

DOI: 10.21055/0370-1069-2025-2-79-85

УДК 639.1.091:591.54

В.М. Дубянский, Е.В. Герасименко, Е.С. Котенев

Некоторые погодно-климатические причины межэпизоотического периода в Центрально-Кавказском высокогорном природном очаге чумы*ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт», Ставрополь, Российская Федерация*

Цель работы – определить связь доступных погодно-климатических показателей с межэпизоотическим периодом в Центрально-Кавказском высокогорном природном очаге чумы. **Задачи:** определить погодно-климатические показатели, потенциально связанные с активностью природного очага, – оптимальные и пессимальные для регистрации эпизоотий чумы значения показателей; определить, есть ли различия в количестве пессимальных для регистрации эпизоотий факторов в эпизоотический и межэпизоотический периоды. **Материалы и методы.** Изучены данные об эпизоотической активности Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы с 1987 по 2021 г. Использованы сведения по месяцам: о минимальной, максимальной и средней температурах воздуха, сумме осадков, средней влажности воздуха, величине атмосферного давления – всего 72 погодных показателя (метеостанция «Шаджатмаз»). Статистическая обработка проводилась с использованием непараметрической последовательной статистической процедуры распознавания, корреляционного анализа Спирмена, критерия Манна – Уилкоксона – Уитни. Для расчетов статистик использована библиотека Python scipy.stat. **Результаты и обсуждение.** При высокой эпизоотической активности значения погодных показателей находились в основном в благоприятных диапазонах. После 2008 г. значения погодных показателей переместились большей частью в неблагоприятные диапазоны. Значения погодных показателей, не относящихся к информативным, также имеют тенденцию на выход из пределов толерантности. Климатические изменения неблагоприятно сказываются на эпизоотической активности очага. В то же время, вероятно, происходит постепенная адаптация экосистемы очага к изменению климата. Можно ожидать, что эпизоотическая активность очага будет регистрироваться спорадически, при некотором улучшении погодно-климатических условий.

Ключевые слова: чума, природный очаг, погодные показатели, информативность, экологическая ниша, толерантность.

Корреспондирующий автор: Дубянский Владимир Маркович, e-mail: dvmplague@gmail.com.

Для цитирования: Дубянский В.М., Герасименко Е.В., Котенев Е.С. Некоторые погодно-климатические причины межэпизоотического периода в Центрально-Кавказском высокогорном природном очаге чумы. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2025; 2:79–85. DOI: 10.21055/0370-1069-2025-2-79-85

Поступила 05.11.2024. Отправлена на доработку 10.01.2025. Принята к публикации 17.04.2025.

V.M. Dubyansky, E.V. Gerasimenko, E.S. Kotenev

Some Weather and Climatic Factors of the Inter-Epizootic Period in the Central-Caucasian High Mountain Natural Focus of Plague*Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russian Federation*

Abstract. The aim of the work was to determine the relationship between the existing weather and climatic conditions and the inter-epizootic period in the Central-Caucasian high mountain natural focus of plague. Objectives: a) to identify weather and climate indicators potentially associated with the activity of a natural plague focus – optimal and pessimal values of these indicators for recording plague epizootics; b) to determine whether there are differences in the number of pessimal factors for recording epizootics during epizootic and inter-epizootic periods. **Materials and methods.** Data on the epizootic activity of the Central-Caucasian high mountain natural plague focus from 1987 to 2021 were studied. Information on the minimum, maximum and average air temperatures by months, the amount of precipitation by months, the average humidity, the value of atmospheric pressure were analyzed: a total of 72 weather indicators (Shadzatmaz weather station). Statistical processing was carried out using a nonparametric sequential statistical recognition procedure, Spearman correlation analysis, and the Mann–Wilcoxon–Whitney test. To calculate statistics, the Python library scipy.stat was used. **Results and discussion.** During high epizootic activity, the values of weather indicators were mainly in favorable ranges. After 2008, the values of weather indicators shifted mainly to unfavorable ranges. Values of weather indicators that are non-informative also tended to be beyond the limits of tolerance. Climatic changes adversely affect the epizootic activity of the focus. At the same time, the ecosystem of the focus is gradually adapting to climate change. It can be expected that the epizootic activity of the focus will be recorded sporadically, given some improvement in the weather conditions.

Key words: plague, natural focus, weather indicators, informative value, ecological niche, tolerance.

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

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

Corresponding author: Vladimir M. Dubyansky, e-mail: dvmplague@gmail.com.

Citation: Dubyansky V.M., Gerasimenko E.V., Kotenev E.S. Some Weather and Climatic Factors of the Inter-Epizootic Period in the Central-Caucasian High Mountain Natural Focus of Plague. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections].* 2025; 2:79–85. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2025-2-79-85

Received 05.11.2024. Revised 10.01.2025. Accepted 17.04.2025.

Dubyansky V.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3817-2513>
Gerasimenko E.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4010-8019>

Kotenev E.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-8926>

Центрально-Кавказский высокогорный природный очаг чумы, открытый в 1971 г., занимает площадь 4600 км² и на протяжении 36 лет был одним из наиболее активных на территории Российской Федерации, с индексом эпизоотичности, равным единице. Однако в 2008 г. начался межэпизоотический период, который длился до 2020 г. В июле – августе 2021 г. эпизоотии чумы были вновь зарегистрированы в трех секторах западной части очага, с выделением 11 штаммов возбудителя. Эпизоотические участки привязаны к поселениям горного суслика (*Spermophilus musicus* Menetries, 1832) и неравномерно распределены по территории [1].

Очаг имеет большое эпидемиологическое значение, так как расположен в Приэльбрусье, центре горного туризма и альпинизма Юга России. Экологическая система очага постоянно трансформируется из-за глобальных климатических изменений [2]. Для повышения эффективности эпиднадзора за этой территорией требуется понимание причин снижения и повышения эпизоотической активности, что может помочь в разработке моделей для оперативного и долгосрочного прогнозирования ситуации по чуме.

Цель исследования – определить связь доступных погодно-климатических показателей с межэпизоотическим периодом в Центрально-Кавказском высокогорном природном очаге чумы. Задачи: определить погодно-климатические показатели, потенциально связанные с активностью природного очага, – оптимальные и пессимальные для регистрации эпизоотий чумы значения показателей; определить, есть ли различия в количестве пессимальных для регистрации эпизоотий факторов в эпизоотический и межэпизоотический периоды.

Для исследования использовался подход из экологии сообществ: построение неполной (только по имеющимся данным) гиперобъемной реализованной ниши Хатчинсона и ее анализ.

В данной статье не рассматриваются недоступные в настоящее время природно-климатические показатели, в частности число дней с морозом и оттепелями, данные о ветровом режиме, которые важны для эпизоотической активности [3].

Материалы и методы

Данные об эпизоотической активности использованы в виде количества эпизоотических участков, зарегистрированных с 1987 по 2021 г. Под эпизоотическим участком мы понимаем эпизоотическую точку, где был добыт полевой материал, от которого выделен штамм микроба чумы. Обработаны и проанализированы метеорологические данные по метеостанции «Шаджатмаз». Используются сведения по месяцам: о минимальной, максимальной и средней температурах воздуха, сумме осадков, средней влажности воздуха, величине атмосферного давления – всего 72 погодных показателя.

Сведения одной метеостанции не описывают погоду всего очага, но могут служить опорными данными для понимания происходящих в очаге процессов, так как изменения погоды в регионе происходят практически синхронно по всей площади очага. На рис. 1 приведены графики изменения величины атмосферного давления в ноябре и среднемесячной температуры воздуха в июле для трех метеостанций региона: «Шаджатмаз», «Клухорский перевал» и «Кисловодск».

Коэффициенты корреляции Спирмена составляют 0,74–0,85 для величины атмосферного давления и 0,90–0,92 для среднемесячных температур.

Расчеты проводились с использованием модели на основе непараметрической последовательной статистической процедуры распознавания (НПСР), подробно описанной в [4], для выявления информативности и определения оптимальных и пессимальных диапазонов потенциальных предикторов относительно эпизоотической активности.

Фактор считается информативным, если он обнаруживает статистически значимую степень различия распределений при двух дифференцируемых состояниях объекта исследования [4].

Информативность фактора выражается в безразмерных числовых значениях, которые тем выше, чем фактор более информативен.

Математически обработанный результат соотношения вероятностей, при которых, при определенном количественном значении фактора, эпизоотия регистрируется или не регистрируется, выражается безразмерной величиной – диагностическим коэффициентом, положительным или отрицательным соответственно. Количественные значения факторов исследуются не в абсолютных значениях, а в диапазонах [5]. Модель модифицирована В.М. Дубянским: диапазоны значений предикторов разбиваются по правилу Фридмана – Диакониса [6].

Благоприятными считались диапазоны с положительным диагностическим коэффициентом, неблагоприятными – с отрицательным. Это означает, что при наибольшей вероятности регистрации эпизоотических участков количественные значения потенциальных предикторов находились в пределах благоприятных диапазонов, а при малой вероятности регистрации эпизоотических участков – в пределах неблагоприятных диапазонов.

Временные ряды количественных значений погодных показателей делились пополам: с 1987 по 2003 г. (первый период) и с 2004 по 2020 г. (второй период). Обе половины ряда сравнивались с использованием критерия Манна – Уилкоксона – Уитни. При достоверных различиях медианы рядов считалось, что с 2004 г. количество неблагоприятных значений по каждому потенциальному предиктору достоверно увеличилось либо уменьшилось.

Случай, если медиана второго периода попадает в неблагоприятный диапазон, означает, что больше половины периода наблюдались количественные

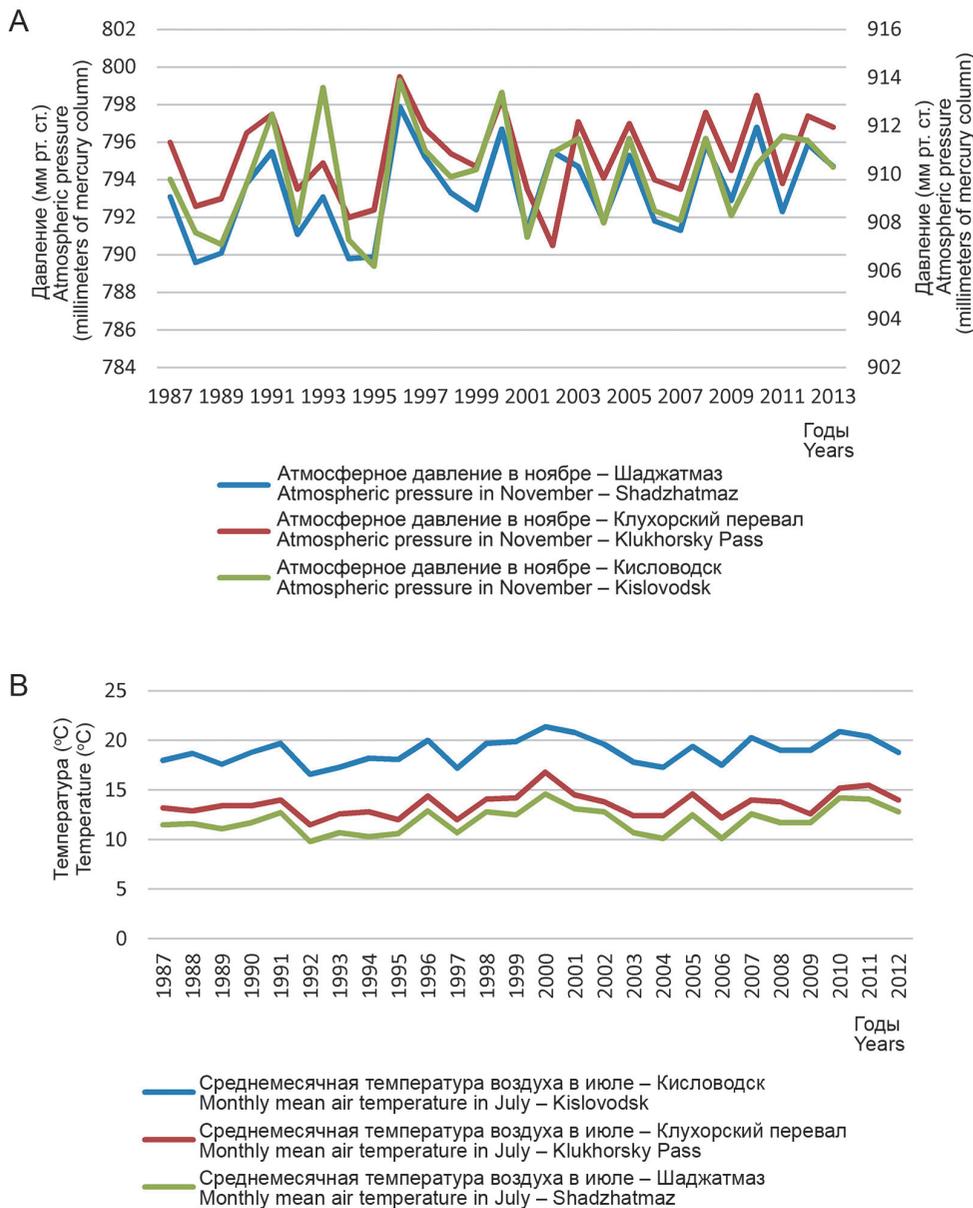


Рис. 1. Изменения величины атмосферного давления в ноябре (А) и среднемесячной температуры воздуха в июле (В) по сведениям метеостанций в районе Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы

Fig. 1. Changes in atmospheric pressure in November (A) and average monthly air temperature in July (B) according to data from meteorological stations in the Central-Caucasian high mountain natural plague focus area

значения погодного показателя, неблагоприятные для регистрации эпизоотий.

Сравнение количества благоприятных и неблагоприятных диапазонов по годам осуществлялось следующим образом: годы, в которые показатель имел значение, входившее в благоприятный диапазон, обозначались единицей, остальные – нулем. Сумма неблагоприятных диапазонов по годам подсчитывалась как для всех показателей, имеющих достоверные различия между периодами, так и для показателей, не имеющих достоверных различий.

Сдвиг внутри благоприятного диапазона к пределу толерантности [6] считался по величине диагностического коэффициента: чем меньше коэффициент, тем ближе к пределу толерантности находится значение погодного показателя. Отрицательный диагностический коэффициент означал выход количественного значения погодного показателя за пределы толерантности.

Корреляция Спирмена использована для выявления синхронизации по годам между рядами данных. Критерий Манна – Вилкоксона – Уитни использован для определения достоверности различий рядов данных. Для расчетов статистик использована библиотека Python `scipy.stat`.

Результаты и обсуждение

Использование НПСПР показало, что информативными относительно эпизоотической активности очага являются 22 погодных показателя из 72 изученных. Эти показатели выбраны для основных расчетов.

Оптимальные и pessимальные диапазоны значений погодных показателей представлены в табл. 1.

Показатели в табл. 1 расположены в порядке убывания информативности. Фактически благоприятные диапазоны погодных показателей очерчивают

Таблица 1 / Table 1

Оптимальные и пессимальные для регистрации эпизоотий чумы диапазоны погодных показателей и статистический уровень значимости различий их количества в разные периоды времени

Optimal and pessimal ranges of weather factors for the registration of plague epizootics and the statistical significance of differences in their number during different time periods

№	Наименование фактора и уровень значимости различий (при наличии) между первым и вторым периодами (в скобках) Name of the factor and the level of significance of differences (if any) between the first and second periods (in parentheses)	Благоприятный Favorable		Неблагоприятный Unfavorable		Информативность Informative value
		от/from	до/to	от/from	до/to	
1	Минимальная температура воздуха в мае, °C (0,02) Minimum air temperature in May, °C (0.02)	-9,98	-3,93	-3,94	4,16	1,9
2	Относительная влажность воздуха в апреле, % Relative air humidity in April, %	74,5	95,38	57,78	74,49	1,55
3	Среднемесячная температура воздуха в июле, °C (0,02) Average monthly air temperature in July, °C (0.02)	9,00	11,40	11,41	16,21	1,26
4	Атмосферное давление в ноябре, мм рт. ст. Atmospheric pressure in November, mm Hg	788,2	792,37	792,38	800,69	1,09
5	Атмосферное давление в августе, мм рт. ст. (0,009) Atmospheric pressure in August, mm Hg (0.009)	794,23	796,50	796,51	799,34	1,05
6	Относительная влажность воздуха в ноябре, % (0,001) Relative air humidity in November, % (0.001)	62,33	79,87	33,10	62,32	0,97
7	Атмосферное давление в декабре, мм рт. ст. (0,006) Atmospheric pressure in December, mm Hg (0.006)	784,93	791,70	791,71	797,12	0,93
8	Минимальная температура воздуха в декабре, °C Minimum air temperature in December, °C	-23,13	-18,30	-18,31	-2,67	0,91
9	Среднемесячная температура воздуха в октябре, °C Average monthly air temperature in October, °C	2,60	7,00	0,38 7,01	2,59 10,31	0,91
10	Минимальная температура воздуха в июне, °C (0,003) Minimum air temperature in June, °C (0.003)	-5,05	1,10	1,11	8,79	0,86
11	Среднемесячная температура воздуха в декабре, °C (0,03) Average monthly air temperature in December, °C (0.03)	-12,44	-2,65	-2,66	5,16	0,84
12	Среднемесячная температура воздуха в июне, °C (0,02) Average monthly air temperature in June, °C (0.02)	6,25	10,00	5,55 10,01	6,24 14,34	0,80
13	Сумма осадков в июне, мм Precipitation sum in June, mm	0	119,70	119,71	253,37	0,75
14	Сумма осадков в ноябре, мм Total precipitation in November, mm	30,30	60,00	0,00	30,29	0,75
15	Минимальная температура воздуха в ноябре, °C Minimum air temperature in November, °C	-23,91	-14,13	-14,12	0,5	0,73
16	Относительная влажность воздуха в марте, % Relative air humidity in March, %	69,50	85,37	56,80	69,49	0,70
17	Минимальная температура воздуха в октябре, °C (0,01) Minimum air temperature in October, °C (0.01)	-18,73	-8,30	-8,29	-6,32	0,68
18	Относительная влажность воздуха в январе, % (0,03) Relative air humidity in January, % (0.03)	62,5	80,04	44,94	62,49	0,67
19	Сумма осадков в мае, мм (0,04) Precipitation sum in May, mm (0.04)	18,05	95,20	95,21	198,02	0,66
20	Минимальная температура воздуха в феврале, °C Minimum air temperature in February, °C	-26,23	-15,20	-28,44 -15,19	-26,22 -8,59	0,62
21	Максимальная температура воздуха в декабре, °C (0,03) Maximum air temperature in December, °C (0.03)	2,37	12,00	12,01	19,20	0,62
22	Атмосферное давление в сентябре, мм рт. ст. Atmospheric pressure in September, mm Hg	792,70	797,23	790,41 797,24	792,69 801,78	0,56

реализованную экологическую нишу Хатчинсона для эпизоотических участков по 22 измерениям [7]. Границы диапазонов – границы толерантности паразитарной системы очага к количественным значениям конкретных погодных показателей [8].

Из 22 информативных показателей 12 имеют значимые различия между первым и вторым периодами, то есть количественных значений этих показателей, которые попадают в неблагоприятные диапазоны, достоверно больше во втором периоде.

Суммарная информативность этих показателей на 30 % больше, чем у показателей, не имеющих таких различий (11,24 против 7,82). Изменения медианных значений этих показателей представлены в табл. 2.

Распределение сумм случаев значений информативных погодных показателей, выходящих за пределы толерантности паразитарной системы очага, и эпизоотическая активность очага по годам представлены на рис. 2.

Ежегодное количество погодных показателей с медианными значениями, выходящими за пределы толерантности, различно. Наибольшее их количество (16) отмечено в 2020 г.

Для сравнения проверены разности медиан информативных погодных показателей, не имеющих достоверной разницы медианных значений между первым и вторым периодами:

– относительная влажность воздуха в апреле и марте уменьшилась на 2 %;

– минимальная температура воздуха в декабре увеличилась на 1 °С, в ноябре – на 0,1 °С, в феврале – на 4 °С;

– сумма осадков в июне увеличилась на 35,5 мм, в ноябре практически не изменилась;

– атмосферное давление в сентябре увеличилось на 1,2 мм рт. ст.;

– среднемесячная температура воздуха в октябре увеличилась на 1 °С;

– максимальная температура воздуха в декабре увеличилась на 1 °С.

Анализ остальных 50 погодных показателей выявил, что во втором периоде повысились медианы минимальной и максимальной температуры воздуха, за исключением ноября, средней температуры воздуха, за исключением апреля, величины атмосферного давления, за исключением февраля и марта. Относительная влажность воздуха, за исключением мая, июня, июля и сентября, понизилась. Ежемесячная сумма осадков, за исключением февраля, августа и ноября, увеличилась.

Результаты исследования показали, что глобальные климатические изменения оказывают значительное влияние на изученные погодно-климатические условия. По 11 показателям, приведенным в табл. 2, медианные значения вышли за пределы толерантности. Эти же показатели наиболее важны для экосистемы очага (из исследованных).

Наибольшие изменения регистрируются для температуры, которая устойчиво растет. Увеличивается сумма осадков, а влажность, наоборот, уменьшается. Аналогичные тренды наблюдаются в другие месяцы для тех же погодных показателей, не имеющих достоверных различий между периодами и неинформативных.

Обратная зависимость между эпизоотической активностью и суммой случаев количественных зна-

Таблица 2 / Table 2

Изменение медианных значений информативных погодных показателей в первом и втором периодах
Changes in median values of informative weather indicators in the first and second periods

Наименование показателя Name of the factor	1-й период 1 st period	2-й период 2 nd period	Абсолютная величина изменения Absolute magnitude of change	Выходит или не выходит за предел толерантности во втором периоде (да/нет) Transcends or does not go beyond the tolerance limit in the second period (yes/no)
Минимальная температура воздуха в мае, °С Minimum air temperature in May, °C	-4,5	-1,3	3,2	да yes
Минимальная температура воздуха в июне, °С Minimum air temperature in June, °C	0,4	2,6	2,2	да yes
Минимальная температура воздуха в октябре, °С Minimum air temperature in October, °C	-7,8	-6,2	1,6	да yes
Среднемесячная температура воздуха в июле, °С Average monthly air temperature in July, °C	11,6	12,6	1,0	да yes
Среднемесячная температура воздуха в декабре, °С Average monthly air temperature in December, °C	-3,1	-2,0	1,1	да yes
Среднемесячная температура воздуха в июне, °С Average monthly air temperature in June, °C	8,8	10,2	1,4	да yes
Атмосферное давление в августе, мм рт. ст. Atmospheric pressure in August, mm Hg	796,1	796,7	0,6	да yes
Атмосферное давление в декабре, мм рт. ст. Atmospheric pressure in December, mm Hg	789,7	792,3	2,6	да yes
Относительная влажность воздуха в январе, % Relative air humidity in January, %	67	61	6	да yes
Сумма осадков в мае, мм Precipitation sum in May, mm	85	106,2	21,2	да yes
Максимальная температура воздуха в декабре, °С Maximum air temperature in December, °C	8,8	10,2	1,4	нет not

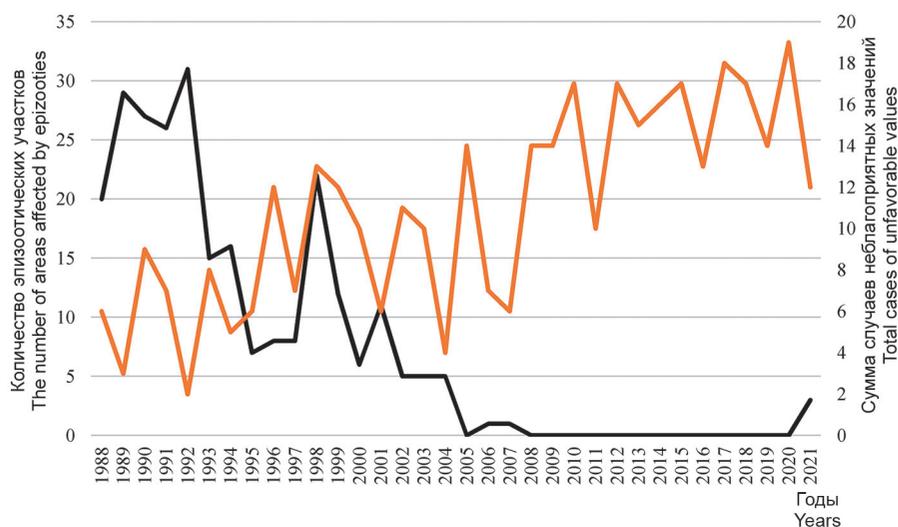


Рис. 2. Эпизоотическая активность Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы в 1988–2021 гг. и распределение сумм случаев значений информативных погодных показателей, выходящих за пределы толерантности

Fig. 2. Epizootic activity of the Central-Caucasian high mountain natural plague focus in 1988–2021 and distribution of case sums of informative weather indicators reaching beyond tolerance range

чений информативных погодных показателей, как имеющих, так и не имеющих достоверной разницы между первым и вторым периодами и выходящих за пределы толерантности, подтверждается значимой обратной корреляцией Спирмена ($R = -0,74$; $p < 0,001$).

Рис. 2 демонстрирует, что при высокой эпизоотической активности значения погодных показателей не выходили в основном за пределы толерантности. До 2007 г. (то есть за 20 лет) отмечалось только шесть случаев, когда сумма случаев значений информативных погодных показателей, выходящих за пределы толерантности, равнялась 10 или превышала это число. Ситуация начала заметно меняться после 2008 г. Сумма случаев неблагоприятных значений на этом отрезке времени постоянно равнялась 10 и более. То есть с 2008 г. (в течение 14 лет) – в межэпизоотический период – информативные погодные показатели гораздо чаще имели значения, выходявшие за пределы толерантности экосистемы очага, чем в период до 2008 г., когда эпизоотии регистрировались почти ежегодно.

Для каждого года подсчитано количество неблагоприятных диапазонов и суммировано по периодам. Суммарное соотношение количества вхождений информативных погодных показателей, имеющих достоверные различия между периодами, в благоприятные диапазоны равно 51, в неблагоприятные – 111, соотношение практически 1:2.

Суммарное соотношение количества неблагоприятных диапазонов информативных погодных показателей, не имеющих достоверных различий между периодами, составляет 1:1,4.

Такая же тенденция отмечена в основном и для остальных погодных показателей.

Таким образом, хорошо прослеживается тенденция на выход погодных показателей за пределы толерантности паразитарной системы очага.

С начала межэпизоотического периода зарегистрирован только один случай, когда уменьшение сумм случаев значений информативных погодных

показателей, выходящих за пределы толерантности, с 19 до 12 совпало с увеличением эпизоотической активности очага, – в 2021 г. Даже в 2011 г., когда количество подобных показателей было всего 10, эпизоотий чумы не зарегистрировано.

Возможно, это связано с постепенной адаптацией экосистемы очага к изменению климата. В 2011 г. такой адаптации еще не было, а к 2021 г. сравнительно резкое уменьшение неблагоприятных погодных показателей отозвалось увеличением эпизоотической активности очага.

Конечно же, нужно учитывать, что существуют и другие неучтенные показатели, влияющие на эпизоотическую активность.

Результаты исследования показали, что глобальные климатические изменения оказывают значительное влияние на изученные погодно-климатические условия Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы. Большинство изученных информативных погодных факторов, связанных с эпизоотической активностью, в последние годы сместились в неблагоприятные диапазоны, выходящие за пределы толерантности экосистемы очага. Наблюдаются устойчивый рост температуры воздуха, увеличение суммы осадков и снижение влажности. Эти изменения неблагоприятно сказываются на эпизоотической активности очага, приводя к снижению числа регистрируемых эпизоотий, что подтверждает мнение Н.В. Попова и соавт. [2].

Вероятно, происходит постепенная адаптация экосистемы очага к изменению климата, тем более что очаг относится к тому типу природных очагов, в которых эпизоотическая активность в значительной степени определяется биотическими факторами [9], которые могут быть достаточно пластичны. Увеличение пределов толерантности может способствовать тому, что эпизоотическая активность очага будет регистрироваться спорадически, при некотором улучшении погодно-климатических условий.

Полученные результаты важны для понимания причин снижения активности очага. Сведения о тен-

денции климатических изменений могут быть включены в модели для долгосрочного прогнозирования активности очага и эпидемиологической ситуации, что необходимо для повышения эффективности эпиднадзора на этой территории.

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

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

Список литературы

1. Куличенко А.Н., Дубянский В.М., редакторы. Центрально-Кавказский высокогорный очаг чумы. Эпизоотология, эпидемиология, микробиология возбудителя. Ставрополь: Принт; 2022. 208 с.
2. Попов Н.В., Безсмертный В.Е., Удовиков А.И., Кузнецов А.А., Слудский А.А., Матросов А.Н., Князева Т.В., Федоров Ю.М., Попов В.П., Гражданов А.К., Аязбаев Т.З., Яковлев С.А., Караваева Т.Б., Кутырев В.В. Влияние современного изменения климата на состояние природных очагов чумы России и других стран СНГ. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2013; (3):23–8. DOI: 10.21055/0370-1069-2013-3-23-28.
3. Каримова Т.Ю., Неронов В.М. Природные очаги чумы Палеарктики. М.: Наука; 2007. 199 с.
4. Гублер Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. Л.: Медицина; 1978. 296 с.
5. Дубянский М.А., Кенжебаев А., Степанов В.М., Асенов Г.А., Дубянская Л.Д. Прогнозирование эпизоотической активности чумы в Приаралье и Кызылкумах. Нукус: Каракалпакстан; 1992. 240 с.
6. Freedman D., Diaconis, P. On the histogram as a density estimator: L_2 theory. *Zeit. Wahr. Ver. Geb.* 1981; 57:453–76.
7. Begon M., Townsend C.R., Harper J.L. Ecology. From Individuals to Ecosystems. 4th ed. Malden: Blackwell Publishing; 2006. 752 p.
8. Одум Ю. Экология: в 2 т. М.: Мир; 1986. Т. 2. 376 с.
9. Дубянский В.М., Халидов А.Х. Эколого-эпизоотологическая дифференциация природных очагов чумы. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021; (4):62–6. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-4-62-66.

References

1. Kulichenko A.N., Dubyansky V.M., editors. [Central-Caucasian High Mountain Natural Plague Focus. Epizootiology, Epidemiology, and Microbiology of the Pathogen]. Stavropol: "Print"; 2022. 208 p.
2. Popov N.V., Bezsmertny V.E., Udovikov A.I., Kuznetsov A.A., Sludsky A.A., Matrosov A.N., Knyazeva T.V., Fedorov Yu.M., Popov V.P., Grazhdanov A.K., Ayazbaev T.Z., Yakovlev S.A., Karavaeva T.B., Kutyrev V.V. [Impact of the present-day climate changes on the natural plague foci condition, situated in the territory of the Russian Federation and other CIS countries]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2013; (3):23–8. DOI: 10.21055/0370-1069-2013-3-23-28.
3. Karimova T.Yu., Neronov V.M. [Natural Foci of Plague in the Palearctic]. Moscow: "Nauka"; 2007. 199 p.
4. Gubler E.V. [Computational Methods of Analysis and Recognition of Pathological Processes]. Leningrad: "Medicine"; 1978. 296 p.
5. Dubyansky M.A., Kenzhebaev A., Stepanov V.M., Asenov G.A., Dubyanskaya L.D. [Prediction of Plague Epizootic Activity in the Aral Sea Region and Kyzyl Kum]. Nukus: "Karakalpakstan"; 1992. 240 p.
6. Freedman D., Diaconis, P. On the histogram as a density estimator: L_2 theory. *Zeit. Wahr. Ver. Geb.* 1981; 57:453–76.
7. Begon M., Townsend C.R., Harper J.L. Ecology. From Individuals to Ecosystems. 4th ed. Malden: Blackwell Publishing; 2006. 752 p.
8. Odum Yu. [Ecology. In 2 Vol.]. Moscow: "Mir"; 1986. Vol. 2. 376 p.
9. Dubyansky V.M., Khalidov A.Kh. [Ecological-epizootiological differentiation of natural plague foci]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2021; (4):62–6. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-4-62-66.

Authors:

Dubyansky V.M., Gerasimenko E.V., Kotenev E.S. Stavropol Research Anti-Plague Institute. 13–15, Sovetskaya St., Stavropol, 355035, Russian Federation. E-mail: stavnipchi@mail.ru.

Об авторах:

Дубянский В.М., Герасименко Е.В., Котенев Е.С. Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 355035, Ставрополь, ул. Советская, 13–15. E-mail: stavnipchi@mail.ru.