

Амлаев К. Р.¹, Дахкильгова Х. Т.², Атоева М. А.¹, Баратова М. С.¹

ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ДЛЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

¹Бухарский государственный медицинский институт имени Абу Али ибн Сино Министерства здравоохранения Узбекистана, 200126, г. Бухара, Узбекистан;

²ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, 355017, г. Ставрополь

В статье рассмотрено влияние климатических изменений на распространенность неинфекционных и инфекционных заболеваний. Действие экстремальных температур, засухи, наводнений и штормов увеличивает заболеваемость и смертность и вызывает продовольственные проблемы, которые приводят к распространению голода и загрязнению продуктов питания грибковыми токсинами. Кроме того, климатические изменения приводят к распространению заболеваний, переносимых членистоногими, а также стимулируют ускоренное развитие антибиотикорезистентности микроорганизмов. Несмотря на то что изменения климата могут повлечь за собой ряд преимуществ, их положительный эффект сводится на нет долгосрочными последствиями негативных исходов.

Ключевые слова: климатические изменения; состояние здоровья населения; экстремальные температуры; вред для здоровья.

Для цитирования: Амлаев К. Р., Дахкильгова Х. Т., Атоева М. А., Баратова М. С. Последствия изменения климата для жизни и здоровья населения. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2025;33(1):11—17. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2025-33-1-11-17>

Для корреспонденции: Амлаев Карэн Робертович, д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры превентивной медицины, общественного здоровья и менеджмента здравоохранения Бухарского государственного медицинского института, e-mail: amlaev.karen@bsmi.uz

Amlaev K. R.¹, Dakhkilgova H. T.², Atoeva M. A.¹, Baratova M. S.¹

THE AFTERMATH OF CLIMATE CHANGES FOR LIFE AND HEALTH OF POPULATION

¹The Bukhara Abu Ali Ibn Sino State Medical University of the Health Care Ministry of Uzbekistan, 200126, Bukhara, the Republic of Uzbekistan;

²The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “The Stavropol State Medical University” of Minzdrav of Russia, 355017, Stavropol, Russia

The article considers effects of climate changes on prevalence of non-communicable and infectious diseases. The impact of extreme temperatures, droughts, floods and storms increases morbidity and mortality and causes food problems resulting in spread of famine and contamination of food with fungal toxins. Besides, climatic changes lead to spreading of arthropod-borne diseases and stimulate accelerated development of antibiotic resistance of microorganisms. In spite of the fact that climate changes may entail number of advantages their positive effect is negated by long-term consequences of negative outcomes.

Keywords: climate change; public health; extreme temperatures; health harm.

For citation: Amlaev K. R., Dakhkilgova H. T., Atoeva M. A., Baratova M. S. The aftermath of climate changes for life and health of population. *Problemi socialnoi gigieni, zdravookhraneniya i istorii meditsini*. 2025;33(1):11–17 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2025-33-1-11-17>

For correspondence: Amlaev K. R., doctor of medical sciences, professor, professor of the Chair of Preventive Medicine, Public Health and Health Care Management of the Bukhara Abu Ali Ibn Sino State Medical University of the Health Care Ministry of Uzbekistan. e-mail: amlaev.karen@bsmi.uz

Conflict of interests. The authors declare absence of conflict of interests.

Acknowledgment. The study had no sponsor support.

Received 08.04.2024

Accepted 31.10.2024

Введение

Изменение климата представляет собой экзистенциальную проблему для человечества [1]. С начала промышленной революции концентрации углекислого газа (CO₂), метана (CH₄) и закиси азота (N₂O) в атмосфере увеличились на 47; 156 и 23% соответственно [2]. Последние 30 лет сопровождалось беспрецедентным выбросом парниковых газов, что повлекло за собой выраженное повышение температуры воздуха [3]. Потепление атмосферы и океана за последние десятилетия повлияло на климатическую систему Земли и нарушило природное равновесие. Это привело к более частым экстремальным температурным явлениям, засухам и наводнениям [4].

Изменения климата рассматриваются как крупнейшая глобальная проблема здравоохранения XXI в., они являются причиной 400 тыс. дополнительных смертей в год и к 2030 г. будут способствовать 700 тыс. ежегодных смертей и финансовым потерям в размере 2—4 млрд долларов США в год [5—7]. Экстремальные погодные условия, вспышки инфекционных заболеваний могут повлиять на цепочки поставок медицинских препаратов и нарушить нормальную работу системы здравоохранения. Последствия изменений климата для здоровья носят глобальный и разнообразный характер и варьируют от преждевременной смертности в результате стихийных бедствий до инфекционных заболеваний, вызванных ухудшением гигиены и чрезмерным распространением патогенных микроорганизмов [8].

Все население, проживающее в странах с низким и высоким уровнем дохода, находится под угрозой изменения климата независимо от возраста и социально-экономического статуса. Однако негативное воздействие изменений климата на развивающиеся страны с ограниченными ресурсами и слабыми системами здравоохранения будет более очевидным [9].

Цель исследования — изучить научную литературу по изменениям климата и их влиянию на здоровье человека.

Материалы и методы

Для изучения воздействия климатических трансформаций на человеческий организм в российской научной электронной библиотеке e-Library.ru и международной базе данных биомедицинских исследований PubMed проведен поиск научных публикаций, вышедших в 2019—2024 гг., по ключевым словам «изменения климата», «климат и здоровье», «климат и здравоохранение». В соответствии с запросом было найдено 542 обзорных публикации. В результате их изучения было отобрано 48 полных статей, релевантных цели исследования. Далее был проведен детальный контент-анализ выбранных публикаций.

Результаты исследования

Негативное влияние климатических изменений на организм человека

Действие экстремальных температур. 5 083 173 случая смерти в год в период с 2000 по 2019 г. были связаны с воздействием экстремальных температур. Ожидается, что повышенная смертность, связанная с температурным фактором, будет расти до 2050-х годов [2, 10]. Помимо повышенной смертности изменение температуры может вызвать целый ряд заболеваний. Так, воздействие экстремально высоких температур связано с более высокой вероятностью посещения отделений неотложной помощи и госпитализации в связи с заболеваниями сердечно-сосудистой, дыхательной и метаболической систем [11]. Участвовавшие случаи депрессии, тревоги и самоубийств в жаркие дни свидетельствуют о том, что экстремально высокая температура может спровоцировать поведенческие и психические расстройства [12]. Периоды сильной жары и более высокие средние температуры повышают риск акушерских осложнений, преждевременных родов и мертворождений [13].

Изменение климата влияет на динамику распространения трансмиссивных, водных, пищевых, передаваемых грызунами и воздушно-капельным путем инфекционных заболеваний [6]. Кроме того, оно может усугубить устойчивость к противомикробным препаратам. Увеличение температуры окружающей среды на 10 °C приводит к повышению антибиотикорезистентности кишечной палочки на 4,2%, золотистого стафилококка — на 2,7%, *Klebsiella pneumoniae* — на 2,2% [14].

Предполагается, что эпидемиология и география многих инфекционных заболеваний меняются из-за изменчивости климата [14]. Так, изменение климата станет важным фактором распространения вируса Ласса в Западной Африке [15]. Изменение климата и повышение глобальных температур связывают с увеличением вероятности возникновения лихорадки Рифт-Валли, холеры и малярии [16]. Ожидаемое быстрое распространение инфекционных заболеваний в связи с изменением климата при наличии устойчивости к противомикробным препаратам может привести к значительному росту смертности во всем мире [14—16]. В условиях глобального потепления выживаемость и распространение патогенов и переносчиков могут возрасти, что приведет к увеличению числа эпидемий трансмиссивных заболеваний, передаваемых в основном членистоногими [17]. Продолжительный теплый сезон продлевает период эпидемии и расширяет ареал ее распространения. Более высокая температура способствует откладке яиц и сокращает время инкубации переносчиков. Влажность также связана с передачей болезней, поскольку влияет на продолжительность жизни переносчиков [2].

Фактические данные показали, что экстремально низкие температуры повышают частоту сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, усиливают опасность переохлаждения и дорожно-транспортных происшествий [18]. Население, живущее в холодных районах, может быть более восприимчивым к высоким температурам, чем проживающее в жарких районах, из-за отсутствия долгосрочной адаптации и меньшей осведомленности о последствиях экстремальной жары.

Засуха. С 1900 г. в мире было зарегистрировано 770 случаев сильной засухи, вызвавшей 38 млн смертей [19]. Засухи связаны с чрезвычайно низким количеством осадков, высокой испаряемостью и высокой температурой, что может еще больше увеличить риск пыльных бурь, нехватки воды, лесных пожаров, нехватки продовольствия и других событий, связанных со здоровьем. Пыльные бури, например, могут влиять на здоровье человека, перенося с собой твердые частицы, антропогенные загрязнители (диоксины, пестициды и радиоактивные изотопы) и биоматериалы [20]. Ущерб от пыльных бурь может варьировать в зависимости от географического положения. Так, исследователи обнаружили, что вдыхание загрязненных частиц может способствовать развитию долистной лихорадки в Америке, менингита в Западной Африке, кори в Западной Европе и в Китае и конъюнктивита в Азии [14—16].

Во всем мире 4 млрд человек ежегодно испытывают острую нехватку воды по крайней мере в течение одного месяца [21]. Засухи могут усугубить проблему нехватки воды и отсутствия безопасности в водоснабжении, увеличивая риск диарейного синдрома. В некоторых регионах снижение количества осадков на каждые 10 мм связано с увеличением заболеваемости диареей на 4%, в то время как повы-

Здоровье и общество

шение температуры на 1 °С приводит к увеличению смертности от диареи на 3—11% [22]. Как и другие стихийные бедствия, засухи могут спровоцировать конфликты и миграцию населения из-за ухудшения состояния окружающей среды и нехватки основных ресурсов [23]. В дополнение к засухе высокая температура и малое количество осадков могут увеличить риск возникновения лесных пожаров, продлевая пожароопасный сезон в некоторых районах. Непосредственные последствия лесных пожаров для здоровья включают ожоги, травмы, последствия для психического здоровья и преждевременную смерть [24]. Удушье газом и пылью из-за лесных пожаров ежегодно приводит к 339 тыс. дополнительных смертей, что намного превышает число случаев, непосредственно вызванных лесными пожарами [24]. Дым от лесных пожаров также содержит токсичные компоненты — твердые частицы и оксиды азота. Исследования показали устойчивую связь между уровнем твердых частиц в воздухе и рисками смерти и госпитализации от всех причин, включая сердечно-сосудистые и респираторные [25]. Некоторые компоненты (свободные радикалы и бензол) являются токсичными и приводят к поражениям и даже злокачественным новообразованиям пищеварительной, кроветворной и репродуктивной систем [25].

Наводнения и штормы. Наводнения обычно вызываются сильными ливнями, штормами и повышением уровня моря. Наводнения и штормы являются наиболее распространенными и разрушительными стихийными бедствиями во всем мире [26]. В период 1900—2015 гг. было зарегистрировано более 4500 наводнений, в результате которых почти 90 млн человек остались без крова и 7 млн погибли [27]. Эти бедствия приводят к большому количеству травм и утоплений, кроме того, угроза здоровью сохраняется и после наводнения. Исследования показали повышенный краткосрочный и долгосрочный риск смертности и обострений неинфекционных заболеваний среди населения, пострадавшего от наводнения в первый год [28]. Загрязнители, оседающие в речных отложениях и сточных водах, могут быть смыты в результате наводнения. Переполнение канализационных коллекторов может привести к загрязнению питьевой воды, сельскохозяйственных почв и водопровода химикатами, фармацевтическими ингредиентами и патогенами. Сильные дожди и отступающие паводковые воды являются факторами, способствующими размножению переносчиков болезней (малярии, лихорадки денге, желтой лихорадки и лихорадки Западного Нила) [29]. Кроме того, была документирована связь между наводнениями и психическими расстройствами, например посттравматическими стрессовыми расстройствами (ПТСР), депрессией и тревожным расстройством. По некоторым оценкам, частота психических расстройств может варьировать от 8,6 до 53% в первые 2 года после наводнения [13]. Психические и физические расстройства, вызванные наводнениями, влияют на здоровье мате-

рей и потомства, приводя к преждевременным родам и синдрому задержки внутриутробного развития плода [13, 30].

Штормы, ураганы и тропические бури также могут существенно повлиять на окружающую среду и здоровье человека. По оценкам ряда исследований, с начала XX в. тропические циклоны стали причиной смерти около 1,33 млн человек, при этом пострадали более 629 млн человек [31]. В дополнение к мгновенным травмам, непосредственно вызванным штормами, исследования продемонстрировали повышенный краткосрочный риск госпитализации из-за респираторных, инфекционных и паразитарных заболеваний, а также преждевременных родов [13, 31, 32].

Загрязнение воздуха. Влияние краткосрочного и долгосрочного воздействия загрязнения воздуха на сердечно-сосудистую смертность и заболеваемость было установлено в контролируемых исследованиях воздействия на человека, а также в эпидемиологических и токсикологических исследованиях на животных [33]. Крупные когортные исследования показали, что воздействие загрязнения воздуха вызывает замедление роста легких у детей, снижение функции легких у взрослых, хронический обструктивный бронхит, бронхиальную астму и опухолевые поражения легких [34, 35]. Кроме того, накоплены факты, свидетельствующие о том, что воздействие загрязнения воздуха может увеличить смертность и риск развития эндокринных заболеваний, нарушений обмена веществ, заболеваний нервной и репродуктивной систем, рака [34, 36].

Аллергены. Климатические изменения приводят к усилению тяжести аллергических заболеваний. Воздушные поллютанты (оксиды азота, другие летучие соединения, пыльца растений) вызывают обострение аллергопатологии и усиление катаральных симптомов у пациентов. Окислители, вырабатываемые загрязняющими веществами в клетках ресничного эпителия, вызывают провоспалительную реакцию, эпителиальный некроз и формирование гиперреактивности бронхов. Раннее воздействие загрязнителей воздуха на детей связано с повышением риска развития у них астмы на 17% и экземы на 7%. Особенно четко в последние годы данная тенденция прослеживается в индустриально развитых странах [3, 37].

Трансформация климата привела к продлению пыльцевого сезона и увеличению концентрации пыльцы в воздухе [38]. Более раннее наступление теплых весенних дней и запоздалое наступление холодов продлевает период цветения. В Северной Америке повышение температуры и концентрации углекислого газа привело к тому, что сезон распространения аллергенной пыльцы начался на 20 дней раньше и продлился на 8 дней дольше, что сопровождалось увеличением годовой концентрации пыльцы на 21% в период 1990—2018 гг. [39].

Продовольственные проблемы. Стихийные бедствия, связанные с экстремальными погодными условиями, приводят к снижению урожай-

ности основных сельскохозяйственных культур [40]. Кроме того, высокая влажность и температура могут способствовать размножению вредителей и сорняков, угрожая производству продуктов питания и вызывая голод в некоторых регионах. Аналогичным образом высокая влажность в помещениях приводит к загрязнению пищевых продуктов афлатоксинами и другими токсинами грибов и плесени [41]. К 2050 г. изменение климата сократит на 3,2% общемировую доступность продовольствия на душу населения, что приведет к дополнительным 529 тыс. смертей во всем мире из-за изменений в рационе питания и факторам, связанным с массой тела [42]. Снижение урожайности продуктов питания приводит к увеличению использования удобрений, гербицидов и пестицидов, что еще больше загрязняет почву и воду. И последнее, но не менее важное: глобальная продовольственная система генерирует выбросы парниковых газов из множества источников, в среднем выделив 16 млрд тонн эквивалента CO₂ в год за период с 2012 по 2017 г. [43].

Рыбные продукты обеспечивают 17% потребления животного белка и 7% всех белков в мире [44]. Трансформация климата воздействует на экологию производства и биоразнообразие водных систем, что ведет к снижению улова, а также к изменению видового состава рыбных уловов и их географического распределения. Эти изменения также влияют на социально-экономическое положение сектора рыболовства во многих частях мира. Исследования показали, что улов рыбы может увеличиться в некоторых регионах средних и высоких широт, но снизиться в тропических районах из-за глобального потепления [45]. Высокая температура поверхности моря является важнейшей экологической переменной, влияющей на распределение, размножение, токсичность и продолжительность вредного цветения водорослей вдоль определенных береговых линий. Паралитические токсины моллюсков, выделяемые на фоне цветения водорослей, могут вызывать смертельный паралич мышц и рвоту [46]. Кроме того, высокая температура поверхности моря, вероятно, ускорит распространение переносимых через воду патогенных микроорганизмов, таких как холерный, вульнификус- и парагемолитикус-вибрионы. Употребление зараженных морепродуктов может привести к инфекциям, включая диарею, сепсис и даже смерть. Помимо морского рыболовства, изменение климата может также привести к изменению экосистем внутренних озер и, следовательно, повлиять на пресноводное рыболовство [47].

Преимущества трансформации климата для организма человека

Несмотря на то что изменение климата связано с целым рядом неблагоприятных последствий для здоровья, определенные климатические изменения могут давать позитивный эффект [48]. При том что дожди и наводнения могут спровоцировать вспышки трансмиссивных заболеваний в тропических и субтропических регионах, сильные ливни могут

уменьшить количество случаев заболеваний за счет разрушения мест обитания переносчиков и их яиц. Аналогичным образом в некоторых засушливых и низкоширотных регионах, по прогнозам, выпадет меньше осадков из-за изменения климата, что может привести к снижению плотности обитания насекомых и уменьшению распространения трансмиссивных заболеваний. Изменение климата также, вероятно, приведет к снижению распространенности заболеваний и смертности, связанных с низкими температурами, в некоторых странах и регионах [49]. Так, с повышением температуры производительность труда в странах с низкими базовыми температурами может возрасти, что сократит потери рабочей силы, связанные с холодом [49]. В некоторых странах может быть меньше случаев смерти, связанных с экстремально низкой температурой окружающей среды [49]. Однако остается неясным, может ли снижение смертности от холода компенсировать рост смертности от жары в определенных районах. Более того, положительные последствия изменения климата существенно различаются в зависимости от географического положения и, как правило, носят краткосрочный характер, который может быть быстро сведен на нет негативными последствиями [50].

Повышение температуры ускоряет таяние ледников, тем самым обеспечивая население, живущее в ледниковых водосборных бассейнах, большим количеством питьевой воды и воды для сельскохозяйственных нужд [49]. Более продолжительные теплые дни увеличивают продолжительность периода роста растений, в то время как более высокая концентрация CO₂ в атмосфере увеличивает фотосинтез, обеспечивая дополнительные источники углерода. Усиление озеленения может также принести пользу здоровью человека, поскольку более высокая озелененность окружающей среды связана с более низким риском многих заболеваний, связанных со старением [51]. Для сектора морского рыболовства изменение климата может привести к расширению ареала обитания некоторых рыб и увеличению их поголовья [45].

Обсуждение

Изменения климата влияют на жизнедеятельность человечества за счет действия многих факторов. К ним относятся действие экстремальных температур, наводнения и штормы, засуха, загрязнение воздуха и др.

Они способствуют распространению неинфекционных, и инфекционных, в том числе трансмиссивных, болезней, антибиотикорезистентности, увеличивают частоту стрессовых расстройств. Продовольственные проблемы, вызванные изменениями климата, влияют на усиление миграционных процессов и обострение социальных конфликтов.

Изменения климата могут позитивно влиять на здоровье человека, однако оно носит чаще всего краткосрочный характер и нивелируется более выраженным негативным влиянием.

Заключение

По данным Всемирной организации здравоохранения, изменение климата является самой серьезной угрозой для здоровья, с которой сталкивается человечество [52]. По мере того как последствия изменения климата становятся все более масштабными и значительными, становятся ясными их негативное влияние на здоровье популяции и необходимость эффективного решения данной проблемы. Необходимо разрабатывать и реализовывать программы по уменьшению выраженности последствий изменений климата, в том числе посредством увеличения осознания проблемы обществом.

Исследование не имело спонсорской поддержки.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Rahimi-Ardabili H., Magrabi F., Coiera E. Digital health for climate change mitigation and response: a scoping review. *J. Am. Med. Assoc.* 2022;29(12):2140—52. doi: 10.1093/jama/ocac134
- Zhao Q., Yu P., Mahendran R. Global climate change and human health: Pathways and possible solutions. *Eco Environ. Health.* 2022;1(2):53—62. Published 2022 May 7. doi: 10.1016/j.eehl.2022.04.004
- Allen M., Antwi-Agyei P., Aragon-Durand F. Technical Summary: Global Warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in The Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change; 2019.
- Pörtner H.-O., Roberts D. C., Poloczanska E. S., Mintenbeck K., Tignor M., Alegría A., Craig M., Langsdorf S., Lösschke S., Möller V. Cambridge University Press/UNEP; 2022. Summary for Policymakers. Climate Change 2022-Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press/UNEP; 2022.
- Vicedo-Cabrera A. M., Scovronick N., Sera F., Royé D., Schneider R., Tobias A., Astrom C., Guo Y., Honda Y., Hondula D. M. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nat. Clim. Change.* 2021;11:492—500. doi: 10.1038/s41558-021-01058-x
- Sweilch W. M. Bibliometric analysis of peer-reviewed literature on climate change and human health with an emphasis on infectious diseases. *Global Health.* 2020;16(1):44. Published 2020 May 8. doi: 10.1186/s12992-020-00576-1
- (WHO) WHO: Climate change and health. Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- Lemery J., Knowlton K., Sorensen C. Global Climate Change and Human Health: From Science to Practice. John Wiley & Sons; 2021.
- Le T. D. N. Climate change adaptation in coastal cities of developing countries: characterizing types of vulnerability and adaptation options. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* 2020;25:739—61. doi: 10.1007/s11027-019-09888-z
- Zhao Q., Guo Y., Ye T., Gasparrini A., Tong S., Overcenco A., Urban A., Schneider A., Entezari A., Vicedo-Cabrera A. M. Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study. *Lancet Planet. Health.* 2021;5:e415-e425. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00081-4
- Wu Y., Xu R., Wen B., Coelho M., Saldiva P. H., Li S., Guo Y. Temperature variability and asthma hospitalisation in Brazil, 2000-2015: a nationwide case-crossover study. *Thorax.* 2021;76:962—9. doi: 10.1136/thoraxjnl-2020-216549
- Khan A. M., Finlay J. M., Clarke P., Sol K., Melendez R., Judd S., Gronlund C. J. Association between temperature exposure and cognition: a cross-sectional analysis of 20, 687 aging adults in the United States. *BMC Publ. Health.* 2021;21:1484. doi: 10.1186/s12889-021-11533-x
- Vergunst F., Berry H. L. Climate Change and Children's Mental Health: A Developmental Perspective. *Clin. Psychol. Sci.* 2022;10(4):767—85. doi: 10.1177/21677026211040787
- Casadevall A. Climate change brings the specter of new infectious diseases. *J. Clin. Invest.* 2020;130(2):553—5. doi: 10.1172/JCI135003
- Pu J., Wang Z., Chung H. Climate change and the genetics of insecticide resistance. *Pest. Manag. Sci.* 2019;76(3):846—52.
- Cole J., Desphande J. Poultry farming, climate change, and drivers of antimicrobial resistance in India. *Lancet Planet Health.* 2019;3(12):e494—5. doi: 10.1016/S2542-5196(19)30236-0
- Rocklöv J., Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat. Immunol.* 2020;21:479—83. doi: 10.1038/s41590-020-0648-y
- Lee H., Myung W., Kim H., Lee E. M., Kim H. Association between ambient temperature and injury by intentions and mechanisms: a case-crossover design with a distributed lag nonlinear model. *Sci. Total Environ.* 2020;746:141261. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141261
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters EM-DAT: The CRED/OFDA international disaster database. Режим доступа: <https://public.emdat.be/>
- Fussell J. C., Kelly F. J. Mechanisms underlying the health effects of desert sand dust. *Environ. Int.* 2021;157:106790. doi: 10.1016/j.envint.2021.106790
- UNICEF Water Scarcity: Key Facts. 2020—2021. Режим доступа: <https://www.unicef.org/wash/water-scarcity>
- Hermans K., Garbe L. Droughts, livelihoods, and human migration in northern Ethiopia. *Reg. Environ. Change.* 2019;19:1101—11. doi: 10.1007/s10113-019-01473-z
- Adaawen S., Rademacher-Schulz C., Schraven B., Segadlo N. In: Drought Challenges. Mapedza E., Tsegai D., Bruntrup M., McLeman R., editors. Drought, migration, and conflict in sub-Saharan Africa: what are the links and policy options? Amsterdam: Elsevier; 2019. P. 15—31.
- Xu R., Yu P., Abramson M. J., Johnston F. H., Samet J. M., Bell M. L., Haines A., Ebi K. L., Li S., Guo Y. Wildfires, global climate change, and human health. *N. Engl. J. Med.* 2020;383:2173—81. doi: 10.1056/NEJMs2028985
- Chen G., Guo Y., Yue X., Tong S., Gasparrini A., Bell M. L., Armstrong B., Schwartz J., Jaakkola J. K., Zanobetti A. Mortality risk attributable to wildfire-related PM_{2.5} pollution: a global time series study in 749 locations. *Lancet Planet. Health.* 2021;5:e579—87. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00200-X
- Rentschler J., Salhab M. People in Harm's Way: Flood Exposure and Poverty in 189 Countries. The World Bank; 2020.
- Sari Kovats S. H., Lloyd S. Introduction and Key Findings [in "Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s"]. World Health Organization; 2014. P. 3—16.
- Paterson D. L., Wright H., Harris P. N. A. Health risks of flood disasters. *Clin. Infect. Dis.* 2018;67:1450—4. doi: 10.1093/cid/ciy227
- Tiu L. A., Wahid W. E., Andriani W. Y., Mirnawati, Tosepu R. Literature review: impact of temperature and rainfall on incident malaria. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2021;755. doi: 10.1088/1755-1315/755/1/012084
- Desai Z., Zhang Y. Climate Change and Women's Health: A Scoping Review. *Geohealth.* 2021;5(9):e2021GH000386. Published 2021 Sep 1. doi: 10.1029/2021GH000386
- Konkel L. Tropical cyclone exposures and health: a new data set to assess associations over time. *Environ. Health Perspect.* 2020;128:124001. doi: 10.1289/EHP8653
- Parks R. M., Anderson G. B., Nethery R. C., Navas-Acien A., Dominici F., Kioumourtzoglou M. A. Tropical cyclone exposure is associated with increased hospitalization rates in older adults. *Nat. Commun.* 2021;12:1545. doi: 10.1038/s41467-021-21777-1
- EPA US. Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, Dec 2019). U. S. Environmental Protection Agency; 2019.
- Bettiol A., Gelain E., Milanesio E., Asta F., Rusconi F. The first 1000 days of life: traffic-related air pollution and development of wheezing and asthma in childhood. A systematic review of birth cohort studies. *Environ. Health.* 2021;20:46. doi: 10.1186/s12940-021-00728-9
- Liu S., Jørgensen J. T., Ljungman P., Pershagen G., Bellander T., Leander K., Magnusson P. K. E., Rizzuto D., Hvidtfeldt U. A., Raaschou-Nielsen O. Long-term exposure to low-level air pollution and incidence of asthma: the ELAPSE project. *Eur. Respir. J.* 2021;57:2003099. doi: 10.1183/13993003.03099-2020

36. Yu P, Guo S, Xu R, Ye T, Li S, Sim M. R., Abramson M. J., Guo Y. Cohort studies of long-term exposure to outdoor particulate matter and risks of cancer: a systematic review and meta-analysis. *Innovation (NY)* 2021;2:100143. doi: 10.1016/j.xinn.2021.100143
37. To T, Zhu J, Stieb D, Gray N, Fong I, Pinault L, Jerrett M, Robichaud A., Ménard R., van Donkelaar A. Early life exposure to air pollution and incidence of childhood asthma, allergic rhinitis and eczema. *Eur. Respir. J.* 2019;55:1900913. doi: 10.1183/13993003.00913-2019
38. Ray C., Ming X. Climate Change and Human Health: A Review of Allergies, Autoimmunity and the Microbiome. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020;17(13):4814. Published 2020 Jul 4. doi: 10.3390/ijerph17134814
39. Anderson W. R. L., Abatzoglou J. T., Anderegg L. D. L., Bielory L., Kinney P. L., Ziska L. Anthropogenic climate change is worsening North American pollen seasons. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2021;118. doi: 10.1073/pnas.2013284118
40. Wang J., Vanga S., Saxena R., Orsat V., Raghavan V. Effect of climate change on the yield of cereal crops: a review. *Climate.* 2018;6:41. doi: 10.3390/cli6020041
41. Obi C. M., Enweani-Nwokelo I. B., Oshim I. O., Okeke M. U. Assessment of Fungal Concentrations Associated with Relative Humidity and Temperature Variations in the Indoor Environment. *International. J. Tropical Dis. Health.* 2021;30—4. doi: 10.9734/ijtdh/2021/v42i11730530
42. Springmann M., Mason-D'croz D., Robinson S., Garnett T., Godfray H. C. J., Gollin D., Rayner M., Ballon P., Scarborough P. Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study. *Lancet.* 2016;387:1937—46. doi: 10.1016/S0140-6736(15)01156-3
43. Clark M. A., Domingo N. G. G., Colgan K., Thakrar S. K., Tilman D., Lynch J., Azevedo I. L., Hill J. D. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science.* 2020;370:705—8. doi: 10.1126/science.aba7357
44. Nations FaOoU. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 — Sustainability in Action. Rome; 2020.
45. Muringai R. T., Mafongoya P. L., Lottering R. Climate change and variability impacts on sub-Saharan African fisheries: a review. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 2021;29:706—20. doi: 10.1080/23308249.2020.1867057
46. Xiao X., Agustí S., Pan Y., Yu Y., Li K., Wu J., Duarte C. M. Warming amplifies the frequency of harmful algal blooms with eutrophication in Chinese coastal waters. *Environ. Sci. Technol.* 2019;53:13031—41. doi: 10.1021/acs.est.9b03726
47. Kraemer B. M., Pilla R. M., Woolway R. I., Anneville O., Ban S., Colom-Montero W., Devlin S. P., Dokulil M. T., Gaiser E. E., Hambright K. D. Climate change drives widespread shifts in lake thermal habitat. *Nat. Clim. Change.* 2021;11:521—9. doi: 10.1038/s41558-021-01060-3
48. Barbarossa V., Bosmans J., Wanders N., King H., Bierkens M. F. P., Huijbregts M. A. J., Schipper A. M. Threats of global warming to the world's freshwater fishes. *Nat. Commun.* 2021;12:1701. doi: 10.1038/s41467-021-21655-w
49. Day E., Fankhauser S., Kingsmill N., Costa H., Mavrogianni A. Upholding labour productivity under climate change: an assessment of adaptation options. *Clim. Pol.* 2019;19:367—85. doi: 10.1080/14693062.2018.1517640
50. Watts N., Amann M., Arnell N., Ayeb-Karlsson S., Belesova K., Boykoff M., Byass P., Cai W., Campbell-Lendrum D., Capstick S. The 2019 report of the Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *Lancet.* 2019;394:1836—78. doi: 10.1016/S0140-6736(19)32596-6
51. Xu R., Li S., Li S., Wong E. M., Southey M. C., Hopper J. L., Abramson M. J., Guo Y. Surrounding greenness and biological aging based on DNA methylation: a twin and family study in Australia. *Environ. Health Perspect.* 2021;129:87007. doi: 10.1289/EHP8793
52. Sheather J., Littler K., Singh J. A., Wright K. Ethics, climate change and health — a landscape review. *Wellcome Open Res.* 2023;8:343. Published 2023 Aug 14. doi:10.12688/wellcomeopenres.19490.1
53. Zhao Q., Yu P, Mahendran R. Global climate change and human health: Pathways and possible solutions. *Eco Environ. Health.* 2022;1(2):53—62. Published 2022 May 7. doi: 10.1016/j.eehl.2022.04.004
54. Allen M., Antwi-Agyei P., Aragon-Durand F. Technical Summary: Global Warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in The Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change; 2019.
55. Pörtner H.-O., Roberts D. C., Poloczanska E. S., Mintenbeck K., Tignor M., Alegría A., Craig M., Langsdorf S., Lösschke S., Möller V. Cambridge University Press/UNEP; 2022. Summary for Policymakers. Climate Change 2022-Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press/UNEP; 2022.
56. Vicedo-Cabrera A. M., Scovronick N., Sera F., Royé D., Schneider R., Tobias A., Astrom C., Guo Y., Honda Y., Hondula D. M. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nat. Clim. Change.* 2021;11:492—500. doi: 10.1038/s41558-021-01058-x
57. Sweileh W. M. Bibliometric analysis of peer-reviewed literature on climate change and human health with an emphasis on infectious diseases. *Global Health.* 2020;16(1):44. Published 2020 May 8. doi: 10.1186/s12992-020-00576-1
58. (WHO) WHO: Climate change and health. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
59. Lemery J., Knowlton K., Sorensen C. Global Climate Change and Human Health: From Science to Practice. John Wiley & Sons; 2021.
60. Le T. D. N. Climate change adaptation in coastal cities of developing countries: characterizing types of vulnerability and adaptation options. *Mittig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* 2020;25:739—61. doi: 10.1007/s11027-019-09888-z
61. Zhao Q., Guo Y., Ye T., Gasparrini A., Tong S., Overcenco A., Urban A., Schneider A., Entezari A., Vicedo-Cabrera A. M. Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study. *Lancet Planet. Health.* 2021;5:e415—e425. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00081-4
62. Wu Y., Xu R., Wen B., Coelho M., Saldiva P. H., Li S., Guo Y. Temperature variability and asthma hospitalisation in Brazil, 2000–2015: a nationwide case-crossover study. *Thorax.* 2021;76:962—9. doi: 10.1136/thoraxjnl-2020-216549
63. Khan A. M., Finlay J. M., Clarke P., Sol K., Melendez R., Judd S., Gronlund C. J. Association between temperature exposure and cognition: a cross-sectional analysis of 20, 687 aging adults in the United States. *BMC Publ. Health.* 2021;21:1484. doi: 10.1186/s12889-021-11533-x
64. Vergunst F., Berry H. L. Climate Change and Children's Mental Health: A Developmental Perspective. *Clin. Psychol. Sci.* 2022;10(4):767—85. doi: 10.1177/21677026211040787
65. Casadevall A. Climate change brings the specter of new infectious diseases. *J. Clin. Invest.* 2020;130(2):553—5. doi: 10.1172/JCI135003
66. Pu J., Wang Z., Chung H. Climate change and the genetics of insecticide resistance. *Pest. Manag. Sci.* 2019;76(3):846—52.
67. Cole J., Desphande J. Poultry farming, climate change, and drivers of antimicrobial resistance in India. *Lancet Planet Health.* 2019;3(12):e494—5. doi: 10.1016/S2542-5196(19)30236-0
68. Rocklöv J., Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat. Immunol.* 2020;21:479—83. doi: 10.1038/s41590-020-0648-y
69. Lee H., Myung W., Kim H., Lee E. M., Kim H. Association between ambient temperature and injury by intentions and mechanisms: a case-crossover design with a distributed lag nonlinear model. *Sci. Total Environ.* 2020;746:141261. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141261
70. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters EM-DAT: The CRED/OFDA international disaster database. Available at: <https://public.emdat.be/>
71. Fussell J. C., Kelly F. J. Mechanisms underlying the health effects of desert sand dust. *Environ. Int.* 2021;157:106790. doi: 10.1016/j.envint.2021.106790
72. UNICEF Water Scarcity: Key Facts. 2020–2021. Available at: <https://www.unicef.org/wash/water-scarcity>

Поступила 08.04.2024
Принята в печать 31.10.2024

REFERENCES

1. Rahimi-Ardabili H., Magrabi F., Coiera E. Digital health for climate change mitigation and response: a scoping review. *J. Am. Med. Assoc.* 2022;29(12):2140—52. doi: 10.1093/jama/ocac134

Здоровье и общество

22. Hermans K., Garbe L. Droughts, livelihoods, and human migration in northern Ethiopia. *Reg. Environ. Change*. 2019;19:1101–11. doi: 10.1007/s10113-019-01473-z
23. Adaawen S., Rademacher-Schulz C., Schraven B., Segadlo N. In: Drought Challenges. Mapedza E., Tsegai D., Bruntrup M., McLeman R., editors. Drought, migration, and conflict in sub-Saharan Africa: what are the links and policy options? Amsterdam: Elsevier; 2019. P. 15–31.
24. Xu R., Yu P., Abramson M. J., Johnston F. H., Samet J. M., Bell M. L., Haines A., Ebi K. L., Li S., Guo Y. Wildfires, global climate change, and human health. *N. Engl. J. Med.* 2020;383:2173–81. doi: 10.1056/NEJMsr2028985
25. Chen G., Guo Y., Yue X., Tong S., Gasparrini A., Bell M. L., Armstrong B., Schwartz J., Jaakkola J. K., Zanobetti A. Mortality risk attributable to wildfire-related PM_{2.5} pollution: a global time series study in 749 locations. *Lancet Planet. Health*. 2021;5:e579–87. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00200-X
26. Rentschler J., Salhab M. People in Harm's Way: Flood Exposure and Poverty in 189 Countries. The World Bank; 2020.
27. Sari Kovats S. H., Lloyd S. Introduction and Key Findings [in "Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s"]. World Health Organization; 2014. P. 3–16.
28. Paterson D. L., Wright H., Harris P. N. A. Health risks of flood disasters. *Clin. Infect. Dis.* 2018;67:1450–4. doi: 10.1093/cid/ciy227
29. Tiu L. A., Wahid W. E., Andriani W. Y., Mirnawati, Tosepu R. Literature review: impact of temperature and rainfall on incident malaria. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2021;755. doi: 10.1088/1755-1315/755/1/012084
30. Desai Z., Zhang Y. Climate Change and Women's Health: A Scoping Review. *Geohealth*. 2021;5(9):e2021GH000386. Published 2021 Sep 1. doi: 10.1029/2021GH000386
31. Konkel L. Tropical cyclone exposures and health: a new data set to assess associations over time. *Environ. Health Perspect.* 2020;128:124001. doi: 10.1289/EHP8653
32. Parks R. M., Anderson G. B., Nethery R. C., Navas-Acien A., Dominici F., Kioumourtzoglou M. A. Tropical cyclone exposure is associated with increased hospitalization rates in older adults. *Nat. Commun.* 2021;12:1545. doi: 10.1038/s41467-021-21777-1
33. EPA US. Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, Dec 2019). U. S. Environmental Protection Agency; 2019.
34. Bettiol A., Gelain E., Milanesio E., Asta F., Rusconi F. The first 1000 days of life: traffic-related air pollution and development of wheezing and asthma in childhood. A systematic review of birth cohort studies. *Environ. Health*. 2021;20:46. doi: 10.1186/s12940-021-00728-9
35. Liu S., Jørgensen J. T., Ljungman P., Pershagen G., Bellander T., Leander K., Magnusson P. K. E., Rizzuto D., Hvidtfeldt U. A., Raaschou-Nielsen O. Long-term exposure to low-level air pollution and incidence of asthma: the ELAPSE project. *Eur. Respir. J.* 2021;57:2003099. doi: 10.1183/13993003.03099-2020
36. Yu P., Guo S., Xu R., Ye T., Li S., Sim M. R., Abramson M. J., Guo Y. Cohort studies of long-term exposure to outdoor particulate matter and risks of cancer: a systematic review and meta-analysis. *Innovation (NY)* 2021;2:100143. doi: 10.1016/j.xinn.2021.100143
37. To T., Zhu J., Stieb D., Gray N., Fong I., Pinault L., Jerrett M., Robichaud A., Ménard R., van Donkelaar A. Early life exposure to air pollution and incidence of childhood asthma, allergic rhinitis and eczema. *Eur. Respir. J.* 2019;55:1900913. doi: 10.1183/13993003.00913-2019
38. Ray C., Ming X. Climate Change and Human Health: A Review of Allergies, Autoimmunity and the Microbiome. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17(13):4814. Published 2020 Jul 4. doi: 10.3390/ijerph17134814
39. Anderegg W. R. L., Abatzoglou J. T., Anderegg L. D. L., Bielory L., Kinney P. L., Ziska L. Anthropogenic climate change is worsening North American pollen seasons. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2021;118. doi: 10.1073/pnas.2013284118
40. Wang J., Vanga S., Saxena R., Orsat V., Raghavan V. Effect of climate change on the yield of cereal crops: a review. *Climate*. 2018;6:41. doi: 10.3390/cli6020041
41. Obi C. M., Enweani-Nwokelo I. B., Oshim I. O., Okeke M. U. Assessment of Fungal Concentrations Associated with Relative Humidity and Temperature Variations in the Indoor Environment. *International. J. Tropical Dis. Health*. 2021;30–4. doi: 10.9734/ijtdh/2021/v42i1730530
42. Springmann M., Mason-D'Croz D., Robinson S., Garnett T., Godfray H. C. J., Gollin D., Rayner M., Ballon P., Scarborough P. Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study. *Lancet*. 2016;387:1937–46. doi: 10.1016/S0140-6736(15)01156-3
43. Clark M. A., Domingo N. G. G., Colgan K., Thakrar S. K., Tilman D., Lynch J., Azevedo I. L., Hill J. D. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science*. 2020;370:705–8. doi: 10.1126/science.aba7357
44. Nations FaAootU. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 — Sustainability in Action. Rome; 2020.
45. Muringai R. T., Mafongoya P. L., Lottering R. Climate change and variability impacts on sub-Saharan African fisheries: a review. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 2021;29:706–20. doi: 10.1080/23308249.2020.1867057
46. Xiao X., Agustí S., Pan Y., Yu Y., Li K., Wu J., Duarte C. M. Warming amplifies the frequency of harmful algal blooms with eutrophication in Chinese coastal waters. *Environ. Sci. Technol.* 2019;53:13031–41. doi: 10.1021/acs.est.9b03726
47. Kraemer B. M., Pilla R. M., Woolway R. I., Anneville O., Ban S., Colom-Montero W., Devlin S. P., Dokulil M. T., Gaiser E. E., Hambright K. D. Climate change drives widespread shifts in lake thermal habitat. *Nat. Clim. Change*. 2021;11:521–9. doi: 10.1038/s41558-021-01060-3
48. Barbarossa V., Bosmans J., Wanders N., King H., Bierkens M. F. P., Huijbregts M. A. J., Schipper A. M. Threats of global warming to the world's freshwater fishes. *Nat. Commun.* 2021;12:1701. doi: 10.1038/s41467-021-21655-w
49. Day E., Fankhauser S., Kingsmill N., Costa H., Mavrogianni A. Upholding labour productivity under climate change: an assessment of adaptation options. *Clim. Pol.* 2019;19:367–85. doi: 10.1080/14693062.2018.1517640
50. Watts N., Amann M., Arnell N., Ayeb-Karlsson S., Belesova K., Boykoff M., Byass P., Cai W., Campbell-Lendrum D., Capstick S. The 2019 report of the Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *Lancet*. 2019;394:1836–78. doi: 10.1016/S0140-6736(19)32596-6
51. Xu R., Li S., Li S., Wong E. M., Southey M. C., Hopper J. L., Abramson M. J., Guo Y. Surrounding greenness and biological aging based on DNA methylation: a twin and family study in Australia. *Environ. Health Perspect.* 2021;129:87007. doi: 10.1289/EHP8793
52. Sheather J., Littler K., Singh J. A., Wright K. Ethics, climate change and health — a landscape review. *Wellcome Open Res.* 2023;8:343. Published 2023 Aug 14. doi:10.12688/wellcomeopenres.19490.1