

DOI: 10.21055/0370-1069-2024-3-133-143

УДК 616.98:578.833.29(470+574+55)

И.А. Лизинфельд^{1,2}, Н.Ю. Пшеничная^{1,2,3}, Е.В. Найденова⁴, Г.А. Гуркин⁴, К.Д. Блинова⁴,
Г.Н. Абуова⁵, Н. Leblebicioglu⁶, М. Mardani⁷, В.Г. Акимкин¹

**Оценка влияния климатических факторов на заболеваемость
Крымской геморрагической лихорадкой: комплексный анализ данных по России,
Казахстану, Турции и Ирану с 1999 по 2022 г.**

¹ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии», Москва, Российская Федерация;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Российская Федерация; ³ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Российская Федерация; ⁴ФКУН «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов, Российская Федерация; ⁵АО «Южно-Казахстанская медицинская академия», Шымкент, Республика Казахстан; ⁶Инфекционное отделение госпиталя VM Medical Park Samsun, Самсун, Турецкая Республика;

⁷Исследовательский центр инфекционных болезней и тропической медицины Медицинского университета им. Шахида Бехешти, Тегеран, Исламская Республика Иран

В последние десятилетия эпидемиология инфекционных болезней, передающихся трансмиссивным путем, существенно изменилась из-за глобального потепления климата, оказывающего влияние на условия обитания переносчиков и увеличение скорости распространения возбудителей. Это может привести как к расширению границ существующих, так и к возникновению новых природных очагов инфекционных болезней, в том числе и Крымской геморрагической лихорадки (КГЛ). **Цель** исследования – комплексная оценка возможного влияния климатических факторов на заболеваемость КГЛ на эндемичных территориях России, Казахстана, Турции и Ирана в 1999–2022 гг. **Материалы и методы.** Проанализированы данные о количестве лабораторно подтвержденных случаев КГЛ в эндемичных регионах России, Казахстана, Турции и Ирана и проведено их сравнение с ежегодными климатическими показателями (среднегодовая температура, самая высокая и самая низкая среднегодовые температуры и среднегодовое количество выпавших осадков) начиная с 1999 г. **Результаты и обсуждение.** За период наблюдения заболеваемость КГЛ в рассматриваемых регионах отличалась разнонаправленной динамикой. Корреляционный анализ выявил положительную связь между среднегодовым количеством осадков и случаями КГЛ ($r_{xy}=0,553$; $p<0,001$), а температурные параметры не имели статистической значимости. Регрессионный анализ подтвердил важность фиктивных переменных, представляющих страны и временной период, но не показал статистически значимых взаимосвязей между климатическими факторами. Суммарное (в рассматриваемых странах) среднегодовое количество выпавших осадков – статистически значимый фактор ($b=1,600$; $s.e.=0,192$; $p<0,001$), что подчеркивает потенциальное влияние изменения климатических условий на распространение вируса Крымско-Конго геморрагической лихорадки. Метод множественной линейной регрессии выявил статистически значимое влияние самой высокой температуры воздуха ($b=27,645$; $s.e.=7,859$; $p<0,001$) и количества осадков ($b=1,473$; $s.e.=0,197$; $p<0,001$) на заболеваемость КГЛ. Исследование показывает необходимость включения ежегодного прогнозирования климата в стратегии контроля за заболеваемостью КГЛ и разработки единых систем мониторинга для более точной оценки эпидемиологической ситуации в эндемичных регионах.

Ключевые слова: вирус Крымской-Конго геморрагической лихорадки, заболеваемость Крымской геморрагической лихорадкой, эндемичные регионы, глобальное потепление климата, влияние изменения климата на заболеваемость.

Корреспондирующий автор: Найденова Екатерина Владимировна, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Для цитирования: Лизинфельд И.А., Пшеничная Н.Ю., Найденова Е.В., Гуркин Г.А., Блинова К.Д., Абуова Г.Н., Leblebicioglu Н., Mardani М., Акимкин В.Г. Оценка влияния климатических факторов на заболеваемость Крымской геморрагической лихорадкой: комплексный анализ данных по России, Казахстану, Турции и Ирану с 1999 по 2022 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2024; 3:133–143. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-3-133-143
Поступила 01.08.2024. Отправлена на доработку 23.08.2024. Принята к публ. 11.09.2024.

I.A. Lizinfeld^{1,2}, N.Yu. Pshenichnaya^{1,2,3}, E.V. Naidenova⁴, G.A. Gurkin⁴, K.D. Blinova⁴, G.N. Abuova⁵,
H. Leblebicioglu⁶, M. Mardani⁷, V.G. Akimkin¹

**Assessment of the Influence of Climatic Factors on the Incidence of Crimean Hemorrhagic
Fever: a Comprehensive Analysis of Data for Russia, Kazakhstan, Turkey and Iran between
1999 and 2022**

¹Central Research Institute of Epidemiology, Moscow, Russian Federation;

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russian Federation;

³Moscow Regional Research and Clinical Institute named after M.F. Vladimirovsky, Moscow, Russian Federation;

⁴Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Saratov, Russian Federation;

⁵South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, Republic of Kazakhstan;

⁶VM Medical Park Samsun Hospital, Samsun, Republic of Turkey;

⁷Infectious Diseases and Tropical Medicine Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Islamic Republic of Iran

Abstract. In recent decades, the epidemiology of vector-borne infectious diseases has changed significantly due to global warming, which affects the habitats of vectors and increases the rate of spread of pathogens. This can lead to

both the expansion of the boundaries of existing and the emergence of new natural foci of infectious diseases, including Crimean hemorrhagic fever (CHF). **The aim** of the study was to comprehensively assess the possible impact of climatic factors on the incidence of CHF in the endemic areas of Russia, Kazakhstan, Turkey and Iran in 1999–2022. **Materials and methods.** The data on the number of laboratory-confirmed cases of CHF in the endemic regions of Russia, Kazakhstan, Turkey and Iran were analyzed and compared with annual climatic indicators (average annual temperature, the highest and lowest average annual temperatures and average annual precipitation) starting from 1999. **Results and discussion.** During the observation period, the incidence of CHF in the regions under consideration was featured in a variety of trends. Correlation analysis revealed a positive relation between the average annual precipitation and CHF cases ($r_{xy}=0.553$; $p<0.001$), while temperature parameters were not statistically significant. Regression analysis confirmed the importance of dummy variables representing countries and time period, but did not show statistically significant relations between climatic factors. The total (in the countries under consideration) average annual precipitation is a statistically significant factor ($b=1.600$; $s.e.=0.192$; $p<0.001$), which emphasizes the potential impact of changing climatic conditions on the spread of the Crimean-Congo hemorrhagic fever virus. The multiple linear regression method revealed a statistically significant effect of the highest air temperature ($b=27.645$; $s.e.=7.859$; $p<0.001$) and precipitation ($b=1.473$; $s.e.=0.197$; $p<0.001$) on the incidence of CHF. The study shows the need to include annual climate forecasting in CHF control strategies and to develop unified monitoring systems for a more accurate assessment of the epidemiological situation in endemic regions.

Key words: Crimean-Congo hemorrhagic fever virus, incidence of Crimean hemorrhagic fever, endemic regions, global climate warming, the impact of climate change on morbidity rates.

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

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

Corresponding author: Ekaterina V. Naidenova, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Citation: Lizinfield I.A., Pshenichnaya N.Yu., Naidenova E.V., Gurkin G.A., Blinova K.D., Abuova G.N., Leblebicioglu H., Mardani M., Akimkin V.G. Assessment of the Influence of Climatic Factors on the Incidence of Crimean Hemorrhagic Fever: a Comprehensive Analysis of Data for Russia, Kazakhstan, Turkey and Iran between 1999 and 2022. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2024; 3:133–143. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2024-3-133-143
Received 01.08.2024. Revised 23.08.2024. Accepted 11.09.2024.

Lizinfield I.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8114-1002>

Pshenichnaya N.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2570-711X>

Naidenova E.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6474-3696>

Gurkin G.A., ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1864-3009>

Blinova K.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5416-6714>

Abuova G.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1210-2018>

Leblebicioglu H., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6033-8543>

Mardani M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6082-072X>

Akimkin V.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4228-9044>

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признала изменение климата и всеобщее глобальное потепление наиболее значимыми проблемами, стоящими перед человечеством в XXI в. По прогнозам экологов всего мира, в ближайшие десятилетия средняя температура воздуха на планете вырастет примерно на 2–5 °C, что приведет к заметным изменениям климатических и экологических условий. Процессы, связанные с экстремальными погодными явлениями, несомненно, влияют на эпидемический процесс и распространение возбудителей инфекционных болезней и представляют серьезный риск для экосистем, сложившихся в окружающей среде [1].

Эпидемиология трансмиссивных заболеваний в последние десятилетия начала меняться по ряду причин, связанных, в первую очередь, с глобальным потеплением климата, что оказывает существенное влияние на условия обитания популяций переносчиков и влечет за собой увеличение скорости распространения возбудителей и вероятности передачи возбудителей болезней человека и животных. Такие события могут привести как к расширению границ существующих, так и к возникновению новых природных очагов опасных инфекционных болезней. При этом ареал определенных видов животных продвигается как на северные территории (на сотни километров), так и на сотни метров на большие высоты [2].

В природных очагах трансмиссивных инфекций выделяют два основных аспекта влияния климата: долговременные изменения, приводящие к расши-

рению географического ареала переносчиков возбудителя, и кратковременные, которые оказывают воздействие на состояние популяции переносчика в текущем сезоне.

Границы распространения кровососущих ectoparasitov в большей степени определяют среднегодовые и/или зимние температуры и в меньшей – среднегодовое количество осадков. Порог устойчивости к низким температурам является видоспецифичным показателем, который может быть измерен.

Крымская геморрагическая лихорадка (КГЛ) относится к особо опасным инфекциям с трансмиссивным путем передачи возбудителя, основным переносчиками которого являются более 30 видов иксодовых клещей, в основном рода *Hyalomma*. Этиологическим агентом КГЛ является вирус Крымской-Конго геморрагической лихорадки (ККГЛ, Crimean-Congo hemorrhagic fever virus [CCHF], *Orthonairovirus haemorrhagiae*), который относится к семейству *Nairoviridae*.

Случаи заболевания ежегодно регистрируются в странах Европы, Азии и Африки, расположенных ниже 50-й параллели северной широты, которая является географической границей распространения основных видов клещей-переносчиков. Летальность при КГЛ составляет 10 % при передаче трансмиссивным путем и может достигать 50 % при контактом [3].

Известно, что ряд сезонных и климатических факторов являются важными предикторами увели-

чения случаев заболевания КГЛ [4]. Исследования, проведенные в Болгарии, Иране, Турции, позволяют сделать вывод о том, что территории, расположенные в географических регионах с высокой температурой, осадками и влажностью, ассоциированы с более высокой распространенностью вируса КГЛ [5–7].

В последние годы наблюдается миграция инфицированных переносчиков в страны Южной Европы: во Францию [8], Испанию [9], Грецию [10, 11], Грузию [12]. Этот сценарий развития событий подтверждает возможность образования новых ареалов, пригодных для обитания клещей-переносчиков, в том числе и *Hyalomma marginatum*, в северных регионах Европы [13]. Так, моделирование климатических сценариев в Средиземноморском регионе показывает существенное повышение температуры и уменьшение количества выпадаемых осадков, что может привести к значительному расширению подходящей среды обитания переносчиков и вызывает опасения эпидемиологов и вирусологов [14].

Глобальное потепление климата оказывает влияние на формирование территорий с подходящими условиями для распространения клещей рода *Hyalomma* в Евразии [15]. На территории Европы расселение основных видов переносчиков с возможностью сохранения в них репликации вируса КГЛ с помощью птиц, в сочетании с изменением климата, может привести к распространению инфекции вплоть до границ Швеции [16–18].

Исследования, доказывающие влияние климатических факторов на заболеваемость КГЛ на территории Российской Федерации, проводились в разные годы. Российские специалисты доказали влияние потепления климата на расширение границ распространения вируса КГЛ в северном направлении, что создает риск возникновения инфекции на новых территориях [19]. Работа Т. Abbas *et al.* в 2017 г. позволила подтвердить корреляцию между ежемесячной температурой и количеством госпитализированных с КГЛ лиц в Пакистане [20]. Анализ данных, проведенный болгарскими исследователями, показал, что повышение средних температур в октябре-ноябре в эндемичных регионах Болгарии увеличило вероятность регистрации случаев КГЛ в следующем году [7]. Но другие ученые, например F. Duugu *et al.*, обнаружили, что повышенный уровень влажности в период роста заболеваемости КГЛ и за месяц до этого, а также увеличение количества осадков за три месяца до начала регистрации случаев этого заболевания приводят к его эскалации [21]. Несколько исследований, проведенных в Иране, также показали, что случаи инфицирования людей вирусом КГЛ имеют достоверную корреляцию с количеством осадков, средней температурой и относительной влажностью воздуха [5, 22]. Установлено, что самая высокая заболеваемость КГЛ в Захедане, одной из провинций Ирана, наблюдалась, когда количество осадков составляло от 15 до 33 мм [23]. Также на этот счет имеются данные некоторых авторов о том, что из-

менения среднемесячных температур не влияли на заболеваемость данной инфекционной болезнью, но установлена зависимость вероятности появления случаев КГЛ от увеличения количества осадков в мае, июне и июле в Средней Анатолии, Турция [24]. Недавно проведенное в Восточной Турции исследование показало, что температура, общее количество осадков и относительная влажность воздуха, как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе, являются значимыми детерминантами заболеваемости КГЛ ($p < 0,05$ для всех показателей) [6].

В связи с этим важно оценить влияние климатических факторов на распространение вируса КГЛ и возникновение случаев вызванных им заболеваний на новых территориях или рост заболеваемости на эндемичных.

Целью исследования являлся анализ возможности влияния изменения климата на уровень заболеваемости людей КГЛ на эндемичных территориях России, Казахстана, Турции и Ирана в 1999–2022 гг.

Материалы и методы

Выбор стран для исследования проводился на основании ежегодных сведений из открытых источников о случаях КГЛ и климатических показателях (среднегодовая температура, °С, самая высокая и самая низкая среднегодовые температуры, °С, и среднегодовое количество выпавших осадков, мм) за изученный период.

Данные о климате, используемые при ретроспективном анализе, получены из открытых источников, в частности с веб-сайта The Climate Change Knowledge Portal. На сетке с разрешением 0,5° широты и 0,5° долготы портал предоставляет глобальные сведения для всех континентов об исторических и будущих климатических условиях, которые генерируются путем интерполяции ежемесячных изменений климата с использованием метеостанций всего мира. В исследовании также использованы материалы из базы данных The CRU TS (версия 4.07), разработанной сотрудниками Климатического исследовательского центра (Climatic Research Unit, CRU) и Университета Восточной Англии (University of East Anglia, UEA) [25]. В базе аккумулируются результаты обработки данных метеорологических наблюдений с учетом тщательно контролируемых измерений температуры и количества осадков по всему миру.

Также проанализированы официальные данные о количестве лабораторно подтвержденных случаев КГЛ в эндемичных регионах России, Казахстана, Турции и Ирана начиная с 1999 г. Сведения взяты из общедоступных источников, таких как государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации» Роспотребнадзора за 2012–2022 гг., материалы, опубликованные на сайте Министерства здравоохранения Турции, годовые отчеты Научно-практического центра санитарно-

эпидемиологической экспертизы и мониторинга Республики Казахстан, а также из публикаций, представляющих данные об эпидемиологической ситуации в изучаемых странах (Турция [6, 26, 27], Казахстан [28–32], Иран [4, 5, 33, 34]).

Учитывая, что собранные сведения не содержат личной информации и представлены в открытом доступе, данное исследование не подлежит процедуре одобрения со стороны этического комитета.

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения StatTech v.3.1.7 (StatTech LLC, Россия) и программы для обработки данных SPSS версии 28. Количественные показатели оценивались в рамках соответствия нормальному распределению с использованием теста Колмогорова – Смирнова. Направление и сила взаимодействия между двумя количественными параметрами оценивались с использованием коэффициента корреляции Пирсона.

Оценка зависимости случаев заболевания КГЛ (изменяющаяся во времени зависимая переменная) от среднегодовой температуры, самой высокой и самой низкой среднегодовых температур и среднегодового количества выпавших осадков (все меняющиеся во времени предикторы) выполнялась с помощью регрессии с использованием панельных данных, в частности метода наименьших квадратов с фиктивными переменными. Фиктивные переменные представлены четырьмя странами: Россией, Казахстаном, Турцией и Ираном (с ежегодной оценкой числа случаев и климатических параметров). Также произведен множественный линейный регрессионный анализ методом пошагового исключения факторов. Результаты считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Исследование является одним из первых, которое отражает влияние климатических факторов на случаи заболевания КГЛ в комплексном анализе четырех стран (Россия, Казахстан, Турция, Иран) с 1999 по 2022 г.

При поиске данных о заболеваемости КГЛ в других эндемичных странах установлено, что информация зачастую является неточной и искаженной. Это, скорее всего, связано с отсутствием единообразного мониторинга и системы учета случаев заболевания по странам.

В ходе проведения исследования вынесены следующие положения:

– Н0 (нулевая гипотеза) – не выявлено влияния изменения климата на возникновение новых случаев КГЛ у людей, проживающих на изучаемых территориях;

– Н1 (альтернативная гипотеза) – изменения климата влияют на возникновение новых случаев КГЛ у людей, проживающих в анализируемых странах.

Анализ данных в Российской Федерации. На юге России природные очаги КГЛ продолжают

оставаться одними из наиболее активных на протяжении многих лет [35]. Современные тенденции изменения климата на территории Российской Федерации оказывают благоприятное воздействие на распространение иксодовых клещей вида *H. marginatum*. Интенсивная эпизоотическая активность в естественных очагах КГЛ способствует поддержанию напряженной эпидемиологической обстановки по данному заболеванию на юге европейской части Российской Федерации и распространению возбудителя на территории, где ранее случаи заболевания не регистрировались, например Волгоградская область, Республика Ингушетия и Кабардино-Балкарская Республика [19, 35].

Данные, полученные в результате проведенного анализа динамики случаев КГЛ в России с 1999 по 2022 г., представлены в табл. 1 и графически отображены на рисунке (А).

При анализе лабораторно подтвержденных случаев КГЛ видна разнонаправленная динамика в отдельные годы. Максимальное значение заболеваемости отмечалось в 2007 г., а минимальное – в 2020 г. Наивысший абсолютный прирост был в 2005 г., а наивысшая в абсолютном значении убыль – в 2020 г. Самый высокий темп прироста наблюдался в 2000 г., что составило 123,7 %.

Анализ данных в Республике Казахстан. В Казахстане первые официальные эпидемиологические отчеты, связанные с заболеваемостью КГЛ, были представлены в 1948 г., и начиная с этого периода и по настоящее время случаи заболевания на территории страны регистрируются практически ежегодно [28, 29, 32].

В результате проведенного анализа данных в период с 1999 по 2022 г. установлено, что максимальное количество случаев заболевания, вызванных вирусом ККГЛ, в республике отмечалось в 1999 г., а минимальное – в 2004 г. (табл. 2). На рисунке (В) представлены сведения о климатических условиях в рассматриваемый период с учетом случаев КГЛ.

Анализ данных в Турецкой Республике. Первый случай заболевания людей КГЛ в Турции зарегистрирован в провинции Токат в 2002 г. [26], с тех пор данная инфекционная болезнь входит в число эндемичных с наибольшим количеством подтвержденных случаев.

В результате проведенного анализа динамики случаев КГЛ в Турции с 2002 по 2022 г. получены следующие данные (рисунок, С; табл. 3).

Максимальное значение случаев КГЛ отмечалось в 2009 г., а минимальное – в 2002 г. Наивысший абсолютный прирост числа заболевших отмечался в 2008 г. (598 случаев).

Анализ данных в Исламской Республике Иран. В результате проведенного анализа динамики случаев КГЛ в Иране с 1999 по 2022 г. получены данные, представленные на рисунке (D) и в табл. 4.

Максимальное количество случаев КГЛ на данной территории отмечалось в 2010 г., а минималь-

Таблица 1 / Table 1

Анализ динамики случаев КГЛ в России с 1999 по 2022 г.
Dynamics of Crimean hemorrhagic fever cases in Russia between 1999 and 2022

Год наблюдения Year of observation	Количество случаев заболевания Number of CHF cases	Абсолютный прирост/убыль Absolute increase/decrease	Показатель наглядности, % The indicator of ostensiveness, %	Показатель роста/снижения, % Growth/decrease indicator, %	Темп роста/снижения, % Growth rate/decrease, %
1999	38	–	100,0	–	–
2000	85	47	223,7	223,7	123,7
2001	59	–26	155,3	69,4	–30,6
2002	97	38	255,3	164,4	64,4
2003	77	–20	202,6	79,4	–20,6
2004	76	–1	200,0	98,7	–1,3
2005	139	63	365,8	182,9	82,9
2006	200	61	526,3	143,9	43,9
2007	234	34	615,8	117,0	17,0
2008	213	–21	560,5	91,0	–9,0
2009	116	–97	305,3	54,5	–45,5
2010	69	–47	181,6	59,5	–40,5
2011	99	30	260,5	143,5	43,5
2012	74	–25	194,7	74,7	–25,3
2013	80	6	210,5	108,1	8,1
2014	92	12	242,1	115,0	15,0
2015	139	47	365,8	151,1	51,1
2016	162	23	426,3	116,5	16,5
2017	79	–83	207,9	48,8	–51,2
2018	72	–7	189,5	91,1	–8,9
2019	134	62	352,6	186,1	86,1
2020	32	–102	84,2	23,9	–76,1
2021	49	17	128,9	153,1	53,1
2022	59	10	155,3	120,4	20,4

ное – в 1999 г. Наивысший абсолютный прирост количества больных был в 2010 г., а убыль – в 2011 г. Самый высокий темп прироста зарегистрирован в 2000 г. – 300,0 %.

При выполнении корреляционного анализа взаимосвязи климатических факторов и случаев заболевания КГЛ, регистрируемых в России, Казахстане, Турции и Иране, установлены статистически незначимые обратные связи с колебаниями температур ($r_{xy} = -0,171$ [$p < 0,096$], $r_{xy} = -0,160$ [$p < 0,120$] и $r_{xy} = -0,151$ [$p < 0,142$]), а с количеством выпавших осадков – прямая связь ($r_{xy} = 0,553$ [$p < 0,001$]) для всех стран.

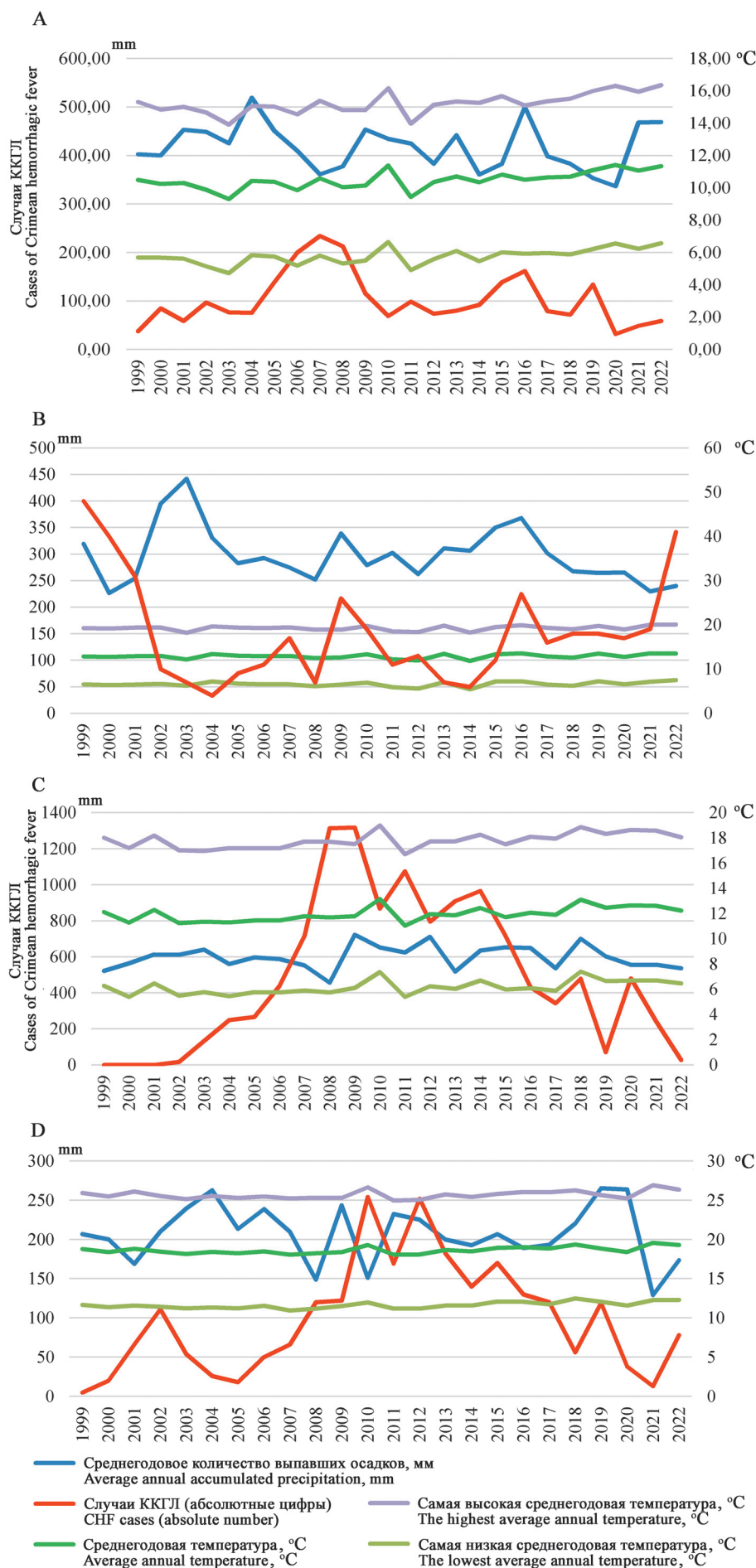
Фиктивные переменные, представляющие страны в первой модели, объясняют 43,4 % общей вариации случаев КГЛ. Эффект фиктивных переменных статистически значим, подтверждается F-тестом ($F[3,92] = 23,539$; $p < 0,001$), указывая на наличие различий в количестве случаев КГЛ в разных странах. R-квадрат для второй модели составляет 0,796, что говорит о том, что фиктивные переменные и изменяющиеся во времени факторы объясняют 79,6 % общей вариации зависимой переменной (количество случаев КГЛ). F-тест подтверждает статистическую значимость учтенной вариации ($F[29,66] = 3,932$; $p < 0,001$).

Изменение R-квадрата от первой модели ко второй составляет 0,199 ($F[26,66] = 1,379$; $p < 0,148$). Учет

отдельных факторов дает следующие результаты: самая низкая среднегодовая температура ($b = 3,705$; $s.e. = 148,725$; $p > 0,980$) не оказывает статистически значимого влияния, среднегодовое количество выпавших осадков ($b = 0,579$; $s.e. = 0,626$; $p > 0,358$) также не является статистически значимым предиктором, самая высокая среднегодовая температура ($b = 106,191$; $s.e. = 138,933$; $p > 0,447$) не демонстрирует статистической значимости.

Таким образом, хотя климатические изменения являются положительными факторами (при общей оценке на суммарную заболеваемость в странах), их влияние на количество случаев КГЛ не является статистически значимым после учета различий между странами и временной динамики по годам.

На следующем этапе анализа проведена проверка альтернативной гипотезы H_1 с помощью регрессионного панельного анализа без фиктивной переменной (страны), но с учетом периода времени – с 1999 по 2022 г. Показано, что самая низкая среднегодовая температура ($b = 1,765$; $s.e. = 33,415$; $p < 0,958$) и самая высокая среднегодовая температура ($b = 30,997$; $s.e. = 20,673$; $p < 0,138$) являются положительными, но незначимыми изменяющимися во времени факторами в этой модели. А среднегодовое количество выпавших осадков ($b = 1,600$; $s.e. = 0,192$; $p < 0,001$) – положительным и значимым условием, изменяющимся во времени. Из этого следует, что среднегодовое ко-



Анализ влияния климатических факторов на случаи КГЛ с 1999 по 2022 г.:

A – Россия; B – Казахстан; C – Турция; D – Иран

Analysis of the influence of climatic factors on Crimean hemorrhagic fever cases between 1999 and 2022:

A – Russia; B – Kazakhstan; C – Turkey; D – Iran

Таблица 2 / Table 2

Анализ динамики случаев КГЛ в Казахстане с 1999 по 2022 г.
Dynamics of Crimean hemorrhagic fever cases in Kazakhstan between 1999 and 2022

Год наблюдения Year of observation	Количество случаев заболевания Number of CHF cases	Абсолютный прирост/убыль Absolute increase/decrease	Показатель наглядности, % The indicator of ostensiveness, %	Показатель роста/снижения, % Growth/decrease indicator, %	Темп роста/снижения, % Growth rate/decrease, %
1999	48	–	100,0	–	–
2000	40	–8	83,3	83,3	–16,7
2001	31	–9	64,6	77,5	–22,5
2002	10	–21	20,8	32,3	–67,7
2003	7	–3	14,6	70,0	–30,0
2004	4	–3	8,3	57,1	–42,9
2005	9	5	18,8	225,0	125,0
2006	11	2	22,9	122,2	22,2
2007	17	6	35,4	154,5	54,5
2008	7	–10	14,6	41,2	–58,8
2009	26	19	54,2	371,4	271,4
2010	19	–7	39,6	73,1	–26,9
2011	11	–8	22,9	57,9	–42,1
2012	13	2	27,1	118,2	18,2
2013	7	–6	14,6	53,8	–46,2
2014	6	–1	12,5	85,7	–14,3
2015	12	6	25,0	200,0	100,0
2016	27	15	56,2	225,0	125,0
2017	16	–11	33,3	59,3	–40,7
2018	18	2	37,5	112,5	12,5
2019	18	0	37,5	100,0	0,0
2020	17	–1	35,4	94,4	–5,6
2021	19	2	39,6	111,8	11,8
2022	41	22	85,0	215,8	115,8

Таблица 3 / Table 3

Анализ динамики случаев КГЛ в Турции с 2002 по 2022 г.
Dynamics of Crimean hemorrhagic fever cases in Turkey between 2002 and 2022

Год наблюдения Year of observation	Количество случаев заболевания Number of CHF cases	Абсолютный прирост/убыль Absolute increase/decrease	Показатель наглядности, % The indicator of ostensiveness, %	Показатель роста/снижения, % Growth/decrease indicator, %	Темп роста/снижения, % Growth rate/decrease, %
2002	17	–	100,0	–	–
2003	133	116	782,4	782,4	682,4
2004	249	116	1464,7	187,2	87,2
2005	266	17	1564,7	106,8	6,8
2006	438	172	2576,5	164,7	64,7
2007	717	279	4217,6	163,7	63,7
2008	1315	598	7735,3	183,4	83,4
2009	1318	3	7752,9	100,2	0,2
2010	868	–450	5105,9	65,9	–34,1
2011	1075	207	6323,5	123,8	23,8
2012	796	–279	4682,4	74,0	–26,0
2013	910	114	5352,9	114,3	14,3
2014	967	57	5688,2	106,3	6,3
2015	718	–249	4223,5	74,3	–25,7
2016	432	–286	2541,2	60,2	–39,8
2017	343	–89	2017,6	79,4	–20,6
2018	480	137	2817,6	139,9	39,9
2019	71	–409	417,6	14,8	–85,2
2020	480	409	2823,5	676,1	576,1
2021	243	–237	1429,4	50,6	–49,4
2022	27	–216	158,8	11,1	–88,9

Таблица 4 / Table 4

Анализ динамики случаев КГЛ в Иране с 1999 по 2022 г.
Dynamics of Crimean hemorrhagic fever cases in Iran between 1999 and 2022

Год наблюдения Year of observation	Количество случаев заболевания Number of CHF cases	Абсолютный прирост/убыль Absolute increase/decrease	Показатель наглядности, % The indicator of ostensiveness, %	Показатель роста/снижения, % Growth/decrease indicator, %	Темп роста/снижения, % Growth rate/decrease, %
1999	5	–	100,0	–	–
2000	20	15	400,0	400,0	300,0
2001	66	46	1320,0	330,0	230,0
2002	111	45	2220,0	168,2	68,2
2003	54	–57	1080,0	48,6	–51,4
2004	26	–28	520,0	48,1	–51,9
2005	18	–8	360,0	69,2	–30,8
2006	50	32	1000,0	277,8	177,8
2007	66	16	1320,0	132,0	32,0
2008	120	54	2400,0	181,8	81,8
2009	122	2	2440,0	101,7	1,7
2010	254	132	5080,0	208,2	108,2
2011	169	–85	3380,0	66,5	–33,5
2012	252	83	5040,0	149,1	49,1
2013	182	–70	3640,0	72,2	–27,8
2014	140	–42	2800,0	76,9	–23,1
2015	170	30	3400,0	121,4	21,4
2016	130	–40	2600,0	76,5	–23,5
2017	120	–10	2400,0	92,3	–7,7
2018	56	–64	1120,0	46,7	–53,3
2019	119	63	2380,0	212,5	112,5
2020	38	–81	760,0	31,9	–68,1
2021	13	–25	260,0	34,2	–65,8
2022	78	65	1560,0	600,0	500,0

личество выпавших осадков значимо влияет на зависимую переменную во времени. Колебания температуры (самая низкая, самая высокая и среднегодовая) как факторы не являются статистически значимыми после удаления фиктивной переменной (страны).

Это означает, что с увеличением среднегодового количества выпавших осадков на 1 мм следует ожидать увеличения случаев КГЛ на 1,600. Полученная регрессионная модель характеризуется коэффициентом корреляции $r_{xy}=0,776$, что соответствует заметной силе связи по шкале Чеддока. Модель статистически значима ($p<0,001$).

В последующем анализе удалены все фиктивные переменные (страны и период времени) и получены следующие результаты: самая низкая среднегодовая температура ($b=-13,964$; $s.e.=34,794$; $p<0,689$) является отрицательным и незначимым фактором; самая высокая среднегодовая температура ($b=36,156$; $s.e.=21,826$; $p<0,101$) – положительным, но незначимым фактором; а среднегодовое количество выпавших осадков ($b=1,464$; $s.e.=0,199$; $p<0,001$) – и положительным, и значимым фактором в этой модели. Это означает, что среднегодовое количество выпавших осадков имеет значительное влияние на зависимую переменную без учета времени и страны.

Полученные статистические данные подтверждают теорию, что увеличение среднегодового количества выпавших осадков на 1 мм сопровождается

увеличением случаев КГЛ на 1,464. Полученная регрессионная модель характеризуется коэффициентом корреляции $r_{xy}=0,625$, что соответствует заметной силе связи по шкале Чеддока. Модель статистически значима ($p<0,001$) и объясняет 39,1 % наблюдаемой дисперсии показателя.

В продолжение анализа, с использованием метода множественной линейной регрессии с пошаговым исключением отдельных составляющих, рассмотрено влияние климатических факторов на количество случаев КГЛ. В регрессионной модели учтены такие показатели, как среднегодовая температура, самая низкая и самая высокая среднегодовые температуры, а также среднегодовое количество выпавших осадков. Выявлены следующие закономерности: самая высокая среднегодовая температура и среднегодовое количество выпавших осадков оказались статистически значимыми факторами ($p<0,001$). Увеличение самой высокой среднегодовой температуры на 1 °C сопровождается увеличением количества случаев КГЛ на 27,645. Аналогично при увеличении среднегодового количества выпавших осадков на 1 мм ожидается увеличение случаев КГЛ на 1,473. Полученная регрессионная модель характеризуется коэффициентом корреляции $r_{xy}=0,626$, что соответствует заметной тесноте связи по шкале Чеддока. Модель статистически значима ($p<0,001$) и объясняет 39,2 % наблюдаемой дисперсии.

Таким образом, интегрируя эти результаты с предыдущей частью анализа, удалось получить комплексное представление о влиянии климатических факторов на количество случаев КГЛ в рассматриваемых регионах.

Корреляционный анализ выявил, что среднегодовое количество выпавших осадков имеет статистически значимую положительную связь с количеством случаев КГЛ, в то время как температурные параметры (среднегодовая, самая низкая и самая высокая среднегодовые температуры) демонстрируют слабую отрицательную связь, не достигая статистической значимости. Далее, регрессионный анализ с использованием панельных данных подтвердил важность фиктивных переменных, представляющих страны. Эти переменные объяснили 63,3 % факторов, влияющих на случаи КГЛ, и их эффект статистически значим ($p < 0,001$). Однако при учете различий между странами и изменений во времени климатические переменные (температуры и выпавшие осадки) не оказали статистически значимого влияния на количество случаев заболевания. Это подчеркивает, что влияние климата может быть замаскировано другими факторами, такими как географические особенности, медицинская инфраструктура, регулярность и объемы акарицидных обработок территорий, уклад жизни и социальные условия на различных территориях.

Дополнительный анализ без фиктивных переменных (стран) подчеркнул важность временной динамики. В этом случае среднегодовое количество выпавших осадков ($b=1,600$; $s.e.=0,192$; $p < 0,001$) является положительным и значимым, изменяющимся во времени фактором, подчеркивая, что изменения в климатических условиях могут влиять на распространение КГЛ во времени. А используя метод множественной линейной регрессии, установлено статистически значимое влияние самой высокой среднегодовой температуры и среднегодового количества выпавших осадков на увеличение случаев КГЛ. Определено, что увеличение самой высокой среднегодовой температуры на 1°C сопровождается возрастанием количества случаев КГЛ на 27,645. Аналогичная ситуация наблюдается и в отношении среднегодового количества выпавших осадков. Эти выводы согласуются с эпидемиологическими прогнозами, указывающими на положительную корреляцию с заболеванием КГЛ и климатическими условиями.

В нашем исследовании есть и определенные ограничения. На заболеваемость КГЛ могут оказывать влияние не только погодные условия, но и различные другие факторы, в том числе географическое положение стран, соседство с эндемичными районами, виды переносчиков, участвующих в распространении возбудителя, сельскохозяйственная деятельность человека, уровень развития животноводства, образ жизни, привычки и традиции населения, а также социальные условия. В дальнейших исследованиях мы планируем провести расширенный ана-

лиз с учетом данных параметров и дополнить спектр изучаемых эндемичных территорий.

Результаты настоящего исследования сформированы в базу данных «Сведения для анализа взаимосвязи климатических факторов и заболеваемости Крымской геморрагической лихорадкой в России, Казахстане, Турции, Иране с 1999 по 2022 г.», на которую получено свидетельство о регистрации RU 2024621357, 28.03.2024 (заявка от 15.03.2024).

Таким образом, в результате проведенного анализа показано, что заболеваемость КГЛ на эндемичных территориях России, Казахстана, Турции и Ирана в период с 1999 по 2022 г. характеризуется разнонаправленной динамикой. Установлено, что климатические факторы, такие как температура и количество выпавших осадков, оказывают влияние на заболеваемость данной инфекцией в этих странах. Полученные сведения и критический анализ свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения этой темы в разрезе влияния ежемесячной температуры и суммирования этих данных на уровне нескольких стран для лучшего понимания проблемы.

Важно подчеркнуть, что для прогнозирования эпидемиологической ситуации и получения четких данных о заболеваемости КГЛ требуются единая система мониторинга и учета случаев заболевания на эндемичных территориях, использование достоверных и надежных методов индикации и идентификации вируса ККГЛ, проведение регулярных эпизоотологических исследований, а также постоянное комплексное междисциплинарное взаимодействие органов общественного здравоохранения и ветеринарного контроля.

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. El-Sayed A., Kamel M. Climatic changes and their role in emergence and re-emergence of diseases. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2020; 27(18):22336–52. DOI: 10.1007/s11356-020-08896-w.
2. Caminade C., McIntyre K.M., Jones A.E. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2019; 1436(1):157–73. DOI: 10.1111/nyas.13950.
3. Nasirian H. New aspects about Crimean-Congo hemorrhagic fever (CCHF) cases and associated fatality trends: A global systematic review and meta-analysis. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2020; 69:101429. DOI: 10.1016/j.cimid.2020.101429.
4. Mostafavi E., Haghdoost A., Khakifrouz S., Chinikar S. Spatial analysis of Crimean Congo hemorrhagic fever in Iran. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2013; 89(6):1135–41. DOI: 10.4269/ajtmh.12-0509.
5. Ansari H., Shahbaz B., Izadi S., Zeinali M., Tabatabaee S.M., Mahmoodi M., Holakouie Naeni 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; 8(6):749–57. DOI: 10.3855/jidc.4020.
6. Yilmaz S., Iba Yilmaz S., Alay H., Koşan Z., Eren Z. Temporal tendency, seasonality and relationship with climatic factors of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever cases (East of Turkey: 2012–2021). *Heliyon.* 2023; 9(9):e19593. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e19593.
7. 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; 12:1116. DOI: 10.1186/1471-2458-12-1116.

8. Bernard C., Joly Kukla C., Rakotoarivony I., Duhayon M., Stachurski F., Huber K., Giupponi C., Zortman I., Holzmüller P., Pollet T., Jeanneau M., Mercey A., Vachieri N., Lefrançois T., Garros C., Michaud V., Comtet L., Despois L., Pourquier P., Picard C., Journeaux A., Thomas D., Godard S., Moissonnier E., Mely S., Sega M., Pannetier D., Baize S., Vial L. Detection of Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in *Hyalomma marginatum* ticks, southern France, May 2022 and April 2023. *Euro Surveill*. 2024; 29(6):2400023. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2024.29.6.2400023.

9. Lorenzo Juanes H.M., Carbonell C., Sendra B.F., López-Bernus A., Bahamonde A., Orfao A., Lista C.V., Ledesma M.S., Negro A.I., Rodríguez-Alonso B., Bua B.R., Sánchez-Seco M.P., Muñoz Bellido J.L., Muro A., Belhassen-García M. Crimean-Congo hemorrhagic fever, Spain, 2013–2021. *Emerg. Infect. Dis.* 2023; 29(2):252–9. DOI: 10.3201/eid2902.220677.

10. Efstratiou A., Karanis G., Karanis P. Tick-borne pathogens and diseases in Greece. *Microorganisms*. 2021; 9(8):1732. DOI: 10.3390/microorganisms9081732.

11. Papa A., Dalla V., Papadimitriou E., Kartalis G.N., Antoniadis A. Emergence of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Greece. *Clin. Microbiol. Infect.* 2010; 16(7):843–7. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2009.02996.x.

12. Mamuchishvili N., Salyer S.J., Stauffer K., Geleishvili M., Zakhshvili K., Morgan J.; Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Notes from the field: Increase in reported Crimean-Congo hemorrhagic fever cases – country of Georgia, 2014. *MMWR. Morb. Mortal. Wkly Rep.* 2015; 64(8):228–9.

13. Ermakova L., Pshenichnaya N., Melnik V.A., Aslanov B. Overview of Crimean-Congo hemorrhagic fever 15-year morbidity within 2005–2019 based on ProMED-RUS reports. *Int. J. Infect. Dis.* 2020; 101(Suppl. 1):202. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.09.542.

14. Estrada-Peña A., Venzal J.M. Climate niches of tick species in the Mediterranean region: modeling of occurrence data, distributional constraints, and impact of climate change. *J. Med. Entomol.* 2007; 44(6):1130–8. DOI: 10.1603/0022-2585(2007)44[1130:cnotsj]2.0.co;2.

15. Fernández-Ruiz N., Estrada-Peña A. Towards new horizons: Climate trends in Europe increase the environmental suitability for permanent populations of *Hyalomma marginatum* (Ixodidae). *Pathogens*. 2021; 10(2):95. DOI: 10.3390/pathogens10020095.

16. Jameson L.J., Morgan P.J., Medlock J.M., Watola G., Vaux A.G. Importation of *Hyalomma marginatum*, vector of Crimean-Congo haemorrhagic fever virus, into the United Kingdom by migratory birds. *Ticks Tick Borne Dis.* 2012; 3(2):95–9. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2011.12.002.

17. Lindeborg M., Barboutis C., Ehrenborg C., Fransson T., Jaenson T.G., Lindgren P.E., Lundkvist A., Nyström F., Salaneck E., Waldenström J., Olsen B. Migratory birds, ticks, and Crimean-Congo hemorrhagic fever virus. *Emerg. Infect. Dis.* 2012; 18(12):2095–7. DOI: 10.3201/eid1812.120718.

18. Grandi G., Chitimia-Dobler L., Choklikitumnuey P., Strube C., Springer A., Albiñá A., Jaenson T.G.T., Omazic A. First records of adult *Hyalomma marginatum* and *H. rufipes* ticks (Acari: Ixodidae) in Sweden. *Ticks Tick Borne Dis.* 2020; 11(3):101403. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2020.101403.

19. Куличенко А.Н., Прислегина Д.А. Крымская геморрагическая лихорадка: климатические предпосылки изменений активности природного очага на юге Российской Федерации. *Инфекция и иммунитет*. 2019; 9(1):162–72. DOI: 10.15789/2220-7619-2019-1-162-172.

20. Abbas T., Xu Z., Younus M. Seasonality in hospital admissions of Crimean-Congo hemorrhagic fever and its dependence on ambient temperature – empirical evidence from Pakistan. *Int. J. Biometeorol.* 2017; 61(11):1893–7. DOI: 10.1007/s00484-017-1359-4.

21. Duygu F., Sari T., Kaya T., Tavsan O., Naci M. The relationship between Crimean-Congo hemorrhagic fever and climate: does climate affect the number of patient? *Acta Clin. Croat.* 2018; 57(3):443–8. DOI: 10.2471/acc.2018.57.03.06.

22. Ansari H., Mansournia M.A., Izadi S., Zeinali M., Mahmoodi M., Holakouie-Naieni K. Predicting CCHF incidence and its related factors using time-series analysis in the southeast of Iran: comparison of SARIMA and Markov switching models. *Epidemiol. Infect.* 2015; 143(4):839–50. DOI: 10.1017/S0950268814001113.

23. Nili S., Khanjani N., Jahani Y., Bakhtiari B. The effect of climate variables on the incidence of Crimean Congo Hemorrhagic Fever (CCHF) in Zahedan, Iran. *BMC Public Health*. 2020; 20(1):1893. DOI: 10.1186/s12889-020-09989-4.

24. Tunturk A. Crimean-Congo haemorrhagic fever in a middle Anatolian city: five years of experience. *Trop. Doct.* 2020; 50(2):115–7. DOI: 10.1177/0049475519891337.

25. Harris I., Osborn T.J., Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci. Data*. 2020; 7(1):109. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3.

26. Yilmaz G.R., Buzgan T., Irmak H., Safran A., Uzun R., Cevik M.A., Torunoglu M.A. The epidemiology of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Turkey, 2002–2007. *Int. J. Infect. Dis.* 2009; 13(3):380–6. DOI: 10.1016/j.ijid.2008.07.021.

27. Leblebicioglu H., Ozarar R., Irmak H., Sencan I. Crimean-Congo hemorrhagic fever in Turkey: Current status and future challenges. *Antiviral Res.* 2016; 126:21–34. DOI: 10.1016/j.antiviral.2015.12.003.

28. Nurmakhanov T., Sansyzbaev Y., Atshabar B., Deryabin P., Kazakov S., Zholshorinov A., Matzhanova A., Sadvakassova A., Saylaubekuly R., Kyraubaev K., Hay J., Atkinson B., Hewson R. Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in Kazakhstan (1948–2013). *Int. J. Infect. Dis.* 2015; 38:19–23. DOI: 10.1016/j.ijid.2015.07.007.

29. Турлиев З.С., Усатаева Г.М. Эпидемиологическая ситуация в Республике Казахстан по Конго-Крымской геморрагической лихорадке. *Вестник Казахского Национального медицинского университета*. 2019; 2:20–3.

30. Абуова Г.Н., Пшеничная Н.Ю., Бостанов Ш.Б., Ережепов Б.А., Диденко Т.В. Конго-Крымская геморрагическая лихорадка в Южно-Казахстанской области. *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2011; 1:6–10.

31. Perfilieva Y.V., Shapiyeva Z.Z., Ostapchuk Y.O., Berdygulova Z.A., Bissenbay A.O., Kulemin M.V., Ismagulova G.A., Skiba Y.A., Sayakova Z.Z., Mamadaliyev S.M., Maltseva E.R., Dmitrovskiy A.M. Tick-borne pathogens and their vectors in Kazakhstan – A review. *Ticks Tick Borne Dis.* 2020; 11(5):101498. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2020.101498.

32. Knust B., Medetov Z.B., Kyraubaev K.B., Bumburidi Y., Erickson B.R., MacNeil A., Nichol S.T., Bayserkin B.S., Ospanov K.S. Crimean-Congo hemorrhagic fever, Kazakhstan, 2009–2010. *Emerg. Infect. Dis.* 2012; 18(4):643–5. DOI: 10.3201/eid1804.111503.

33. Keshkar-Jahromi M., Sajadi M.M., Ansari H., Mardani M., Holakouie-Naieni K. Crimean-Congo hemorrhagic fever in Iran. *Antiviral Res.* 2013; 100(1):20–8. DOI: 10.1016/j.antiviral.2013.07.007.

34. Zamanian M.H., Nouri R., Shirvani M., Mohseniafshar Z., Miladi R., Mehdizad R., Yavari S. Evaluation of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Kermanshah (2006–2020). *Zahedan J. Res. Med. Sci.* 2023; 25(3):e128662. DOI: 10.5812/zjrms-128662.

35. Волынкина А.С., Ткаченко Н.О., Малецкая О.В., Скударева О.Н., Тищенко И.В., Жирова А.А., Лисицкая Я.В., Шапошникова Л.И., Ростовцева Д.В., Манин Е.А., Прислегина Д.А., Петровская В.В., Яценко Е.В., Куличенко А.Н. Крымская геморрагическая лихорадка: эпидемиологическая и эпизоотологическая ситуация в Российской Федерации в 2022 г. прогноз заболеваемости на 2023 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2023; 2:6–12. DOI: 10.21055/0370-1069-2023-2-6-12.

References

1. El-Sayed A., Kamel M. Climatic changes and their role in emergence and re-emergence of diseases. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2020; 27(18):22336–52. DOI: 10.1007/s11356-020-08896-w.

2. Caminade C., McIntyre K.M., Jones A.E. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2019; 1436(1):157–73. DOI: 10.1111/nyas.13950.

3. Nasirian H. New aspects about Crimean-Congo hemorrhagic fever (CCHF) cases and associated fatality trends: A global systematic review and meta-analysis. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2020; 69:101429. DOI: 10.1016/j.cimid.2020.101429.

4. Mostafavi E., Haghdoust A., Khakifrouz S., Chinikar S. Spatial analysis of Crimean Congo hemorrhagic fever in Iran. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2013; 89(6):1135–41. DOI: 10.4269/ajtmh.12-0509.

5. 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; 8(6):749–57. DOI: 10.3855/jidc.4020.

6. Yilmaz S., Iba Yilmaz S., Alay H., Koşan Z., Eren Z. Temporal tendency, seasonality and relationship with climatic factors of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever cases (East of Turkey: 2012–2021). *Heliyon*. 2023; 9(9):e19593. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e19593.

7. 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; 12:1116. DOI: 10.1186/1471-2458-12-1116.

8. Bernard C., Joly Kukla C., Rakotoarivony I., Duhayon M., Stachurski F., Huber K., Giupponi C., Zortman I., Holzmüller P., Pollet T., Jeanneau M., Mercey A., Vachieri N., Lefrançois T., Garros C., Michaud V., Comtet L., Despois L., Pourquier P., Picard C., Journeaux A., Thomas D., Godard S., Moissonnier E., Mely S., Sega M., Pannetier D., Baize S., Vial L. Detection of Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in *Hyalomma marginatum* ticks, southern France, May 2022 and April 2023. *Euro Surveill*. 2024; 29(6):2400023. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2024.29.6.2400023.

9. Lorenzo Juanes H.M., Carbonell C., Sendra B.F., López-Bernus A., Bahamonde A., Orfao A., Lista C.V., Ledesma M.S., Negro A.I., Rodríguez-Alonso B., Bua B.R., Sánchez-Seco M.P., Muñoz Bellido J.L., Muro A., Belhassen-García M. Crimean-Congo hemorrhagic fever, Spain, 2013–2021. *Emerg. Infect. Dis.* 2023; 29(2):252–9. DOI: 10.3201/eid2902.220677.

10. Efstratiou A., Karanis G., Karanis P. Tick-borne pathogens and diseases in Greece. *Microorganisms*. 2021; 9(8):1732. DOI: 10.3390/microorganisms9081732.
11. Papa A., Dalla V., Papadimitriou E., Kartalis G.N., Antoniadis A. Emergence of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Greece. *Clin. Microbiol. Infect.* 2010; 16(7):843–7. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2009.02996.x.
12. Mamuchishvili N., Salyer S.J., Stauffer K., Geleishvili M., Zakhshvili K., Morgan J., Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Notes from the field: Increase in reported Crimean-Congo hemorrhagic fever cases – country of Georgia, 2014. *MMWR. Morb. Mortal. Wkly Rep.* 2015; 64(8): 228–9.
13. Ermakova L., Pshenichnaya N., Melnik V.A., Aslanov B. Overview of Crimean-Congo hemorrhagic fever 15-year morbidity within 2005–2019 based on ProMED-RUS reports. *Int. J. Infect. Dis.* 2020; 101(Suppl. 1):202. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.09.542.
14. Estrada-Peña A., Venzal J.M. Climate niches of tick species in the Mediterranean region: modeling of occurrence data, distributional constraints, and impact of climate change. *J. Med. Entomol.* 2007; 44(6):1130–8. DOI: 10.1603/0022-2585-(2007)44[1130:cnotsi]2.0.co;2.
15. Fernández-Ruiz N., Estrada-Peña A. Towards new horizons: Climate trends in Europe increase the environmental suitability for permanent populations of *Hyalomma marginatum* (Ixodidae). *Pathogens*. 2021; 10(2):95. DOI: 10.3390/pathogens10020095.
16. Jameson L.J., Morgan P.J., Medlock J.M., Watola G., Vaux A.G. Importation of *Hyalomma marginatum*, vector of Crimean-Congo haemorrhagic fever virus, into the United Kingdom by migratory birds. *Ticks Tick Borne Dis.* 2012; 3(2):95–9. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2011.12.002.
17. Lindeborg M., Barboutis C., Ehrenborg C., Fransson T., Jaenson T.G., Lindgren P.E., Lundkvist A., Nyström F., Salaneck E., Waldenström J., Olsen B. Migratory birds, ticks, and Crimean-Congo hemorrhagic fever virus. *Emerg. Infect. Dis.* 2012; 18(12):2095–7. DOI: 10.3201/eid1812.120718.
18. Grandi G., Chitima-Dobler L., Choklikitumnuey P., Strube C., Springer A., Albiñá A., Jaenson T.G.T., Omazic A. First records of adult *Hyalomma marginatum* and *H. rufipes* ticks (Acari: Ixodidae) in Sweden. *Ticks Tick Borne Dis.* 2020; 11(3):101403. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2020.101403.
19. 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; 9(1):162–72. DOI: 10.15789/2220-7619-2019-1-162-172.
20. Abbas T., Xu Z., Younus M. Seasonality in hospital admissions of Crimean-Congo hemorrhagic fever and its dependence on ambient temperature – empirical evidence from Pakistan. *Int. J. Biometeorol.* 2017; 61(11):1893–7. DOI: 10.1007/s00484-017-1359-4.
21. Duygu F., Sari T., Kaya T., Tavsan O., Naci M. The relationship between Crimean-Congo hemorrhagic fever and climate: does climate affect the number of patient? *Acta Clin. Croat.* 2018; 57(3):443–8. DOI: 10.20471/acc.2018.57.03.06.
22. Ansari H., Mansournia M.A., Izadi S., Zeinali M., Mahmoodi M., Holakouie-Naieni K. Predicting CCHF incidence and its related factors using time-series analysis in the southeast of Iran: comparison of SARIMA and Markov switching models. *Epidemiol. Infect.* 2015; 143(4):839–50. DOI: 10.1017/S0950268814001113.
23. Nili S., Khanjani N., Jahani Y., Bakhtiari B. The effect of climate variables on the incidence of Crimean Congo Hemorrhagic Fever (CCHF) in Zahedan, Iran. *BMC Public Health.* 2020; 20(1):1893. DOI: 10.1186/s12889-020-09989-4.
24. Tumturk A. Crimean-Congo haemorrhagic fever in a middle Anatolian city: five years of experience. *Trop. Doct.* 2020; 50(2):115–7. DOI: 10.1177/0049475519891337.
25. Harris I., Osborn T.J., Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci. Data.* 2020; 7(1):109. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3.
26. Yilmaz G.R., Buzgan T., Irmak H., Safran A., Uzun R., Cevik M.A., Torunoglu M.A. The epidemiology of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Turkey, 2002–2007. *Int. J. Infect. Dis.* 2009; 13(3):380–6. DOI: 10.1016/j.ijid.2008.07.021.
27. Leblebicioglu H., Ozaras R., Irmak H., Sencan I. Crimean-Congo hemorrhagic fever in Turkey: Current status and future challenges. *Antiviral Res.* 2016; 126:21–34. DOI: 10.1016/j.antiviral.2015.12.003.
28. Nurmakanov T., Sansyzbaev Y., Atshabar B., Deryabin P., Kazakov S., Zholshorinov A., Matzhanova A., Sadvakassova A., Saylaubekuly R., Kyraubaev K., Hay J., Atkinson B., Hewson R. Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in Kazakhstan (1948–2013). *Int. J. Infect. Dis.* 2015; 38:19–23. DOI: 10.1016/j.ijid.2015.07.007.
29. Turliev Z.S., Usataeva G.M. [Epidemiological situation on the Congo-Crimean hemorrhagic fever in the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta [Bulletin of the Kazakh National Medical University]*. 2019; (2):20–3.
30. Abuova G.N., Pshenichnaya N.Yu., Bostanov Sh.B., Erezhepov B.A., Didenko T.V. [Congo-Crimean hemorrhagic fever in the South Kazakhstan Region]. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta [Bulletin of the Kazakh National Medical University]*. 2011; (1):6–10.
31. Perfilieva Y.V., Shapiyeva Z.Z., Ostapchuk Y.O., Berdygulova Z.A., Bissenbay A.O., Kulemin M.V., Ismagulova G.A., Skiba Y.A., Sayakova Z.Z., Mamadaliyev S.M., Maltseva E.R., Dmitrovskiy A.M. Tick-borne pathogens and their vectors in Kazakhstan – A review. *Ticks Tick Borne Dis.* 2020; 11(5):101498. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2020.101498.
32. Knust B., Medetov Z.B., Kyraubaev K.B., Bumburidi Y., Erickson B.R., MacNeil A., Nichol S.T., Bayserkin B.S., Ospanov K.S. Crimean-Congo hemorrhagic fever, Kazakhstan, 2009–2010. *Emerg. Infect. Dis.* 2012; 18(4):643–5. DOI: 10.3201/eid1804.111503.
33. Keshtkar-Jahromi M., Sajadi M.M., Ansari H., Mardani M., Holakouie-Naieni K. Crimean-Congo hemorrhagic fever in Iran. *Antiviral Res.* 2013; 100(1):20–8. DOI: 10.1016/j.antiviral.2013.07.007.
34. Zamanian M.H., Nouri R., Shirvani M., Mohseniafshar Z., Miladi R., Mehdizad R., Yavari S. Evaluation of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Kermanshah (2006–2020). *Zahedan J. Res. Med. Sci.* 2023; 25(3):e128662. DOI: 10.5812/zjrms-128662.
35. Volynkina A.S., Tkachenko N.O., Maletskaya O.V., Skudareva O.N., Tishchenko I.V., Zhirova A.A., Lisitskaya Ya.V., Shaposhnikova L.I., Rostovtseva D.V., Manin E.A., Prislegina D.A., Petrovskaya V.V., Yatsmenko E.V., Kulichenko A.N. [Crimean-Congo hemorrhagic fever: epidemiological and epizootiological situation in the Russian Federation in 2022, incidence forecast for 2023]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2023; (2):6–12. DOI: 10.21055/0370-1069-2023-2-6-12.

Authors:

Lizinfeld I.A. Central Research Institute of Epidemiology; 3a, Novogireevskaya St., Moscow, 111123, Russian Federation; e-mail: crie@pcr.ru. Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; 2/1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russian Federation.

Pshenichnaya N.Yu. Central Research Institute of Epidemiology; 3a, Novogireevskaya St., Moscow, 111123, Russian Federation; e-mail: crie@pcr.ru. Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; 2/1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russian Federation. Moscow Regional Research and Clinical Institute named after M.F. Vladimirsky; 61/2, Shchepkin St., Moscow, 129110, Russian Federation.

Naidenova E.V., Gurkin G.A., Blinova K.D. Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”. 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrap@microbe.ru.

Abuova G.N. South Kazakhstan Medical Academy. 1/1, Al-Farabi Sq., Shymkent, 160019, Republic of Kazakhstan.

Leblebicioglu H. Infectious Diseases Department, VM Medical Park Samsun Hospital. Samsun, Republic of Turkey.

Mardani M. Infectious Diseases and Tropical Medicine Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences. Tehran, Islamic Republic of Iran

Akimkin V.G. Central Research Institute of Epidemiology. 3a, Novogireevskaya St., Moscow, 111123, Russian Federation. E-mail: crie@pcr.ru.

Об авторах:

Лизинфельд И.А. Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии; Российская Федерация, 111123, Москва, ул. Новогиреевская, 3а; e-mail: crie@pcr.ru. Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; Российская Федерация, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1.

Пшеничная Н.Ю. Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии; Российская Федерация, 111123, Москва, ул. Новогиреевская, 3а; e-mail: crie@pcr.ru. Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; Российская Федерация, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1. Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского; Российская Федерация, 129110, Москва, ул. Щепкина, 61/2.

Найденова Е.В., Гуркин Г.А., Блинова К.Д. Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: rusrap@microbe.ru.

Абуова Г.Н. Южно-Казахстанская медицинская академия. Республика Казахстан, 160019, Шымкент, пл. Аль-Фараби, 1/1.

Leblebicioglu H. Инфекционное отделение госпиталя VM Medical Park Samsun. Турецкая Республика, Самсун.

Mardani M. Исследовательский центр инфекционных болезней и тропической медицины Медицинского университета им. Шахида Бехешти. Исламская Республика Иран, Тегеран.

Акимкин В.Г. Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии. Российская Федерация, 111123, Москва, ул. Новогиреевская, 3а. E-mail: crie@pcr.ru.