dubynskiy V.M., Prislegina D.A., Kulichenko A.N. Risk-oriented model for predicting epidemiological situation with Crimean-Congo hemorrhagic fever (on the example of Stavropol region). *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 13–21. (In Russ.)] doi: 10.21668/health.risk/2018.1.02
9. Емельянова А.Н., Кижло Л.Б. Клинико-эпидемиологические особенности иксодового клещевого боррелиоза в Забайкальском крае // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2012. Т. 112, № 5. С. 103–105. [Emelyanova A.N., Kizlo L.B. Clinical and epidemiologic particularities of tick-borne borreliosis in Transbaikal Region. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk) = Siberian Medical Journal (Irkutsk)*, 2012, vol. 112, no. 5, pp. 103–105. (In Russ.)]
10. Иванова А.В., Сафронов В.А., Попов Н.В., Куклев Е.В. Эпидемиологическое районирование территории Приволжского федерального округа по уровню потенциальной эпидемической опасности природных очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 1. С. 91–96. [Ivanova A.V., Safronov V.A., Popov N.V., Kuklev E.V. Epidemiological zoning of the Volga Federal District territory by the level of potential epidemic hazard of hemorrhagic fever with renal syndrome natural foci. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2020, no. 1, pp. 91–96. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2020-1-91-96
11. Калмыков А.А., Аминев Р.М., Корнеев А.Г., Поляков В.С. Эпидемиологический анализ причин роста заболеваемости ГЛПС военнослужащих в ЦВО в 2011 году // Медицинский альманах. 2012. № 3 (22). С. 96–99. [Kalmykov A.A., Aminov R.M., Korneev A.G., Polyakov V.S. The epidemiological analysis of the reasons of the increase of morbidity with hemorrhagic fever with renal syndrome of military men in Central Military Region in 2011. *Meditsinskiy al'manakh = Medical Almanac*, 2012, no. 3 (22), pp. 96–99. (In Russ.)]
12. Коротков Ю.С., Акулова Л.М., Хазова Т.Г., Килина А.И., Кисленко Г.С., Чунихин С.П. Циклические изменения численности таежного клеща в заповеднике «Столбы» // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1992. № 3. С. 7–10. [Korotkov Yu.S., Akulova L.M., Khazova T.G., Kilina A.I., Kisenko G.S., Chunikhin S.P. Cyclic changes of the taiga ticks number in the “Stolby” reserve. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni = Medical Parasitology and Parasitic Diseases*, 1992, no. 3, pp. 7–10. (In Russ.)]
13. Коротков Ю.С., Никитин А.Н., Антонова А.М. Роль климатических факторов в многолетней динамике заболеваемости населения г. Иркутска клещевым энцефалитом // Бюллетень ВСИЦ СО РАМН. 2007. № 3 (55), прил. С. 121–125. [Korotkov Yu.S., Nikitin A.N., Antonova A.M. Role of the climatic factors in long-term dynamics of tickborn encephalitis disease of Irkutsk population. *Byulleten' VSNTS SO RAMN = Bulletin of ESCC SB RAMS*, 2007, no. S3 (55), pp. 121–125. (In Russ.)]
14. Куличенко А.Н., Прислегина Д.А. Крымская геморрагическая лихорадка: климатические предпосылки изменений активности природного очага на юге Российской Федерации // Инфекция и иммунитет. 2019. Т. 9, № 1. С. 162–172. [Kulichenko A.N., Prislegina D.A. Climatic prerequisites for changing activity in the natural Crimean-Congo hemorrhagic fever focus in the South of the Russian Federation. *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 162–172. (In Russ.)] doi: 10.15789/2220-7619-2019-1-162-172
15. Леонтьев В.В. Динамика заболеваемости геморрагической лихорадкой с почечным синдромом населения г. Набережные Челны // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 3. С. 18–23. [Leontev V.V. The dynamics of the morbidity rate of hemorrhagic fever with renal syndrome in the population of the city of Naberezhnye Chelny. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 18–23. (In Russ.)]
16. Лисак О.В., Козлова И.В., Сунцова О.В., Богомазова О.Л., Дорошенко Е.К., Чумаченко И.Г., Черноиванова О.О., Ревизор А.О. Современная эпидемиологическая ситуация в отношении трансмиссивных клещевых инфекций в северных районах Иркутской области // Acta Biomedica Scientifica. 2012. № 5 (87), Ч. 1. С. 97–101. [Lysak O.V., Kozlova I.V., Suntsova O.V., Bogomazova O.L., Doroshchenko E.K., Chumachenko I.G., Chernouvanova O.O., Revisor A.O. Modern epidemiology of vector-borne tick-borne infections in northern districts of the Irkutsk region. *Acta Biomedica Scientifica*, 2012, no. 5 (87), pt. 1, pp. 97–101. (In Russ.)]
17. Лифиренко Н.Г., Костина Н.В. К оценке возможного влияния климата на эпидемический процесс // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. Т. 10, № 2. С. 333–339. [Lifirenko N.G., Kostina N.V. To the mates of possible influence of climate on to the epidemiologic process. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN = Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2008, vol. 10, no. 2, pp. 333–339. (In Russ.)]

18. Малецкая О.В., Прислегина Д.А., Таран Т.В., Платонов А.Е., Дубянский В.М., Волюнкина А.С., Василенко Н.Ф., Цапко Н.В. Природно-очаговые вирусные лихорадки на юге европейской части России. Лихорадка Западного Нила // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 1. С. 109–114. [Maletskaya O.V., Prislegina D.A., Taran T.V., Platonov A.E., Dubyansky V.M., Volynkina A.S., Vasilenko N.F., Tsapko N.V. Natural focal viral fevers in the south of European part of Russia. West Nile fever. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2020, no. 1, pp. 109–114. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2020-1-109-114
19. Малецкая О.В., Таран Т.В., Прислегина Д.А., Платонов А.Е., Дубянский В.М., Волюнкина А.С., Василенко Н.Ф., Тохов Ю.Н., Цапко Н.В. Природно-очаговые вирусные лихорадки на юге европейской части России. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 4. С. 79–84. [Maletskaya O.V., Taran T.V., Prislegina D.A., Platonov A.E., Dubyansky V.M., Volynkina A.S., Vasilenko N.F., Tokhov Yu.N., Tsapko N.V. Natural focal viral fevers in the south of the European part of Russia. Hemorrhagic fever with renal syndrome. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2019, no. 4, pp. 79–84. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2019-4-79-84
20. Носков А.К., Трушина Ю.Н., Туранов А.О., Адельшин Р.В., Хаснатинов М.А., Трухина А.Г., Андаев Е.И. Клинико-эпидемиологические особенности иксодовых клещевых боррелиозов в Забайкальском крае // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. № 4. С. 25–28. [Noskov A.K., Trushina Yu.N., Turanov A.O., Adel'shin R.V., Khasnatinov M.A., Trukhina A.G., Andaev E.I. Clinical-epidemiological peculiarities of the tick-borne borrelioses registered in the Trans-Baikal territory. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2014, no. 4, pp. 25–28. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2014-4-25-28
21. Оборин М.С., Артамонова О.А. Анализ географических закономерностей распространения клещевого энцефалита и лайм-боррелиоза на территории России // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (135). С. 87–92. [Oborin M.S., Artamonova O.A. The analysis of geographical spread regularities of tick-borne encephalitis and lyme borreliosis in the territory of Russia. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agrarian University*, 2016, no. 1 (135), pp. 87–92. (In Russ.)]
22. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: государственный доклад. М.: Роспотребнадзор, 2018. 268 с. [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2017: state report. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 2018. 268 p. (In Russ.)]
23. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: государственный доклад. М.: Роспотребнадзор, 2019. 254 с. [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2018: state report. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 2019. 254 p. (In Russ.)]
24. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: государственный доклад. М.: Роспотребнадзор, 2020. 299 с. [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2019: state report. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 2020. 299 p. (In Russ.)]
25. Платонов А.Е. Влияние погодных условий на эпидемиологию трансмиссивных инфекций (на примере лихорадки Западного Нила в России) // Вестник РАМН. 2006. № 2. С. 25–29. [Platonov A.E. The influence of weather conditions on the epidemiology of vector-borne diseases by the example of West Nile fever in Russia. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2006, no. 2, pp. 25–29. (In Russ.)]
26. Платонов А.Е., Гриднева К.А., Долгин В.А., Колясникова Н.М., Платонова О.В., Титков А.В. Применение дистанционного спутникового мониторинга для контроля и прогноза заболеваемости природно-очаговыми трансмиссивными инфекциями // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 3. С. 21–32. [Platonov A.E., Gridneva K.A., Dolgin V.A., Kolyasnikova N.M., Platonova O.V., Titkov A.V. The use of satellite remote sensing for monitoring and forecasting of vector-borne infections. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 2013, vol. 10, no. 3, pp. 21–32. (In Russ.)]
27. Померанцев Б.И. Иксодовые клещи (Ixodoidea) // Фауна СССР. Паукообразные. Т. 4, вып. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1950. № 2. 223 с. [Pomerantsev B.I. Ixodid ticks (Ixodoidea). Fauna of the USSR. Arachnids. M.: AN SSSR Publishing, 1950, no. 2, 223 p. (In Russ.)]
28. Прислегина Д.А., Дубянский В.М., Куличенко А.Н. Особо опасные арбовирусные лихорадки на юге России: совершенствование мониторинга с применением современных информационных технологий // Медицина труда и экология человека. 2019. № 4. С. 50–58. [Prislegina D.A., Dubyansky V.M., Kulichenko A.N. Particular dangerous arbovirus fevers in the south of Russia: improvement of monitoring with modern information technology application. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka = Occupational Health and Human Ecology*, 2019, no. 4, pp. 50–58. (In Russ.)] doi: 10.24411/2411-3794-2019-10047
29. Прислегина Д.А., Дубянский В.М., Малецкая О.В., Куличенко А.Н., Василенко Н.Ф., Манин Е.А., Ковальчук И.В. Крымская геморрагическая лихорадка в Ставропольском крае: современные клинико-эпидемиологические аспекты и новый подход к прогнозированию заболеваемости // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2018. № 3. С. 49–56. [Prislegina D.A., Dubyansky V.M., Maletskaya O.V., Kulichenko A.N., Vasilenko N.F., Manin E.A., Kovalchuk I.V. Crimean-Congo hemorrhagic fever in the Stavropol Region: contemporary clinical and epidemiological aspects and new approach to forecasting of morbidity. *Infektsionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie = Infectious Diseases: News, Opinions, Training*, 2018, no. 3, pp. 49–56. (In Russ.)] doi: 10.24411/2305-3496-2018-13007
30. Путинцева Е.В., Алексейчик И.О., Чеснокова С.Н., Удовиченко С.К., Бородай Н.В., Никитин Д.Н., Агаркова Е.А., Батурич А.А., Шпак И.М., Фомина В.К., Несговорова А.В., Смелянский В.П., Викторов Д.В., Топорков А.В. Результаты мониторинга возбудителя лихорадки Западного Нила в Российской Федерации в 2019 г. и прогноз развития эпидемической ситуации на 2020 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 1. С. 51–60. [Putintseva E.V., Alekseychik I.O., Chesnokova S.N., Udovichenko S.K., Boroday N.V., Nikitin D.N., Agarkova E.A., Baturin A.A., Shpak I.M., Fomina V.K., Nesgovorova A.V., Smelyansky V.P., Viktorov D.V., Toporkov A.V. Results of the West Nile Fever agent monitoring in the Russian Federation in 2019 and the forecast of epidemic situation development in 2020. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2020, no. 1, pp. 51–60. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2020-1-51-60

31. Путинцева Е.В., Липницкий А.В., Алексеев В.В., Смелянский В.П., Антонов В.А., Мананков В.В., Погасий Н.И., Злепко А.В., Чайка А.Н., Крючкова Т.П., Савченко С.Т., Жуков К.В. Распространение лихорадки Западного Нила в мире и Российской Федерации в 2010 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2011. № 1 (107). С. 38–41. [Putintseva E.V., Lipnitskiy A.V., Alekseev V.V., Smelyanskiy V.P., Antonov V.A., Manankov V.V., Pogasiy N.I., Zlepko A.V., Chaika A.N., Kryuchkova T.P., Savchenko S.T., Zhukov K.V. Dissemination of the West Nile Fever in the Russian Federation and in the world in 2010. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2011, no. 1 (107), pp. 38–41. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2011-1(107)-38-41
32. Рубцова И.Ю., Малькова И.Л. Заболеваемость клещевым энцефалитом и заклещевленность территории Удмуртии как результат воздействия природных и антропогенных факторов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология». 2017. № 1. С. 46–54. [Rubtsova I.Yu., Mal'kova I.L. The disease incidence of tick-borne encephalitis and concentration of ticks in Udmurtia as a result of the impact of natural and anthropogenic factors. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. = Proceedings of Voronezh State University. Series Geography. Geoecology*, 2017, no. 1, pp. 46–54. (In Russ.)]
33. Рудаков Н.В., Рудакова С.А. Клещевые трансмиссивные инфекции Сибири. Практическое руководство. Омск: ООО ИЦ «Омский научный вестник», 2019. 146 с. [Rudakov N.V., Rudakova S.A. Tick-borne vector-borne infections of Siberia. Practical guide. *Omsk: LLC Omskiy nauchnyy vestnik Publishing Center*, 2019. 146 p. (In Russ.)]
34. Савицкая Т.А., Трифонов В.А., Исаева Г.Ш., Решетникова И.Д., Пакскина Н.Д., Серова И.В., Иванова А.В., Сафронов В.А., Попов Н.В. Обзор современной эпидемиологической обстановки по заболеваемости геморрагической лихорадкой с почечным синдромом в мире и прогноз заболеваемости на территории Российской Федерации в 2019 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 2. С. 30–36. [Savitskaya T.A., Trifonov V.A., Isaeva G.S., Reshetnikova I.D., Pakschina N.D., Serova I.V., Ivanova A.V., Safronov V.A., Popov N.V. Review of the current epidemiological situation on the incidence of hemorrhagic fever with renal syndrome in the world and forecast of the incidence for the territory of the Russian Federation in 2019. *Problemy osobo opasnykh infektsiy = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2019, no. 2, pp. 30–36. (In Russ.)] doi: 10.21055/0370-1069-2019-2-30-36
35. Сафронов В.А., Смоленский В.Ю., Смелянский В.П., Савченко С.Т., Раздорский А.С., Топорков В.П. Оценка динамики эпидемических проявлений лихорадки Западного Нила в Волгоградской области в зависимости от климатических условий, предшествующих началу эпидемического сезона // Вопросы вирусологии. 2014. Т. 59, № 6. С. 42–46. [Safronov V.A., Smolenskij V.Ju., Smeljanskiy V.P., Savchenko S.T., Razdorskij A.S., Toporkov V.P. Assessment of epidemic manifestations of the West Nile fever in the Volgograd region depending on the climatic conditions. *Voprosy virusologii = Problems of Virology*, 2014, vol. 59, no. 6, pp. 42–46. (In Russ.)]
36. Ткаченко Е.А., Дзагурова Т.К., Бернштейн А.Д., Коротина Н.А., Окулова Н.М., Мутных Е.С., Иванов А.П., Ишмухаметов А.А., Юничева Ю.В., Пиликова О.М., Морозов В.Г., Транквилевский Д.В., Городин В.Н., Бахтина В.А., Соцкова С.Е. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (история, проблемы и перспективы изучения) // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2016. Т. 15, № 3. С. 23–34. [Tkachenko E.A., Dzagurova T.K., Bernshtein A.D., Korotina N.A., Okulova N.M., Mutnikh E.S., Ivanov A.P., Ishmukhametov A.A., Yunicheva Yu.V., Pilikova O.M., Morozov V.G., Trankvilevskiy D.V., Gorodin V.N., Bakhtina V.A., Sotskova S.E. Hemorrhagic fever with renal syndrome (history, problems and research perspectives). *Epidemiologiya i vaksino profilaktika = Epidemiology and Vaccinal Prevention*, 2016, vol. 15, no. 3, pp. 23–34. (In Russ.)]
37. Тохов Ю.М., Дегтярев Д.Ю., Дубянский В.М. Иксодовые клещи (морфология, медицинское значение, регуляция численности). Ставрополь: ИП Светличная С.Г., 2015. 84 с. [Tokhov Yu.M., Degtyarev D.Yu., Dubyanskiy V.M. Ixodid ticks (morphology, medical significance, population regulation). *Stavropol: Svetlichnaya S.G. Individual Entrepreneur*, 2015. 84 p. (In Russ.)]
38. Трифонова Т.А., Марцев А.А. Оценка и прогнозирование эпидемиологической обстановки по иксодовому клещевому боррелиозу во Владимирской области // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2016. № 1. С. 58–62. [Trifonova T.A., Martsev A.A. Evaluation and prognosis of epidemiologic situation for lyme borreliosis in Vladimir region. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 2016, no. 1, pp. 58–62. (In Russ.)] doi: 10.36233/0372-9311-2016-1-58-62
39. Трухачев В.И., Тохов Ю.М., Луцук С.Н., Дылев А.А., Толоконников В.П., Дьяченко Ю.В. Распространение и экологическая характеристика иксодовых клещей рода Hyalomma в экосистемах Ставропольского края // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11, № 2. С. 59–69. [Trukhachev V.I., Tokhov Yu.M., Lutsuk S.N., Dylev A.A., Tolokonnikov V.P., Dyachenko Yu.V. Distribution and ecological characteristics of Hyalomma ixodid ticks in the ecosystems of the Stavropol Region. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie = South of Russia: Ecology, Development*, 2016, vol. 11, no. 2, pp. 59–69. (In Russ.)] doi: 10.18470/1992-1098-2016-2-59-69
40. Шестопалов Н.В., Шашина Н.И., Германт О.М., Пакскина Н.Д., Царенко В.А., Веригина Е.В., Бойко Л.С. Информационное письмо «Природно-очаговые инфекции, возбудителей которых передают иксодовые клещи, и их неспецифическая профилактика в Российской Федерации (по состоянию на 01.01.2019)» // Дезинфекционное дело. 2019. № 1 (107). С. 37–44. [Shestopalov N.V., Shashina N.I., Germant O.M., Pakschina N.D., Tsarenko V.A., Verigina E.V., Boyko L.S. Information letter “Natural and focal infections, which agents are passed by ixodic ticks, and their nonspecific preventive measures in the Russian Federation (on 01.01.2019)”. *Dezinfektsionnoe delo = Disinfection Affairs*, 2019, no. 1 (107), pp. 37–44.
41. Ahmed T., Hyder M.Z., Liaqat I., Scholz M. Climatic Conditions: conventional and nanotechnology-based methods for the control of mosquito vectors causing human health issues. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 17, 3165 p. doi: 10.3390/ijerph16173165
42. Amini M., Hanafi-Bojd A.A., Asghari S., Chavshin A.R. The potential of West Nile virus transmission regarding the environmental factors Using Geographic Information System (GIS), West Azerbaijan Province, Iran. *J. Arthropod. Borne. Dis.*, 2019, vol. 13, no. 1, pp. 27–38.
43. Ansari H., Shahbaz B., Izadi S., Zeinali M., Tabatabaee S.M., Mahmoodi M., Holakouie Naieni K., Mansournia M.A. Crimean-Congo hemorrhagic fever and its relationship with climate factors in southeast Iran: a 13-year experience. *J. Infect. Dev. Ctries.*, 2014, vol. 8, no. 6, pp. 749–757. doi: 10.3855/jidc.4020
44. Chung W.M., Buseman C.M., Joyner S.N., Hughes S.M., Fomby T.B., Luby J.P., Haley R.W. The 2012 West Nile encephalitis epidemic in Dallas Texas. *JAMA*, 2013, vol. 310, no. 3, pp. 297–307. doi: 10.1001/jama.2013.8267

45. Cornel A.J., Jupp P.G., Blackburn N.K. Environmental temperature on the vector competence of *Culex univittatus* (Diptera: Culicidae) for West Nile virus. *J. Med. Entomol.*, 1993, vol. 30, no. 2, pp. 449–456. doi: 10.1093/jmedent/30.2.449
46. Crowder D.W., Dykstra E.A., Brauner J.M., Duffy A., Reed C., Martin E., Peterson W., Carrière Y., Dutilleul P., Owen J.P. West Nile Virus prevalence across landscapes is mediated by local effects of agriculture on vector and host communities. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 1: e55006. doi: 10.1371/journal.pone.0055006
47. Daniel M., Maly M., Danielova V., Kříž B., Nuttall P. Abiotic predictors and annual seasonal dynamics of *Ixodes ricinus*, the major disease vector of Central Europe. *Parasites and Vectors*, 2015, vol. 8, no. 1: 478. doi: 10.1186/s13071-015-1092-y
48. Deichmeister J.M., Telang A. Abundance of West Nile virus mosquito vectors in relation to climate and landscape variables. *J. Vector. Ecol.*, 2011, vol. 36, no. 1, pp. 75–85. doi: 10.1111/j.19487134.2011.00143.x
49. Epp T.Y., Waldner C.L., Berke O. Predicting geographical human risk of West Nile virus — Saskatchewan, 2003 and 2007. *Can. J. Public Health*, 2009, vol. 100, no. 5, pp. 344–348. doi: 10.1007/BF03405266
50. Estrada-Peña A., Vatansever Z., Gargili A., Buzgan T. An early warning system for Crimean-Congo haemorrhagic fever seasonality in Turkey based on remote sensing technology. *Geospat. Health*, 2007, vol. 2, no. 1, pp. 127–135. doi: 10.4081/gh.2007.261
51. Hahn M.B., Monaghan A.J., Hayden M.H., Eisen R.J., Delorey M.J., Lindsey N.P., Nasci R.S., Fischer M. Meteorological condition associated with increased incidence of West Nile virus disease in the United States, 2004–2012. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2015, vol. 92, no. 5, pp. 1013–1022. doi: 10.4269/ajtmh.14-0737
52. Hartley D.M., Barker C.M., Le Menach A., Niu T., Gaff H.D., Reisen W.K. Effects of temperature on emergence and seasonality of West Nile Virus in California. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2012, vol. 86, no. 5, pp. 884–894. doi: 10.4269/ajtmh.2012.11-0342
53. Hauser G., Rais O., Moran Cadenas F., Gonseth Y., Bouzelboudjen M., Gern L. Influence of climatic factors on *Ixodes ricinus* nymph abundance and phenology over a long-term monthly observation in Switzerland (2000–2014). *Parasites and Vectors*, 2018, vol. 11, no. 1: 289. doi: 10.1186/s13071-018-2876-7
54. Hönl V., Švec P., Marek L., Mrkvička T., Dana Z., Wittmann M.V., Masar O., Szturcová D., Růžek D., Pfister K., Grubhoffer L. Model of risk of exposure to Lyme borreliosis and tick-borne encephalitis virus-infected ticks in the border area of the Czech Republic (South Bohemia) and Germany (Lower Bavaria and Upper Palatinate). *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 7: 1173. doi: 10.3390/ijerph16071173
55. Ippoliti C., Candeloro L., Gilbert M., Goffredo M., Mancini G., Curci G., Falasca S., Tora S., Di Lorenzo A., Quaglia M., Conte A. Defining ecological regions in Italy based on a multivariate clustering approach: a first step towards a targeted vector borne disease surveillance. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 7: e0219072. doi: 10.1371/journal.pone.0219072
56. Jiang F., Wang L., Wang S., Zhu L., Dong L., Zhang Z., Hao B., Yang F., Liu W., Deng Y., Zhang Y., Ma Y., Pan B., Han Y., Ren H., Cao G. Meteorological factors affect the epidemiology of hemorrhagic fever with renal syndrome via altering the breeding and hantavirus-carrying states of rodents and mites: a 9 years' longitudinal study. *Emerg. Microbes. Infect.*, 2017, vol. 6, no. 11: e104. doi: 10.1038/emi.2017.92
57. Keyel A.C., Elison Timm O., Backenson P.B., Prussing C., Quinones S., McDonough K.A., Vuille M., Conn J.E., Armstrong P.M., Andreadis T.G., Kramer L.D. Seasonal temperatures and hydrological conditions improve the prediction of West Nile virus infection rates in *Culex* mosquitoes and human case counts in New York and Connecticut. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 6: e0217854. doi: 10.1371/journal.pone.0217854
58. Kinney R.M., Huang C.Y.-H., Whiteman M.C., Bowen R.A., Langevin S.A., Miller B.R., Brault A.C. Avian virulence and thermostable replication of the North American strain of West Nile virus. *J. Gen. Virol.*, 2006, vol. 87, pt. 12, pp. 3611–3622. doi: 10.1099/vir.0.82299-0
59. Kjær L.J., Soleng A., Edgar K.S., Lindstedt H., Paulsen K.M., Andreassen A.K., Korslund L., Kjelland V., Slettan A., Stuen S., Kjellander P., Christensson M., Teräväinen M., Baum A., Klitgaard K., Bødker R. Predicting and mapping human risk of exposure to *Ixodes ricinus* nymphs using climatic and environmental data, Denmark, Norway and Sweden, 2016. *Euro. Surveill.*, 2019, vol. 24, no. 9: 1800101. doi: 10.2807/15607917.ES.2019.24.9.1800101
60. Kjær L.J., Soleng A., Edgar K.S., Lindstedt H.E.H., Paulsen K.M., Andreassen A.K., Korslund L., Kjelland V., Slettan A., Stuen S., Kjellander P., Christensson M., Teräväinen M., Baum A., Klitgaard K., Bødker R. Predicting the spatial abundance of *Ixodes ricinus* ticks in southern Scandinavia using environmental and climatic data. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9, no. 1: 18144. doi: 10.1038/s41598-019-54496-1
61. Li C.P., Cui Z., Li S.L., Magalhaes R.J., Wang B.L., Zhang C., Sun H.L., Li C.Y., Huang L.Y., Ma J., Zhang W.Y. Association between hemorrhagic fever with renal syndrome epidemic and climate factors in Heilongjiang Province, China. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2013, vol. 89, no. 5, pp. 1006–1012. doi: 10.4269/ajtmh.12-0473
62. Li Y., Cazelles B., Yang G., Laine M., Huang Z.X.Y., Cai J., Tan H., Stenseth N.C., Tian H. Intrinsic and extrinsic drivers of transmission dynamics of hemorrhagic fever with renal syndrome caused by Seoul hantavirus. *PLoS. Negl. Trop. Dis.*, 2019, vol. 13, no. 9: e0007757. doi: 10.1371/journal.pntd.0007757
63. Marcantonio M., Rizzoli A., Metz M., Rosà R., Marini G., Chadwick E., Neteler M. Identifying the environmental conditions favouring West Nile Virus outbreaks in Europe. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 3: e0121158. doi: 10.1371/journal.pone.0121158
64. Mostafavi E., Chinikar S., Bokaei S., Haghdoost A. Temporal modeling of Crimean-Congo hemorrhagic fever in eastern Iran. *Int. J. Infect. Dis.*, 2013, vol. 17, no. 7, pp. 524–528. doi: 10.1016/j.ijid.2013.01.010
65. Mostafavi E., Haghdoost A., Irani A.D., Bokaei S., Chinikar S. Temporal modeling of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Iran. *Int. J. Infect. Dis.*, 2013, vol. 17, no. 7, pp. e524–e528. doi: 10.1016/j.ijid.2013.01.010
66. Paz S., Malkinson D., Green M.S., Tsioni G., Papa A., Danis K., Sirbu A., Ceianu C., Katalin K., Ferenczi E., Zeller H., Semenza J.C. Permissive summer temperatures of the 2010 European West Nile fever upsurge. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 2: e56398. doi: 10.1371/journal.pon.0056398
67. Platonov A.E., Fedorova M.V., Karan L.S., Shopenskaya T.A., Platonova O.V., Zhuravlev V.I. Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (Diptera: Culicidae) bionomics. *Parasitol. Res.*, 2008, vol. 103, no. 1, pp. 45–53. doi: 10.1007/s00436-008-1050-0
68. Platonov A.E., Tolpin V.A., Gridneva K.A., Titkov A.V., Platonova O.V., Kolyasnikova N.M., Busani L., Rezza G. The incidence of West Nile disease in Russia in relation to climatic and environmental factors. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2014, vol. 11, no. 2, pp. 1211–1232. doi: 10.3390/ijerph110201211

69. Reisen W.K., Fang Y., Martinez V.M. Effects of temperature on the transmission of West Nile virus by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.*, 2006, vol. 43, no. 2, pp. 309–317. doi: 10.1603/00222585(2006)043[0309:EOTOTT]2.0.CO;2
70. Ruiz M.O., Chaves L.F., Hamer G.L., Sun T., Brown W.M., Walker E.D., Haramis L., Goldberg T.L., Kitron U.D. Local impact of temperature and precipitation on West Nile virus infection in *Culex* species mosquitoes in northeast Illinois, USA. *Parasit. Vectors*, 2010, vol. 3, no. 1: 19. doi: 10.1186/1756-3305-3-19
71. Shaman J., Day J.F., Stieglitz M. Drought induced amplification and epidemic transmission of West Nile virus in southern Florida. *J. Med. Entomol.*, 2005, vol. 42, no. 2, pp. 134–141. doi: 10.1093/jmedent/42.2.134
72. Stilianakis N.I., Syrris V., Petroliaqkis T., Pärt P., Gewehr S., Kalaitzopoulou S., Mourelatos S., Baka A., Pervanidou D., Vontas J., Hadjichristodoulou C. Identification of climatic factors affecting the epidemiology of human West Nile virus infections in Northern Greece. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no. 9: e0161510. doi: 10.1371/journal.pone.0161510
73. Tian H.Y., Yu P.B., Luis A.D., Bi P., Cazelles B., Laine M., Huang S.Q., Ma C.F., Zhou S., Wei J., Li S., Lu X.L., Qu J.H., Dong J.H., Tong S.L., Wang J.J., Grenfell B., Xu B. Changes in rodent abundance and weather conditions potentially drive hemorrhagic fever with renal syndrome outbreaks in Xi'an, China, 2005–2012. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 2015, vol. 9, no. 3: e0003530. doi: 10.1371/journal.pntd.0003530
74. Vescio F.M., Busani L., Mughini-Gras L., Khoury C., Avellis L., Taseva E., Rezza G., Christova I. Environmental correlates of Crimean-Congo haemorrhagic fever incidence in Bulgaria. *BMC Public Health*, 2012, no. 12: 1116. doi: 10.1186/1471-2458-12-1116
75. Wimberly M.C., Lamsal A., Giacomo P.C., Chuang T.W. Regional variation of climatic influences on West Nile Virus outbreaks in the United States. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2014, vol. 91, no. 4, pp. 677–684. doi: 10.4269/ajtmh.14-0239
76. Xiao H., Huang R., Gao L.D., Huang C.R., Lin X.L., Li N., Liu H.N., Tong S.L., Tian H.Y. Effects of humidity variation on the Hantavirus infection and hemorrhagic fever with renal syndrome occurrence in subtropical China. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2016, vol. 94, no. 2, pp. 420–427. doi: 10.4269/ajtmh.15-0486
77. Xiao H., Tian H.Y., Gao L.D., Liu H.N., Duan L.S., Basta N., Cazelles B., Li X.J., Lin X.L., Wu H.W., Chen B.Y., Yang H.S., Xu B., Grenfell B. Animal reservoir, natural and socioeconomic variations and the transmission of hemorrhagic fever with renal syndrome in Chenzhou, China, 2006–2010. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 2014, vol. 8, no. 1: e2615. doi: 10.1371/journal.pntd.0002615
78. Yigit G.K. An example of tick-Crimean Congo hemorrhagic fever (CCHF) in Eflani district, Karabuk, Turkey. *Sci. Res. Essays*, 2011, vol. 6, no. 11, pp. 2395–2402. doi: 10.5897/SRE11.574
79. Zhao Q., Yang X., Liu H., Hu Y., He M., Huang B., Yao L., Li N., Zhou G., Yin Y., Li M., Gong P., Liu M., Ma J., Ren Z., Wang Q., Xiong W., Fan X., Guo X., Zhang X. Effects of climate factors on hemorrhagic fever with renal syndrome in Changchun, 2013 to 2017. *Medicine (Baltimore)*, 2019, vol. 98, no. 9: e14640. doi: 10.1097/MD.00000000000014640

Авторы:

Прислегина Д.А., к.м.н., научный сотрудник лаборатории эпидемиологии, ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь, Россия; ФБУН Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва, Россия; **Дубянский В.М.**, д.б.н., зав. отделом эпизоотологического мониторинга и прогнозирования, ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь, Россия; ФБУН Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва, Россия; **Платонов А.Е.**, д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории эпидемиологии природно-очаговых инфекций ФБУН Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва, Россия; **Малецкая О.В.**, д.м.н., профессор, зам. директора по научной и противоэпидемической работе ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь, Россия.

Authors:

Prislegina D.A., PhD (Medicine), Researcher, Laboratory of Epidemiology, Stavropol Plague Control Research Institute, Stavropol, Russian Federation; Central Research Institute of Epidemiology, Moscow, Russian Federation; **Dubyanskiy V.M.**, PhD, MD (Biology), Head of the Department of Epizootological Monitoring and Prognostication, Stavropol Plague Control Research Institute, Stavropol, Russian Federation; Central Research Institute of Epidemiology, Moscow, Russian Federation; **Platonov A.E.**, PhD, MD (Biology), Professor, Head Researcher, Laboratory of Zoonoses, Central Research Institute of Epidemiology, Moscow, Russian Federation; **Maletskaya O.V.**, PhD, MD (Medicine), Professor, Deputy Director for Scientific and Anti-Epidemic Work, Stavropol Plague Control Research Institute, Stavropol, Russian Federation.

Поступила в редакцию 09.11.2020
Отправлена на доработку 10.01.2021
Принята к печати 27.03.2021

Received 09.11.2020
Revision received 10.01.2021
Accepted 27.03.2021