



ГИГИЕНА/HYGIENE

DOI: <https://doi.org/10.60797/VMED.2026.8.1> EDN: JKBAFA**АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

Обзор

Сейтумерова З.Ю.^{1,*}, Хайбуллаева А.И.², Шибанов С.Э.³^{1,2,3} Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (zaremasaitumerova.06[at]gmail.com)

Аннотация

Настоящее исследование посвящено системному анализу роли антропогенных факторов в глобальном потеплении и их последствий для здоровья населения. Эмпирические данные однозначно свидетельствуют о том, что современные климатические изменения в значительной степени обусловлены деятельностью человека. Основными драйверами выступают выбросы парниковых газов от сжигания ископаемого топлива, интенсивное сельское хозяйство и масштабные изменения в землепользовании. Воздействие данных факторов на здоровье населения проявляется в виде как прямых, так и опосредованных последствий: увеличение смертности от экстремальных температур, расширение ареалов инфекционных заболеваний, ухудшение качества воздуха. Отдельную проблему представляют угрозы продовольственной безопасности, обусловленные снижением урожайности и нарушением биоразнообразия.

Особую уязвимость демонстрируют социально незащищенные группы населения, включая пожилых людей, детей, лиц с низким уровнем дохода и жителей регионов с ограниченными адаптационными ресурсами.

Результаты анализа подчеркивают необходимость интеграции климатической политики с программами охраны здоровья, особенно в наиболее уязвимых регионах.

Ключевые слова: глобальное потепление, антропогенные факторы, тепловой стресс, инфекционные болезни, здоровье.

ANTHROPOGENIC FACTORS CONTRIBUTING TO GLOBAL WARMING AND THEIR IMPACT ON PUBLIC HEALTH: A SYSTEMIC ANALYSIS

Review article

Seytumerova Z.Y.^{1,*}, Khaibullaeva A.I.², Shibanov S.E.³^{1,2,3} V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

* Corresponding author (zaremasaitumerova.06[at]gmail.com)

Abstract

This research is devoted to a systemic analysis of the role of anthropogenic factors in global warming and their implications for public health. Empirical data clearly indicate that current climate change is largely driven by human activity. The main drivers are greenhouse gas emissions from the burning of fossil fuels, intensive agriculture and large-scale changes in land use. The impact of these factors on public health manifests itself in both direct and indirect consequences: increased mortality from extreme temperatures, the spread of infectious diseases, and deteriorating air quality. Threats to food security, caused by reduced crop yields and the loss of biodiversity, present a separate challenge.

Socially vulnerable groups, including the elderly, children, people on low incomes and residents of regions with limited adaptive resources, are particularly exposed.

The findings highlight the necessity to integrate climate policy with health programmes, particularly in the most vulnerable regions.

Keywords: global warming, anthropogenic factors, heat stress, infectious diseases, health.

Введение

Антропогенное глобальное потепление представляет собой неоспоримый научный факт и масштабную угрозу здоровью человечества. По данным Шестого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), глобальная приземная температура уже повысилась примерно на 1,1°C в период с 1850–1900 по 2011–2020 годы, причем основная часть этого потепления (свыше 1,0°C) произошла с 1970-х годов, что напрямую связано с деятельностью человека [1]. Концентрация углекислого газа (CO₂) в атмосфере достигла 419 частей на миллион (ppm) в 2023 году, что на более чем 50% выше доиндустриального уровня (около 278 ppm) и является самой высокой как минимум за 2 миллиона лет, что подтверждается палеоклиматическими данными из ледяных кернов [2].

Медико-санитарные последствия этого стремительного изменения климата уже проявляются глобально и нарастают. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) прогнозирует, что в период с 2030 по 2050 год изменение климата станет причиной приблизительно 250 000 дополнительных смертей ежегодно от таких причин, как недоедание, малярия и тепловой стресс [3]. Волны жары, участвовавшие и усилившиеся из-за потепления, уже вызывают значительный рост смертности, особенно среди уязвимых групп, таких как пожилые люди и лица с хроническими заболеваниями, о чем свидетельствуют данные международных исследований [4].



Целью данного литературного обзора является систематизация современных научных данных о влиянии антропогенного глобального потепления и сопутствующего загрязнения окружающей среды на здоровье населения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать доминирующие антропогенные причины глобального потепления (выбросы парниковых газов от сжигания ископаемого топлива, сельского хозяйства и изменения землепользования), а также рассмотреть вклад других опасных загрязнителей (диоксины, бенз(а)пирен и др.).

2. Оценить прямые и опосредованные последствия для здоровья населения, включая воздействие экстремальных температур, изменение профиля инфекционных болезней, угрозы продовольственной безопасности и ухудшение качества воздуха.

Анализ полученных данных включал обзор методов, используемых для прогнозирования климатических рисков для здоровья, таких как климатическое моделирование и анализ больших данных, которые рассматриваются в рамках настоящего обзора.

Материалы и методы

Для проведения данного анализа был осуществлен систематический поиск и тематический синтез научной литературы, посвященной антропогенным причинам глобального потепления и их влиянию на здоровье населения. Поиск релевантных публикаций проводился в международных (PubMed, Scopus, Google Scholar) и российских (eLIBRARY) реферативных базах данных за период с января 2010 года по май 2024 года. Стратегия поиска включала использование комбинаций ключевых слов, таких как «anthropogenic climate change», «global warming», «greenhouse gas emissions», «public health», «human health», «morbidity», «mortality», «heat-related illness» и «vector-borne diseases», адаптированных под синтаксис каждой базы данных. В обзор включались оригинальные исследования, систематические обзоры и мета-анализы, опубликованные в рецензируемых журналах, которые количественно или качественно оценивали связь между антропогенными факторами и показателями здоровья. Из анализа исключались публикации без рецензирования (препринты, отчеты), а также статьи, не содержащие эмпирических данных или посвященные исключительно климатическому моделированию без оценки медицинских последствий. Из отобранных статей двумя независимыми исследователями была извлечена информация об авторах, годе публикации, дизайне исследования и основных выводах; расхождения разрешались путем консенсуса. Полученные данные были подвергнуты тематическому синтезу для выявления основных доказательных связей.

Причины глобального потепления

Антропогенный фактор является доминирующей причиной наблюдаемого ускоренного глобального потепления. Современное потепление напрямую связано с усилением парникового эффекта атмосферы из-за беспрецедентного роста концентраций парниковых газов (ПГ), вызванного деятельностью человека. Концентрация углекислого газа (CO₂), основного долгоживущего ПГ, достигла 419 частей на миллион (ppm) в 2022 году, что на 50% выше доиндустриального уровня (278 ppm) и является самой высокой за последние по меньшей мере 2 миллиона лет, как подтверждают данные палеоклиматических исследований и прямых измерений обсерватории Мауна-Лоа, представленные в Шестом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата [5].

Около 75% общих антропогенных выбросов CO₂ за последние десятилетия обусловлены сжиганием ископаемого топлива (уголь, нефть, газ) в энергетике, промышленности и на транспорте, что подробно документировано в отчетах Global Carbon Project [6].

Помимо парниковых газов, сжигание ископаемого топлива в рамках топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и работа автотранспорта приводят к выбросам в атмосферу широкого спектра токсичных веществ, которые вносят прямой вклад в ухудшение здоровья населения, усугубляя последствия климатических изменений [7]. Автотранспорт и ТЭК являются основными источниками не только CO₂, но и бенз(а)пирена (продукт неполного сгорания углеводородов), диоксинов (образуются при сжигании отходов и в некоторых промышленных процессах), а также сернистых соединений (SO₂) и тяжелых металлов. Бенз(а)пирен является мощным канцерогеном, способствуя росту заболеваемости раком легких [8]. Диоксины обладают выраженным иммунотоксическим и эндокринно-разрушающим действием, повышая восприимчивость к инфекционным заболеваниям и вызывая ряд хронических патологий [9].

Взвешенные частицы PM_{2.5} (мелкодисперсные взвешенные частицы размером 2,5 микрометра), основным источником которых являются процессы горения в энергетике и на транспорте, проникают глубоко в дыхательные пути и системный кровоток, вызывая и усугубляя респираторные (астма, ХОБЛ) и сердечно-сосудистые заболевания [10]. Связь между уровнями PM_{2.5} и ростом заболеваемости астмой у детей доказана в многочисленных исследованиях [11].

Пестициды, широко используемые в интенсивном сельском хозяйстве, могут попадать в воздух и водные источники. Их хроническое воздействие связывают с ослаблением иммунитета, аллергиями, неврологическими нарушениями и эндокринными дисфункциями [12].

Отдельную проблему представляет истощение стратосферного озонового слоя, которое, хотя и регулируется Монреальским протоколом, все еще оказывает воздействие. Снижение концентрации озона приводит к увеличению потока ультрафиолетового (УФ-С) излучения на поверхность Земли. Это является установленной причиной роста заболеваемости раком кожи (меланомы), катаракты и подавления иммунной системы, что может повышать восприимчивость к инфекционным заболеваниям [13]. Кроме того, некоторые вещества, разрушающие озон (например, хлорфторуглероды), сами являются мощными парниковыми газами, формируя прямую связь между двумя глобальными экологическими проблемами [14].

Сельское хозяйство и изменения в землепользовании вносят существенный дополнительный вклад, ответственный примерно за 12% глобальных антропогенных выбросов ПГ в CO₂-эквиваленте. Животноводство (особенно энтерическое брожение у жвачных) и рисоводство являются основными источниками метана (CH₄), парниковая



активность которого в 28–36 раз превышает CO₂ на 100-летнем горизонте, а применение азотных удобрений и навоза — ключевой источник закиси азота (N₂O), потенциал глобального потепления которой в 265–298 раз выше CO₂, согласно методологическим отчетам МГЭИК [15].

Урбанизация и деградация экосистем усиливают региональные и глобальные последствия. Интенсивное развитие городов формирует «тепловые острова» с температурами на 1–3°C выше, чем в окружающих сельских районах, увеличивая риски теплового стресса для населения, что детально исследуется с помощью спутниковых данных NASA [16]. Масштабная вырубка лесов, особенно в тропиках, не только усиливает выбросы CO₂ (как следствие работы специальной техники), но и критически снижает способность биосферы поглощать окиси углерода. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), с 1990 года мир потерял 420 миллионов гектаров леса, что существенно подрывает природный климатический буфер [17].

Естественные климатические факторы, такие как изменения солнечной активности и вулканические извержения, действительно влияют на климат, но их вклад в наблюдаемое резкое потепление последних десятилетий минимален. Спутниковые измерения NASA показывают, что изменения в солнечной радиации с 1750 года вызвали потепление лишь около 0,1°C, что составляет лишь малую долю наблюдаемого потепления примерно в 1,1°C (с 1850–1900 гг. до 2011–2020 гг.) [18]. Крупные вулканические извержения, напротив, могут вызывать кратковременное (на 1–3 года) глобальное похолодание за счет выбросов сернистых аэрозолей, отражающих солнечный свет, как это наблюдалось после извержения Пинатубо в 1991 году, но не долгосрочное потепление.

Современные темпы потепления беспрецедентны в контексте последних 2000 лет и явно доминируют над естественной изменчивостью. Исследование, опубликованное в журнале *Nature* [19], реконструировавшее температуру за последние два тысячелетия, показало, что скорость потепления в XX–XXI веках примерно в 20 раз превышает максимальные естественные флуктуации, наблюдавшиеся ранее [20]. МГЭИК однозначно констатирует, что «влияние человека на климатическую систему очевидно» и является «главной причиной наблюдаемого потепления с середины XX века» (AR6 WGI SPM), при этом совокупный антропогенный радиационный форсинг (около 2,7 Вт/м²) значительно превосходит естественный (менее 0,1 Вт/м² от Солнца).

Последствия глобального потепления: экологические, социально-экономические и медицинские аспекты

Последствия глобального потепления носят комплексный и зачастую необратимый характер, затрагивая все аспекты жизнедеятельности человека.

4.1. Экологические последствия

Одним из наиболее очевидных признаков изменения климата является ускоренное таяние ледников и ледяных шапок, расположенных в Арктике, Антарктиде, а также в высокогорных регионах по всему миру. Риски, связанные с повышением уровня Мирового океана в результате этого процесса, затрагивают примерно 569,6 миллиона человек. Население, проживающее на территориях, расположенных ниже 5 метров над уровнем моря, подвергается непосредственной опасности затопления, а также разрушения жилых зон, инфраструктуры и экономических объектов [21].

Помимо повышения уровня моря, глобальное потепление способствует учащению и усилению экстремальных погодных явлений. К примеру, только за шестимесячный период 2020 года 84 климатических бедствия (наводнения, засухи, штормы) затронули 51,6 млн человек по всему миру [22].

Волны аномальной жары становятся более частыми и продолжительными, что негативно сказывается на здоровье населения и сельском хозяйстве. Количество дней, в течение которых население подвергалось воздействию очень высокой или чрезвычайно высокой пожарной опасности, возросло в 57% стран между периодами 2003–2007 и 2018–2022 годов; однако воздействие лесных пожаров сократилось в 56 странах и возросло лишь в семи за этот период. Засухи, приводящие к истощению водных ресурсов и снижению урожайности, приобрели глобальный масштаб: в любой отдельно взятый месяц от засухи страдало около 18% суши в 1951–1960 годах, в 2013–2022 годах значение достигло 47%. В период 2013–2022 годов младенцы и лица старше 65 лет, по сравнению с периодом 1986–2005 годов, ежегодно испытывали воздействие волн тепла на 108% больше дней [23].

Изменение климатических условий вызывает также существенные сдвиги в распределении ареалов обитания многих видов животных и растений. Эти изменения нарушают сложные пищевые цепи и взаимосвязи в экосистемах. В некоторых случаях это приводит к сокращению численности популяций и массовому вымиранию отдельных видов, что снижает экологическую устойчивость.

4.2. Социально-экономические последствия

Экономические последствия проявляются в значительном снижении трудового потенциала. Повышение среднегодовой температуры и тепловые волны напрямую влияют на производительность труда, особенно в сельском хозяйстве и строительстве, что приводит к огромным экономическим потерям. Согласно данным The Lancet Countdown, в 2020 году из-за воздействия аномальной жары было потеряно 295 миллиардов часов потенциальной работы, а в 2022 — 490, что представляет собой увеличение почти на 42% по сравнению с периодом 1991–2000 годов [20]. В результате снижения урожайности увеличиваются риски возникновения продовольственных кризисов, сопровождающихся ростом цен на продукты питания и усилением социальной нестабильности в пострадавших регионах.

Кроме того, климатические изменения, изменяющие привычные условия жизни, нередко становятся непригодными для проживания. Это приводит к масштабным миграционным процессам, и, как следствие, геополитической напряженности в регионах, принимающих переселенцев [24].

Одновременно с этим, увеличение частоты и интенсивности стихийных бедствий, вызванных изменением климата приводит к росту затрат на здравоохранение и восстановление инфраструктуры. Эти дополнительные финансовые нагрузки создают серьезное бремя для национальных экономик, особенно стран с ограниченными ресурсами, снижая их способность инвестировать в развитие и социальные программы [25].

Эмпирические данные демонстрируют устойчивую положительную корреляцию между ростом концентрации углекислого газа и увеличением частоты турбулентности ясного неба. За период наблюдений с 1979 по 2020 год, когда концентрация CO₂ в атмосфере увеличилась на 30%, над Северной Атлантикой был зафиксирован рост турбулентности на 37%, что превышает прогнозы существующих климатических моделей.

Возрастание интенсивности турбулентности оказывает непосредственное влияние на безопасность воздушных перевозок, увеличивая риски получения травм пассажирами и членами экипажей. Ускорение усталостного износа конструкций воздушных судов требует сокращения межремонтных ресурсов и увеличения частоты проведения инспекционных проверок. Операционная деятельность авиаперевозчиков нуждается в адаптации через модификацию маршрутов полетов и увеличение нормативных запасов топлива. Экономические последствия проявляются в росте эксплуатационных расходов авиакомпаний, связанном с увеличением расхода топлива при обходе зон турбулентности и повышением затрат на техническое обслуживание [26].

Экономические исследования показывают, что ущерб от климатических чрезвычайных ситуаций может достигать 1,2% ВВП страны [27], однако методология оценки потерь в сфере здравоохранения требует дальнейшего совершенствования.

4.3. Влияние на здоровье человека

Современные климатические изменения, характеризующиеся учащением экстремальных погодных явлений, представляют серьезную и многовекторную угрозу для общественного здоровья, что подтверждается ежегодными отчетами The Lancet Countdown на health and climate change [28].

Глобальное потепление представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для здоровья населения, проявляясь в разнообразных и взаимосвязанных формах. Важно отметить, что воздействие изменения климата затрагивает наиболее уязвимые группы населения в каждом обществе. К ним относятся лица с низкими доходами, женщины, дети, пожилые люди, пациенты с хроническими заболеваниями и инвалидностью, а также работники, занятые на открытом воздухе. Эта взаимосвязь подчеркивает медико-санитарные последствия социально-экономического неравенства. Население все в большей степени подвергается множеству усиливающихся климатических рисков, ведущих к ухудшению показателей здоровья [29].

Наблюдается тревожный рост климатической пригодности для передачи инфекционных заболеваний, в первую очередь за счет расширения ареалов их переносчиков. По мере повышения температур переносчики инфекций, такие как комары и клещи, активно осваивают высокогорные и северные регионы, ранее малоблагоприятные для их выживания и размножения. Эта тенденция подтверждается продвижением малярии в высокогорные районы Восточной Африки, Южной Америки и Азии: число месяцев, климатически пригодных для передачи малярии, возросло на 39% при сравнении периодов 1950–1959 и 2010–2019 годов. Население горных районов, исторически не имевшее контакта с «новыми» для региона инфекциями и отличающееся высокой плотностью, имеет значительный эпидемический потенциал, что подтверждается вспышками в Руанде, Уганде и Кении [28].

Изменения температурных режимов могут приводить к смене доминирующих инфекционных профилей в отдельных регионах. В Африке к югу от Сахары потепление смещает оптимальные условия от малярии (пик передачи при 25°C) в сторону арбовирусов, чей оптимум передачи достигается при 29°C [30].

Годовая средняя климатическая пригодность для передачи вируса Западного Нила увеличилась на 4,4% с 1951–1960 по 2013–2022 годы; потенциал передачи лихорадки денге комарами *Aedes aegypti* и *Aedes albopictus* возрос на 28,6% и 27,7% соответственно; а протяженность береговой линии, пригодной для передачи бактерий *Vibrio* spp., увеличивалась на 329 км ежегодно с 1982 года [28].

Повышение средних температур способствует расширению географических ареалов, где температурный режим становится оптимальным для размножения *Aedes aegypti* (диапазон 20–30°C), а также увеличивает продолжительность эпидемиологического сезона. году [31]. Как показывают экспериментальные данные, рост температуры с 26°C до 30°C приводит к значительному сокращению инкубационного периода (ЭИП) вируса денге серотипа DENV-2 в комаре *Aedes aegypti* — с 9,2 до 5,1 дня [32].

Указанное сокращение ЭИП означает, что инфицированный комар становится способным к передаче вируса более чем на 4 дня раньше, что существенно увеличивает скорость циркуляции патогена и, как следствие, риск возникновения крупных вспышек заболевания.

Изменение климата выступает системным фактором, трансформирующим экологию зоонозных заболеваний через прямое воздействие на выды-резервуары патогенов и опосредованное влияние на характер взаимодействия в системе «человек–дикая природа».

Повышение глобальных температур и трансформация режима осадков обуславливают смещение географических ареалов и динамику численности видов, выполняющих функцию природных резервуаров патогенов. Метаанализ, представленный в журнале *Nature*, подтверждает, что млекопитающие и птицы – хозяева патогенов с высоким зоонозным потенциалом — активно колонизируют новые местообитания в ответ на климатические изменения, что статистически достоверно увеличивает частоту их контактов с человеческой популяцией [33].

Процесс пространственной перестройки экологических сообществ создает новые зоны повышенного эпидемиологического риска, особенно выраженные в регионах с высокой плотностью населения. Исследование распространения летучих мышей — ключевых резервуаров для вирусов Нипах, Хендра и коронавирусов — показывает выраженную корреляцию между изменением климатических параметров и смещением их ареалов [34].



Согласно систематическому общему обзору, охватившему более 77 000 научных публикаций, 58% всех известных человечеству инфекционных заболеваний, зафиксированных в авторитетных базах данных GIDEON и CDC, уже подвергались усилению под влиянием по крайней мере одной из десяти климатических угроз, связанных с выбросами парниковых газов [35]. Исследование выявило 1006 уникальных эпидемиологических путей, по которым климатические опасности (такие как потепление, наводнения и засухи) через различные механизмы передачи (векторные, воздушно-капельные, водные и пищевые) приводили к вспышкам заболеваний, вызываемых вирусами, бактериями, грибами и другими патогенами.

Параллельно с этим специализированные исследования подтверждают, что изменение климата способствует экспансии грибковых патогенов в новые географические регионы. Ярким примером является распространение *Cryptococcus gattii*, который, ранее считавшийся эндемичным для тропических и субтропических регионов, начал регистрироваться в умеренном климате Британской Колумбии, Канада, в 1990-х годах, а затем переместился на юг, в тихоокеанский северо-запад США, где в период с 2004 по 2011 год было зарегистрировано почти 100 случаев заболевания [36].

Кроме того, экстремальные погодные явления, такие как торнадо в Джоплине в 2011 году, привели к вспышкам редких инвазивных грибковых инфекций, в частности, мукормикоза, вызванного *Apophysomyces trapeziformis*, среди пострадавших с различными травмами [37].

Согласно гипотезе, изложенной García-Solache и Casadevall (2010), дальнейшее повышение глобальной средней температуры, прогнозируемое на 2–5°C в ближайшие десятилетия, создаст селективное давление в пользу термотолерантных видов грибов и сузит защитный термический градиент между телом млекопитающих (примерно 37°C) и окружающей средой [38]. Это увеличит потенциал патогенности для человека многих патогенных грибов окружающей среды, особенно из группы базидиомицетов, для которых термотолерантность является нередким признаком, что представляет собой растущую угрозу для глобального общественного здоровья в условиях продолжающихся климатических изменений.

Данный риск усугубляется документально подтверждённой способностью холодаадаптированных микробов, включая психротолерантные бактерии рода *Modestobacter* и грибы рода *Naganishia*, обнаруженным на высотах свыше 7900 метров, сохранять жизнеспособность в экстремальных условиях и проявлять метаболическую активность в кратковременные периоды оттепелей. Наблюдаемое в регионе Эвереста повышение температуры на 0,33°C за десятилетие, достигшее рекордного значения -1,4°C в июле 2022 года, создаёт потенциальные окна возможностей для активности не только аутохтонных экстремофилов, но и аллохтонных видов, занесённых воздушными потоками или деятельностью человека, включая оппортунистические патогены. Таким образом, ранее стабильные криоэкосистемы начинают функционировать как резервуары и потенциальные инкубаторы микроорганизмов, чья экологическая ниша и патогенный потенциал могут расширяться в результате глобального потепления [39].

Климатические изменения оказывают существенное влияние на риск возникновения зоонозов через трансформацию моделей землепользования. Учащение экстремальных погодных явлений и деградация сельскохозяйственных угодий интенсифицируют антропогенное давление на естественные экосистемы. Согласно данным Межправительственной научно-политической платформы по биоразнообразию и экосистемным услугам (IPBES), это приводит к фрагментации местообитаний и увеличению частоты контактов в системе «человек–домашний скот–дикая природа», что признается ключевым фактором процесса перескока патогенов — первоначальной передачи инфекционного агента от животного-резервуара к человеку [40].

Современные научные данные свидетельствуют о синергетическом характере взаимодействия климатических и социальных факторов риска. Регионы с наиболее интенсивным изменением землепользования демонстрируют повышенную частоту возникновения зоонозных заболеваний [41]. В этих условиях патоген, первоначально попавший в человеческую популяцию вследствие экологических сдвигов, получает возможность для глобальной диссеминации через современные транспортные системы.

Таким образом, изменение климата выступает в качестве значимого дестабилизирующего фактора для глобальной системы здравоохранения, повышая ее уязвимость к крупным эпидемическим вспышкам, что обуславливает необходимость разработки комплексных мер противодействия в рамках подхода «Единое здоровье» [29].

Дополнительные адаптационные меры включают усиление эпиднадзора, разработку вакцин и внедрение стратегий контроля переносчиков. Научный консенсус подчеркивает, что изменение климата уже значительно трансформирует ландшафт инфекционных болезней, повышая нагрузку на системы здравоохранения [29].

Качество воздуха также существенно ухудшается под воздействием климатических изменений. Частота и интенсивность лесных пожаров растут, приводя к значительному загрязнению атмосферы токсичными веществами и мелкодисперсными частицами. Кроме того, более продолжительный сезон цветения растений способствует усилению аллергических реакций у чувствительных групп населения. Все это приводит к росту заболеваемости респираторными патологиями, такими как астма и полинозы [42].

Загрязнение атмосферного воздуха продолжает оставаться значимым фактором смертности. В 2019 году 3,3 миллиона смертей были связаны с воздействием антропогенных частиц PM2.5 в атмосфере, причем треть из них напрямую ассоциирована со сжиганием ископаемого топлива [43].

Наиболее серьезным следствием изменения климата является рост тепловой смертности населения. Волны жары представляют собой непосредственную угрозу для жизни человека, вызывая увеличение случаев тепловых ударов, обезвоживания и способствуя обострению хронических сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний. Этот риск наглядно иллюстрируется статистикой: в 2019 году число смертей, связанных с жарой, среди лиц старше 65 лет достигло рекордного уровня — приблизительно 345 000 случаев. Примечательно, что в период 2018–2019 годов во всех регионах ВОЗ, за исключением Европейского, наблюдался рост смертности от жары в этой уязвимой возрастной группе [28].



Воздействие опасных для здоровья высоких температур становится все более продолжительным. Так, в период 2018–2022 годов население ежегодно подвергалось такому воздействию в среднем 86 дней. Более того, анализ долгосрочной динамики показывает значительное ухудшение условий: в течение десятилетия 2013–2022 годов, по сравнению с базовым периодом 1991–2000 годов, ежегодно добавлялось в среднем 241 час, в течение которых окружающая жара создавала умеренный или более высокий риск теплового стресса даже при легкой физической активности на открытом воздухе. В результате за последние четыре десятилетия значительно увеличилось количество часов, непригодных для безопасных занятий на открытом воздухе. Особенно остро эта проблема проявляется в странах с низким Индексом человеческого развития (ИЧР), где к 2020 году она привела к средней потере 3,7 часов безопасной физической активности в день [22].

Согласно данным Второго оценочного доклада Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (Москва : Росгидромет, 2014), климатические изменения в России характеризуются рядом специфических особенностей. Температурный рост на территории страны составляет 0,43°C за десятилетие, что более чем вдвое превышает среднемировые показатели. В европейской части России частота волн тепла увеличилась в 2,5 раза по сравнению с 1970-ми годами, а продолжительность засушливых периодов возросла на 25–30%. Эти изменения создают значительные риски для здоровья населения, особенно в условиях урбанизированных территорий с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха [23].

Многочисленные научные исследования убедительно демонстрируют значительное влияние критических температур на показатели смертности населения России. Особую значимость приобретают данные, полученные в период аномальной жары 2010 года, когда в Москве было зарегистрировано около 11 000 дополнительных случаев смерти, преимущественно от сердечно-сосудистых заболеваний [44]. При этом установлено, что комбинированное воздействие высоких температур и повышенного содержания озона и взвешенных частиц PM10 в атмосферном воздухе усиливало негативный эффект на 15–20% [17].

Исследование последствий аномальной жары 2010 года в европейской части России продемонстрировало значительный рост смертности, связанный с комбинированным воздействием высоких температур и повышенного загрязнения атмосферного воздуха [44]. Анализ данных показал, что в период с июля по август 2010 года наблюдался выраженный рост смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, причем наибольший эффект отмечался среди лиц пожилого возраста.

Последующие исследования позволили установить пороговые значения температурного воздействия для различных регионов России. В работе, посвященной анализу волн жары в мегаполисах, было показано, что критическим порогом для Москвы является среднесуточная температура воздуха 23°C, при превышении которой начинается рост смертности [45]. Особый интерес представляют исследования, проведенные в городах с резко-континентальным климатом, где выявлены специфические адаптационные механизмы населения к температурным колебаниям [46]. В Твери превышение суточной температуры 25°C сопровождалось увеличением смертности на 8,2% [47]. Патологические исследования объясняют эти данные развитием гиперкоагуляции, снижением сердечного выброса на 30–50% и выраженным электролитным дисбалансом, что особенно опасно для пациентов с кардиологической патологией [48].

В новейшей публикации 2025 года Ревич и Шапошников представили комплексный анализ влияния высоких температур на психическое здоровье. Авторы отмечают, что волны жары ассоциированы с ростом госпитализаций по поводу психических расстройств, увеличением числа суицидов и случаев агрессивного поведения. Особую уязвимость демонстрируют лица с уже имеющимися психиатрическими диагнозами и социально незащищенные группы населения [49].

Современные методы исследования включают разработку сложных регрессионных моделей временных рядов, которые позволяют с высокой точностью прогнозировать суточные показатели смертности. В частности, для Москвы была разработана модель, учитывающая температуру воздуха, концентрацию PM2.5 и озона, которая демонстрирует точность прогноза $\pm 5\%$ при коэффициенте детерминации $R^2=0,89$ [50].

Анализ рецензируемых научных данных [51] демонстрирует системное влияние глобального потепления на онкологическую заболеваемость через три основных механизма: истощение стратосферного озона, прямое температурное воздействие и загрязнение воздуха. Разрушение озонового слоя привело к глобальному увеличению эритемной радиации на 3% в период 1979–2008 годов, что в Австралии с 1990 года ежегодно повышает УФ-излучение на 2–6%, коррелируя с ростом заболеваемости раком кожи.

Моделирование показывает, что каждое 1%-ное уменьшение озона увеличивает заболеваемость меланомой на 1–2%, плоскоклеточной карциномой на 3–4,6% и базалиомой до 2,7%, при этом к середине XXI века прогнозируется до 200 дополнительных случаев рака кожи на миллион человек ежегодно в Австралии и 100–150 случаев в Новой Зеландии. Прямое температурное воздействие, согласно экспериментальным данным, усиливает фотоканцерогенез через ингибирование апоптоза поврежденных клеток, а повышение температуры на 2°C может увеличить глобальную заболеваемость раком кожи на 11% к 2050 году. Загрязнение воздуха, содержащее PM2.5, полициклические ароматические углеводороды и бензол, признанное IARC канцерогеном первой группы, вызывает окислительный стресс и повреждение ДНК, при этом увеличение концентрации PM2.5 на 20% с 1990 по 2013 год коррелирует с ростом пигментных поражений кожи на 20%.

Региональная вариабельность проявляется в наибольшем риске для населения средних широт, альпийских регионов, где УФ-интенсивность возрастает на 10–12% на каждые 1000 метров высоты, и промышленных зон с превышением пределов загрязнения, как в Китае, где концентрации бензола регулярно превышают европейский лимит в 5 мкг/м³ на порядок [52].

**Заключение**

Проведённый анализ неоспоримо свидетельствует: глобальное потепление, обусловленное преимущественно антропогенными факторами, представляет собой масштабную угрозу для здоровья человечества. Современные научные данные демонстрируют тревожную динамику климатических изменений, которые уже сегодня оказывают комплексное негативное воздействие на все аспекты жизнедеятельности человека. Особую опасность представляет учащение экстремальных погодных явлений, приводящее к росту тепловой смертности, изменению ареалов инфекционных заболеваний и ухудшению качества окружающей среды.

Наиболее уязвимыми перед лицом этих изменений оказываются социально незащищённые группы населения: пожилые люди, дети, лица с хроническими заболеваниями и жители регионов с аномальными климатическими условиями. Российские реалии, где температурный рост происходит в два раза быстрее среднемировых показателей, особенно наглядно иллюстрируют серьёзность вызовов, стоящих перед системой здравоохранения.

Сложившаяся ситуация требует незамедлительных и скоординированных действий на международном, национальном и региональном уровнях. Приоритетными направлениями должны стать как меры по смягчению антропогенного воздействия на климат, так и разработка эффективных стратегий адаптации. Особое внимание необходимо уделить созданию систем раннего предупреждения, совершенствованию эпидемиологического надзора и разработке целевых программ защиты уязвимых групп населения.

Проведённое исследование подчёркивает необходимость дальнейших междисциплинарных исследований в области климатической медицины, которые позволят более точно прогнозировать риски и разрабатывать адресные профилактические меры. Только комплексный научно обоснованный подход позволит минимизировать негативные последствия глобального потепления для здоровья нынешних и будущих поколений.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policymakers / edited by H. Lee, J. Romero. — IPCC, 2023. — 34 p. — URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf (accessed: 01.07.2025).
2. Global Monitoring Laboratory // NOAA. — URL: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> (accessed: 01.07.2025).
3. Climate change and health: Fact sheet // WHO. — 2021. — URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> (accessed: 01.07.2025).
4. The Lancet Countdown on health and climate change. — URL: <https://www.thelancet.com/countdown-health-climate> (accessed: 01.07.2025).
5. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers // IPCC. — 2021. — URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf (accessed: 01.07.2025).
6. Global Carbon Budget 2023. — URL: <https://globalcarbonbudget.org> (accessed: 01.07.2025).
7. Health and the environment: addressing the health impact of air pollution // WHO. — 2021.
8. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Outdoor Air Pollution // International Agency for Research on Cancer. — 2016. — Vol. 109.
9. White S.S. An overview of the effects of dioxins and dioxin-like compounds on vertebrates, as documented in human and ecological epidemiology / S.S. White, L.S. Birnbaum // *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.* — 2009.
10. Burnett R. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter / R. Burnett, H. Chen, M. Szyszkowicz [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* — 2018. — Vol. 115. — № 38. — P. 9592–9597. — DOI: 10.1073/pnas.1803222115.
11. Guarneri M. Outdoor air pollution and asthma / M. Guarneri, J.R. Balmes // *The Lancet.* — 2014. — Vol. 383. — № 9928. — P. 1581–1592.
12. Kim K.H. Exposure to pesticides and the associated human health effects / K.H. Kim, E. Kabir, S.A. Jahan // *Science of The Total Environment.* — 2017. — Vol. 575. — P. 525–535. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.009.
13. Environmental Effects of Ozone Depletion and Its Interactions with Climate Change: 2022 Assessment Report // United Nations Environment Programme.
14. Velders G.J.M. The importance of the Montreal Protocol in protecting climate / G.J.M. Velders, S.O. Andersen, J.S. Daniel [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* — 2007. — Vol. 104. — № 12. — P. 4814–4819. — DOI: 10.1073/pnas.0610328104.
15. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change // IPCC. — 2022. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> (accessed: 01.07.2025).
16. Urban Heat Islands // NASA Earth Observatory. — URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/UrbanHeat> (accessed: 01.07.2025).



17. Global Forest Resources Assessment 2020 // FAO. — URL: <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020> (accessed: 01.07.2025).
18. Global Climate Change: Vital Signs of the Planet // NASA. — URL: <https://climate.nasa.gov/causes/> (accessed: 01.07.2025).
19. PAGES 2k Consortium. Consistent multidecadal variability in global temperature reconstructions and simulations over the Common Era // Nature Geoscience. — 2019. — Vol. 12. — P. 643–649. — DOI: 10.1038/s41561-019-0400-0.
20. Romanello M The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future / M. Romanello, A. McGushin, C. Di Napoli [et al.] // The Lancet. — 2021. — Vol. 398. — № 10311. — P. 1619–1662. — DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01787-6.
21. Romanello M. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms / M. Romanello, C.D. Napoli, C. Green [et al.] // The Lancet. — 2023. — Vol. 402. — № 10419. — P. 2346–2394. — DOI: 10.1016/S0140-6736(23)01859-7.
22. Romanello M. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms / M. Romanello, C.D. Napoli, C. Green [et al.] // The Lancet. — 2023. — Vol. 402. — № 10419. — P. 2346–2394. — DOI: 10.1016/S0140-6736(23)01859-7.
23. Чубарова Н.Е. Климатические и экологические характеристики московского мегаполиса за 60 лет по данным Метеорологической обсерватории МГУ / Н.Е. Чубарова, Е.И. Незваль, И.Б. Беликов [и др.] // Метеорология и гидрология. — 2014. — № 9. — С. 49–63.
24. Kelley C.P. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought / C.P. Kelley, S. Mohtadi, M.A. Cane [et al.] // Proc Natl Acad Sci USA. — 2015. — № 112 (11). — P. 3241–3246. — DOI: 10.1073/pnas.1421533112.
25. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability // IPCC. — 2022. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (accessed: 01.07.2024).
26. Prosser M.C. Evidence for large increases in clear-air turbulence over the past four decades / M.C. Prosser, P.D. Williams, G.J. Marlton [et al.] // Geophysical Research Letters. — 2023. — № 50. — Art. e2023GL103814. — DOI: 10.1029/2023GL103814.
27. Порфирьев Б.Н. Экономическая оценка людских потерь в результате чрезвычайных ситуаций / Б.Н. Порфирьев // Вопросы экономики. — 2013. — № 1. — С. 48–68. — DOI: 10.32609/0042-8736-2013-1-48-68.
28. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability // IPCC. — 2022. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (accessed: 01.07.2024).
29. Romanello M. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms / M. Romanello, C.D. Napoli, C. Green [et al.] // The Lancet. — 2023. — № 402 (10419). — P. 2346–2394. — DOI: 10.1016/S0140-6736(23)01859-7.
30. Ryan S.J. Warming temperatures could expose more than 1.3 billion new people to Zika virus risk by 2050 / S.J. Ryan [et al.] // Global Change Biology. — 2021. — Vol. 27. — № 1. — P. 84–93.
31. Majeed Sh. Climate Change: A Major Factor in the Spread of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and Its Associated Dengue Virus / Sh. Majeed, W. Akram, M. Sufyan [et al.] // INSECTS. — 2025. — Vol. 16. — № 5. — DOI: 10.3390/insects16050513.
32. Rohani A. The effect of extrinsic incubation temperature on development of dengue serotype 2 and 4 viruses in *Aedes aegypti* (L.) / A. Rohani, Y.C. Wong, I. Zamre [et al.] // Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. — 2009. — Vol. 40. — № 5. — P. 942–950.
33. Carlson C.J. Climate change increases the risk of cross-species viral transmission / C.J. Carlson, G.F. Albery, C. Merow [et al.] // Nature. — 2022. — Vol. 607. — P. 555–562. — DOI: 10.1038/s41586-022-04788-w.
34. Beard C.B. Chapter 5: Vector-Borne Diseases / C.B. Beard, R.J. Eisen, C.M. Barker [et al.]; edited by A. Crimmins, J. Balbus, J.L. Gamble [et al.] // The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. — Washington DC, 2016. — 312 p. — DOI: 10.7930/J0R49NQX.
35. Mora C. Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change / C. Mora, T. McKenzie, T. Gaw [et al.] // Nature Climate Change. — 2022. — № 12. — P. 869–875. — DOI: 10.1038/s41558-022-01426-1.
36. Benedict K. Emerging issues, challenges, and changing epidemiology of fungal disease outbreaks / K. Benedict, M. Richardson, S. Vallabhaneni [et al.] // Lancet Infectious Diseases. — 2017. — № 17 (12). — P. e403–e411. — DOI: 10.1016/S1473-3099(17)30443-7.
37. Neblett Fanfair R. Necrotizing cutaneous mucormycosis after a tornado in Joplin, Missouri, in 2011 / R. Fanfair Neblett, K. Benedict, J. Bos [et al.] // The New England Journal of Medicine. — 2012. — № 367 (23). — P. 2214–2225. — DOI: 10.1056/NEJMoa1204781.
38. Garcia-Solache M.A. Global warming will bring new fungal diseases for mammals / M.A. Garcia-Solanche, A. Casadevall // mBio. — 2010. — № 1 (1). — Art. e00061-10. — DOI: 10.1128/mBio.00061-10.
39. Dragone N.B. Genetic analysis of the frozen microbiome at 7900 m a.s.l., on the South Col of Sagarmatha (Mount Everest) / N.B. Dragone, L.B. Perry, A.J. Solon [et al.] // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. — 2023. — № 55 (1). — DOI: 10.1080/15230430.2023.2164999.
40. Daszak P. Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services / P. Daszak, C. das Neves, J. Amuasi [et al.] // Zenodo. — Bonn, 2020. — DOI: 10.5281/zenodo.4147317.
41. Allen T. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases / T. Allen, K.A. Murray, C. Zambrana-Torreilo [et al.] // Nature Communications. — 2017. — № 8. — DOI: 10.1038/s41467-017-00923-8.



42. Ziska L.H. Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis / L.H. Ziska, L. Makra, S.K. Harry [et al.] // *The Lancet Planetary Health*. — 2019. — Vol. 3. — № 3. — P. e124–e131.
43. Vohra K. Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem / K. Vohra, A. Vodonos, J. Schwartz [et al.] // *Environmental research*. — 2021. — Vol. 195. — DOI: 10.1016/j.envres.2021.110754.
44. Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки / Б.А. Ревич // *Экология человека*. — 2011. — № 7. — С. 3–9. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/volny-zhary-kachestvo-atmosfernogo-vozduha-i-smertnost-naseleniya-evropeyskoj-chasti-rossii-letom-2010-goda-rezultaty-predvaritelnoj> (дата обращения: 10.08.2025).
45. Ревич Б.А. Волны жары в мегаполисах и пороги их воздействия на смертность населения / Б.А. Ревич // *Гигиена и санитария*. — 2017. — Т. 96. — № 11. — С. 1073–1078. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/volny-zhary-v-megapolisah-i-porogi-ih-vozdeystviya-na-smertnost-naseleniya> (дата обращения: 10.08.2025).
46. Ревич Б.А. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко-континентальным климатом / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников // *Сибирское медицинское обозрение*. — 2017. — № 2 (104). — С. 84–90. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-vozdeystviya-voln-holoda-i-zhary-na-smertnost-v-gorodah-s-rezko-kontinentalnym-klimatom> (дата обращения: 10.08.2025).
47. Ревич Б.А. Воздействие высоких температур атмосферного воздуха на здоровье населения в Твери / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников, В.Т. Галкин [и др.] // *Гигиена и санитария*. — 2005. — № 2. — С. 22–26. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-vysokih-temperatur-atmosfernogo-vozduha-na-zdorovie-naseleniya-v-tveri> (дата обращения: 10.08.2025).
48. Агеев Ф.Т. Жара и сердечно-сосудистая система / Ф.Т. Агеев, М.Д. Смирнова, О.В. Родненков. — Москва : Практика, 2015. — 256 с.
49. Ревич Б.А. Высокие температуры воздуха и психическое здоровье: риски, методы и результаты / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников // *Анализ риска здоровью*. — 2025. — № 1. — С. 159–170. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokie-temperatury-vozduha-i-psichicheskoe-zdorovie-riski-metody-i-rezultaty> (дата обращения: 10.08.2025).
50. Бойцов С.А. Влияние экологических факторов на смертность населения г. Москвы; возможности оценки рисков и прогнозирования / С.А. Бойцов, М.М. Лукьянов, А.Д. Деев [и др.] // *РКЖ*. — 2016. — № 6 (134). — С. 34–40. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekologicheskikh-faktorov-na-smertnost-naseleniya-g-moskvy-vozmozhnosti-otsenki-riskov-i-prognozirovaniya> (дата обращения: 10.08.2025).
51. Parker E.R. The influence of climate change on skin cancer incidence — A review of the evidence / E.R. Parker // *International Journal of Women's Dermatology*. — 2020. — № 7 (1). — P. 17–27. — DOI: 10.1016/j.ijwd.2020.07.003.
52. *World Cancer Report: Cancer research for cancer prevention* / edited by C.P. Wild, E. Weiderpass, B.W. Stewart. — Lyon : International Agency for Research on Cancer, 2020. — 612 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policymakers* / edited by H. Lee, J. Romero. — IPCC, 2023. — 34 p. — URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf (accessed: 01.07.2025).
2. *Global Monitoring Laboratory* // NOAA. — URL: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> (accessed: 01.07.2025).
3. *Climate change and health: Fact sheet* // WHO. — 2021. — URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> (accessed: 01.07.2025).
4. *The Lancet Countdown on health and climate change*. — URL: <https://www.thelancet.com/countdown-health-climate> (accessed: 01.07.2025).
5. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers* // IPCC. — 2021. — URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf (accessed: 01.07.2025).
6. *Global Carbon Budget 2023*. — URL: <https://globalcarbonbudget.org> (accessed: 01.07.2025).
7. *Health and the environment: addressing the health impact of air pollution* // WHO. — 2021.
8. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Outdoor Air Pollution* // International Agency for Research on Cancer. — 2016. — Vol. 109.
9. White S.S. An overview of the effects of dioxins and dioxin-like compounds on vertebrates, as documented in human and ecological epidemiology / S.S. White, L.S. Birnbaum // *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev*. — 2009.
10. Burnett R. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter / R. Burnett, H. Chen, M. Szyszkowicz [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. — 2018. — Vol. 115. — № 38. — P. 9592–9597. — DOI: 10.1073/pnas.1803222115.
11. Guarneri M. Outdoor air pollution and asthma / M. Guarneri, J.R. Balmes // *The Lancet*. — 2014. — Vol. 383. — № 9928. — P. 1581–1592.
12. Kim K.H. Exposure to pesticides and the associated human health effects / K.H. Kim, E. Kabir, S.A. Jahan // *Science of The Total Environment*. — 2017. — Vol. 575. — P. 525–535. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.009.
13. *Environmental Effects of Ozone Depletion and Its Interactions with Climate Change: 2022 Assessment Report* // United Nations Environment Programme.



14. Velders G.J.M. The importance of the Montreal Protocol in protecting climate / G.J.M. Velders, S.O. Andersen, J.S. Daniel [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. — 2007. — Vol. 104. — № 12. — P. 4814–4819. — DOI: 10.1073/pnas.0610328104.
15. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change // IPCC. — 2022. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> (accessed: 01.07.2025).
16. Urban Heat Islands // NASA Earth Observatory. — URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/UrbanHeat> (accessed: 01.07.2025).
17. Global Forest Resources Assessment 2020 // FAO. — URL: <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020> (accessed: 01.07.2025).
18. Global Climate Change: Vital Signs of the Planet // NASA. — URL: <https://climate.nasa.gov/causes/> (accessed: 01.07.2025).
19. PAGES 2k Consortium. Consistent multidecadal variability in global temperature reconstructions and simulations over the Common Era // Nature Geoscience. — 2019. — Vol. 12. — P. 643–649. — DOI: 10.1038/s41561-019-0400-0.
20. Romanello M The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future / M. Romanello, A. McGushin, C. Di Napoli [et al.] // The Lancet. — 2021. — Vol. 398. — № 10311. — P. 1619–1662. — DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01787-6.
21. Romanello M. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms / M. Romanello, C.D. Napoli, C. Green [et al.] // The Lancet. — 2023. — Vol. 402. — № 10419. — P. 2346–2394. — DOI: 10.1016/S0140-6736(23)01859-7.
22. Romanello M. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms / M. Romanello, C.D. Napoli, C. Green [et al.] // The Lancet. — 2023. — Vol. 402. — № 10419. — P. 2346–2394. — DOI: 10.1016/S0140-6736(23)01859-7.
23. Chubarova N.E. Klimaticheskie i ekologicheskie kharakteristiki moskovskogo megapolisa za 60 let po dannim Meteorologicheskoi observatorii MGU [Climatic and ecological characteristics of the Moscow metropolis over 60 years according to data from the MSU Meteorological Observatory] / N.E. Chubarova, Ye.I. Nezval, I.B. Belikov [et al.] // Meteorologiya i gidrologiya [Meteorology and Hydrology]. — 2014. — № 9. — P. 49–63. [in Russian]
24. Kelley C.P. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought / C.P. Kelley, S. Mohtadi, M.A. Cane [et al.] // Proc Natl Acad Sci USA. — 2015. — № 112 (11). — P. 3241–3246. — DOI: 10.1073/pnas.1421533112.
25. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability // IPCC. — 2022. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (accessed: 01.07.2024).
26. Prosser M.C. Evidence for large increases in clear-air turbulence over the past four decades / M.C. Prosser, P.D. Williams, G.J. Marlton [et al.] // Geophysical Research Letters. — 2023. — № 50. — Art. e2023GL103814. — DOI: 10.1029/2023GL103814.
27. Porfirev B.N. Ekonomicheskaya otsenka lyudskikh poter v rezultate chrezvichainikh situatsii [Economic Assessment of Human Losses Resulting from Emergencies] / B.N. Porfirev // Voprosi ekonomiki [Issues of Economy]. — 2013. — № 1. — P. 48–68. — DOI: 10.32609/0042-8736-2013-1-48-68. [in Russian]
28. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability // IPCC. — 2022. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (accessed: 01.07.2024).
29. Romanello M. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms / M. Romanello, C.D. Napoli, C. Green [et al.] // The Lancet. — 2023. — № 402 (10419). — P. 2346–2394. — DOI: 10.1016/S0140-6736(23)01859-7.
30. Ryan S.J. Warming temperatures could expose more than 1.3 billion new people to Zika virus risk by 2050 / S.J. Ryan [et al.] // Global Change Biology. — 2021. — Vol. 27. — № 1. — P. 84–93.
31. Majeed Sh. Climate Change: A Major Factor in the Spread of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and Its Associated Dengue Virus / Sh. Majeed, W. Akram, M. Sufyan [et al.]. // INSECTS. — 2025. — Vol. 16. — № 5. — DOI: 10.3390/insects16050513.
32. Rohani A. The effect of extrinsic incubation temperature on development of dengue serotype 2 and 4 viruses in *Aedes aegypti* (L.) / A. Rohani, Y.C. Wong, I. Zamre [et al.] // Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. — 2009. — Vol. 40. — № 5. — P. 942–950.
33. Carlson C.J. Climate change increases the risk of cross-species viral transmission / C.J. Carlson, G.F. Albery, C. Merow [et al.] // Nature. — 2022. — Vol. 607. — P. 555–562. — DOI: 10.1038/s41586-022-04788-w.
34. Beard C.B. Chapter 5: Vector-Borne Diseases / C.B. Beard, R.J. Eisen, C.M. Barker [et al.]; edited by A. Crimmins, J. Balbus, J.L. Gamble [et al.] // The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. — Washington DC, 2016. — 312 p. — DOI: 10.7930/J0R49NQX.
35. Mora C. Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change / C. Mora, T. McKenzie, T. Gaw [et al.] // Nature Climate Change. — 2022. — № 12. — P. 869–875. — DOI: 10.1038/s41558-022-01426-1.
36. Benedict K. Emerging issues, challenges, and changing epidemiology of fungal disease outbreaks / K. Benedict, M. Richardson, S. Vallabhaneni [et al.] // Lancet Infectious Diseases. — 2017. — № 17 (12). — P. e403–e411. — DOI: 10.1016/S1473-3099(17)30443-7.
37. Neblett Fanfair R. Necrotizing cutaneous mucormycosis after a tornado in Joplin, Missouri, in 2011 / R. Fanfair Neblett, K. Benedict, J. Bos [et al.] // The New England Journal of Medicine. — 2012. — № 367 (23). — P. 2214–2225. — DOI: 10.1056/NEJMoa1204781.



38. Garcia-Solache M.A. Global warming will bring new fungal diseases for mammals / M.A. Garcia-Solanche, A. Casadevall // *mBio*. — 2010. — № 1 (1). — Art. e00061-10. — DOI: 10.1128/mBio.00061-10.
39. Dragone N.B. Genetic analysis of the frozen microbiome at 7900 m a.s.l., on the South Col of Sagarmatha (Mount Everest) / N.B. Dragone, L.B. Perry, A.J. Solon [et al.] // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. — 2023. — № 55 (1). — DOI: 10.1080/15230430.2023.2164999.
40. Daszak P. Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services / P. Daszak, C. das Neves, J. Amuasi [et al.] // *Zenodo*. — Bonn, 2020. — DOI: 10.5281/zenodo.4147317.
41. Allen T. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases / T. Allen, K.A. Murray, C. Zambrana-Torreilo [et al.] // *Nature Communications*. — 2017. — № 8. — DOI: 10.1038/s41467-017-00923-8.
42. Ziska L.H. Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis / L.H. Ziska, L. Makra, S.K. Harry [et al.] // *The Lancet Planetary Health*. — 2019. — Vol. 3. — № 3. — P. e124–e131.
43. Vohra K. Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem / K. Vohra, A. Vodonos, J. Schwartz [et al.] // *Environmental research*. — 2021. — Vol. 195. — DOI: 10.1016/j.envres.2021.110754.
44. Revich B.A. Volni zhari, kachestvo atmosfernogo vozdukhа i smertnost naseleniya yevropeiskoi chasti Rossii letom 2010 goda: rezultati predvaritelnoi otsenki [Heat-wave, AIR quality and mortality in european russia in summer 2010: preliminary assessment] / B.A. Revich // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. — 2011. — № 7. — P. 3–9. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/volny-zhary-kachestvo-atmosfernogo-vozduha-i-smertnost-naseleniya-evropeyskoy-chasti-rossii-letom-2010-goda-rezultaty-predvaritelnoy> (accessed: 10.08.2025). [in Russian]
45. Revich B.A. Volni zhari v megapolisakh i porogi ikh vozdeystviya na smertnost naseleniya [Heat waves in megacities and thresholds of their impact on population mortality] / B.A. Revich // *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]*. — 2017. — Vol. 96. — № 11. — С. 1073–1078. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/volny-zhary-v-megapolisah-i-porogi-ih-vozdeystviya-na-smertnost-naseleniya> (accessed: 10.08.2025). [in Russian]
46. Revich B.A. Osobennosti vozdeystviya voln kholoda i zhari na smertnost v gorodakh s rezko-kontinentalnim klimatom [Influence features of cold and heat waves to the population mortality – the city with sharply continental climate] / B.A. Revich, D.A. Shaposhnikov // *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie [Siberian Medical Review]*. — 2017. — № 2 (104). — P. 84–90. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-vozdeystviya-voln-holoda-i-zhary-na-smertnost-v-gorodah-s-rezko-kontinentalnym-klimatom> (accessed: 10.08.2025). [in Russian]
47. Revich B.A. Vozdeystvie visokikh temperatur atmosfernogo vozdukhа na zdorove naseleniya v Tveri [Impact of high atmospheric air temperatures on the health of the population in Tver] / B.A. Revich, D.A. Shaposhnikov, V.T. Galkin [et al.] // *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]*. — 2005. — № 2. — P. 22–26. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-vysokih-temperatur-atmosfernogo-vozduha-na-zdorovie-naseleniya-v-tveri> (accessed: 10.08.2025). [in Russian]
48. Ageev F.T. Zhara i serdechno-sosudistaya sistema [Heat and cardiovascular system] / F.T. Ageev, M.D. Smirnova, O.V. Rodnenkov. — Moscow : Praktika, 2015. — 256 p. [in Russian]
49. Revich B.A. Visokie temperaturi vozdukhа i psikhicheskoe zdorove: riski, metodi i rezultati [High air temperatures and mental health: risks, methods and results] / B.A. Revich, D.A. Shaposhnikov // *Analiz riska zdoroviyu [Health Risk Analysis]*. — 2025. — № 1. — P. 159–170. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokie-temperatury-vozduha-i-psikhicheskoe-zdorovie-riski-metody-i-rezultaty> (accessed: 10.08.2025). [in Russian]
50. Boitsov S.A. Vliyanie ekologicheskikh faktorov na smertnost naseleniya g. Moskvi; vozmozhnosti otsenki riskov i prognozirovaniya [Influence of environmental factors on mortality of the population of Moscow; possibilities for risk assessment and forecasting] / S.A. Boitsov, M.M. Lukyanov, A.D. Deev [et al.] // *RKZh [Russian Journal of Cardiology]*. — 2016. — № 6 (134). — P. 34–40. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekologicheskikh-faktorov-na-smertnost-naseleniya-g-moskvy-vozmozhnosti-otsenki-riskov-i-prognozirovaniya> (accessed: 10.08.2025). [in Russian]
51. Parker E.R. The influence of climate change on skin cancer incidence — A review of the evidence / E.R. Parker // *International Journal of Women’s Dermatology*. — 2020. — № 7 (1). — P. 17–27. — DOI: 10.1016/j.ijwd.2020.07.003.
52. World Cancer Report: Cancer research for cancer prevention / edited by C.P. Wild, E. Weiderpass, B.W. Stewart. — Lyon : International Agency for Research on Cancer, 2020. — 612 p.