

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ**Рузибоева Мохинур Гайрат кизи****Ахмедова Саодат Тошболтаевна****Баходиров Сардор Баходир угли****Улашова Дилдора Азамат кизи**

Термезский филиал Ташкентской медицинской академии

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7261207>

Аннотация. Данная статья посвящена анализу и обобщению результатов отечественных и зарубежных работ по влиянию природно-климатических факторов на интенсивность проявлений эпидемического процесса и жизнеспособность переносчиков возбудителей наиболее актуальных для нашего региона 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 нашего региона сохраняется напряженная эпидемиологическая ситуация. Отмечается расширение границ природных очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом, являющейся самым широко распространенным природно-очаговым зоонозом вирусной этиологии в изученном регионе 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, 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, 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

Abstract. *This article is devoted to the analysis and generalization of the results of domestic and foreign studies on the influence of natural and climatic factors on the intensity of manifestations of the epidemic process and the vital activity of carriers of pathogens of the most relevant natural focal infections for our region. Over the past seven years, infections transmitted by ticks (among which ixodid tick-borne borreliosis is the leader in terms of prevalence and frequency of registration of cases), account for more than 50% in the total nosological structure of natural focal diseases. Tick-borne viral encephalitis continues to pose a serious threat to the health of the country's population. In the south of our region, a tense epidemiological situation remains. There is an expansion of the boundaries of natural foci of hemorrhagic fever with renal syndrome, which is the most widespread natural focal zoonosis of viral etiology in the studied region and for many years ranked second in the frequency of detection of patients after infections transmitted by ticks. In the course of the work, research data were systematized on the dependence of the number of carriers of pathogens of natural focal infections and the dynamics of the incidence of these infections on the values of climatic factors, confirmed using various methods of mathematical statistics (time series analysis, autoregression of the integrated moving average, logistic regression, correlation analysis, one-way analysis of variance and others). It has been established that the common abiotic factors for all considered infections are the temperature and humidity of air and soil, the amount of precipitation, the height of the snow cover, the values of which can be used for the subsequent compilation of an epidemiological forecast.*

It is promising to further study the relationship between the incidence rate of the population, the number of arthropod vectors of pathogens and small mammals with indicators of soil moisture and temperature at different depths, the hydrothermal coefficient, the normalized relative vegetation index, the accumulated values of temperature and precipitation, as well as conducting similar studies on other common in the country natural focal infections.

Keywords: *climatic factors, tick-borne viral encephalitis, hemorrhagic fever with renal syndrome, vectors of pathogens, disease rate.*

ВВЕДЕНИЕ

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.

Бактерии не исчезают летом, как многие надеются. Очень важно это понимать. С другой стороны, наши наблюдения показывают, что на скорость распространения эпидемии напрямую влияет жесткость экологии. Пока это единственный метод борьбы с вирусом, поэтому крайне важно его поддерживать", – рассказала эпидемиолог, одна из авторов исследования.

С самого начала вспышки инфекции нового типа ученые спорят, что произойдет с распространением эпидемии летом, когда температура воздуха в большинстве регионов планеты повысится. Теоретические расчеты, которые ученые делали на основе первых наблюдений за инфекцией и типичных характеристик, которые вызывают простуду, указывали как на то, что эпидемия замедлится, так и на то, что ничего не изменится.

Канадские эпидемиологи впервые детально просчитали подобные изменения, воспользовавшись данными, которые собирали медицинские службы 144 стран и регионов мира в тот момент времени, когда общее число заболевших достигло отметки в 375 тыс. человек.

МЕТОД И МЕТОДОЛОГИЯ

Особенно ярко эта связь проявляется на примере природно-очаговых инфекций (ПОИ), численность специфических переносчиков возбудителей которых в значительной степени зависит от природно-климатических факторов. Наблюдаемые изменения климата способствуют расширению ареала возбудителей многих инфекций и появлению случаев заражения на территориях, где они ранее не регистрировались [1, 4, 3]. 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 удлиняет 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. По распространенности и частоте регистрации среди них лидирует иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ). Случаи заболевания почти ежегодно отмечаются в 77 из 85 субъектов страны. В 2020 г. было выявлено 123 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 обеих инфекций на территории центральных, восточных районов и частично лесной зоны европейской части страны имеют иксодовые клещи *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 [3, 4]. Ситуацию осложняет выраженная тенденция смещения и расширения ареала вируса в северном направлении, что подтверждается ежегодным (с 2016 г.) Это создает риск распространения возбудителя КГЛ за пределы южных регионов, с вовлечением в эпидемический процесс новых субъектов страны [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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, 1, 7, 3, 9, 8]. 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 [1]. Установлено статистически достоверное косвенное влияние среднемесячной температуры июля и сентября предыдущего года на число больных ИКБ [8]. 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 [2]. Смена стадий жизненного цикла клещей также зависит от количества выпавших осадков и влажности почвы [9]. 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 [2]. 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 [4]. 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 [5, 7, 2]. Выявлена связь между повышенными значениями температуры воздуха, длительностью безморозного периода, увеличением числа иксодовых клещей и ростом количества больных клещевым боррелиозом [9, 6, 2].

ОБСУЖДЕНИЕ

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 [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 [4, 5]. 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 [5, 6]. 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 [4].

ВЫВОД

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 (предыдущего месяца) и относительной влажности воздуха (в течение предшествующего месяца и полугода) [6].

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 logicaland-probabilistic and correlation-regression models. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika = 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 studentcheskiy nauchnyy vestnik = International Student Scientific Bulletin*, 2019, no. 4. (In Russ.)]
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 ВСНЦ 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. [Dubyanskiy 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.)]