

УДК 613.166
DOI: 10.21668/health.risk/2025.1.15

Читать
онлайн



Научный обзор

ВЫСОКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ПСИХИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ: РИСКИ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников

Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, Российская Федерация, 117418, г. Москва,
Нахимовский проспект, 47

Исходным материалом для аналитического обзора послужили оригинальные исследования, опубликованные в рецензируемых научных журналах в период 2014–2024 гг. При поиске англоязычных источников в базе данных PubMed использовались следующие ключевые слова: mental health, OR mental disorders, OR mental illness, OR suicide, high ambient temperatures, OR heat stress, OR hot weather, OR heat waves. Для поиска русскоязычных источников по eLibrary: психическое здоровье; психические расстройства; психические заболевания; суицид; высокие температуры воздуха; волны жары; глобальное потепление.

Показано: воздействие высоких температур воздуха на психическое здоровье лишь недавно стало специальным предметом исследования в рамках проблематики «изменение климата и здоровье населения» или, по терминологии ВОЗ, «здоровье в меняющемся климате». В Шестом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по измерению климата, по сравнению с предыдущими пятью докладами, расширен раздел о влиянии изменения климата на психическое здоровье. Появляется все больше научных доказательств того, что высокие температуры, продолжительный температурный стресс в периоды длительных волн жары становятся факторами риска для психического здоровья. Связь между высокими температурами и нарушениями психического здоровья оценивается как «достоверная в высокой степени». Эти нарушения проявляются в виде тревоги, депрессии, острого посттравматического стресса, суицидального поведения, злоупотребления психоактивными веществами, причем диагностируются как легкие расстройства, так и случаи, при которых необходима госпитализация. Воздействие жары на психику человека обусловлено сложным взаимодействием физиологических и психологических факторов. Стремление организма сохранить термальное равновесие под воздействием температурного стресса приводит к целому каскаду физиологических реакций: от учащенного сердцебиения до обезвоживания, которые, в свою очередь, вызывают повышенную нагрузку на психику, нарушения сна, раздражительность, психологическую усталость и когнитивные расстройства.

Ключевые слова: изменение климата, волны жары, высокие температуры воздуха, температурный стресс, психическое здоровье, факторы риска.

Периоды волн жары из-за возникающего дискомфорта статистически связаны с резкими перепадами настроения, агрессивностью и тревожностью, особенно среди людей с низким социально-экономическим статусом [1, 2]. Появился даже такой термин, как «насилие, обусловленное жарой» (heat-related violence) [3]. Более того, Американская психиатрическая ассоциация сообщила, что относительный прирост смертности в периоды волн жары среди пациентов с психическими расстройствами был в

три раза выше, чем среди здоровых людей [4]. Также сообщалось о росте числа самоубийств в периоды волн жары [5] и в начале лета, когда начинается жаркая погода [6]. В периоды волн жары длительно от трех дней частота вызовов скорой помощи по поводу суицидального поведения в Шеньчжэне (КНР) возрастала более чем в четыре раза (относительный риск $RR = 4,53$, 95 % ДИ: 1,23–16,68) [7]. В Шестом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по измерению климата¹, по

© Ревич Б.А., Шапошников Д.А., 2025

Ревич Борис Александрович – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения (e-mail: brevich@yandex.ru; тел.: 8 (499) 129-18-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7528-6643>).

Шапошников Дмитрий Анатольевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения (e-mail: dshap2014@gmail.com; тел.: 8 (499) 129-36-33; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9191-1974>).

¹ Climate Change 2022: Impacts, Adaption and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Minnenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf [et al.] eds. – Cambridge, UK; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022. – 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844

сравнению с предыдущими пятью докладами, расширен раздел о влиянии изменения климата на психическое здоровье. Во многих странах мира нарушения психического здоровья выявлены у людей, пострадавших от опасных метеорологических явлений – наводнений, тайфунов, штормов, засух. Это же происходит при пожарах и других экстремальных ситуациях.

В данном обзоре более детально, чем в наших предыдущих обзорах о влиянии изменений климата на здоровье, описаны методы изучения воздействия изменений климата именно на психическое здоровье, так как это новая проблематика и российские исследователи только начинают такие работы.

Материалы и методы. Тип исследования – аналитический обзор. Исходным материалом послужили оригинальные исследования, опубликованные в рецензируемых научных журналах в период 2014–2024 гг. При отборе источников использовано несколько критериев. Оригинальные исследования должны были содержать:

1) количественные данные о температурной нагрузке в верхней части температурного диапазона или в теплый период года за указанный период исследования либо определения волн жары, поскольку различные авторы используют различные определения;

2) характеристики изучаемых выборок (число субъектов и указание на город или страну); рассматривались также метааналитические исследования, в которых обобщались результаты нескольких локальных исследований с целью установления модификаторов эффекта для здоровья;

3) формулировку статистической гипотезы и описание статистических методов, использованных для ее тестирования. При этом нами рассматривались как прямые эпидемиологические исследования с установлением численных зависимостей между дозой нагрузки и величиной эффектов для психического здоровья, так и результаты обработки социологических опросов, например, о количестве жалоб на определенные симптомы. Приоритет при отборе имели исследования первого типа.

При поиске англоязычных источников в базе данных PubMed использовались следующие ключевые слова: (mental health OR mental disorders OR mental illness OR suicide) AND (high ambient temperatures OR heat stress OR hot weather OR heat waves). Для поиска русскоязычных источников по eLibrary: психическое здоровье; психические расстройства; психические заболевания; суицид; высокие температуры воздуха; волны жары; глобальное потепление. Списки литературы в найденных по указанным ключевым словам публикациях анализировались вручную для поиска дополнительных релевантных статей.

Основные результаты. Одной из первых опубликованных российских работ является оригинальное эпидемиологическое исследование в Одессе и Одесской области, где было изучено 11 220 случаев суицидов за период с 2000 по 2016 г. [8]. Резуль-

таты этого исследования показали сезонность суицидального поведения, число суицидов возрастало в мае, когда увеличивается продолжительность светового дня (коэффициент линейной корреляции $r = 0,97$ на уровне значимости $p < 0,001$). Также проявилась и зависимость от температуры воздуха, ведь в мае наиболее резко происходит сезонное весенне-летнее потепление. Другое исследование было посвящено анализу зависимости частоты суицидов от гелиогеофизических и техногенных факторов в трех городах, находящихся в Мурманской области, т.е. в высоких широтах. Эти города – Мончегорск, где расположен филиал «Североникеля», Апатиты и Кировск, где находятся предприятия минеральных удобрений «Апатит». Частота суицидов была выше в Мончегорске, испытывающем воздействие выбросов комбината «Североникель». Для территорий высоких широт характерно выраженное влияние циклов солнечной активности [9]. В систематическом обзоре оценки воздействия высоких температур на частоту самоубийств в различных странах мира [10] сообщается, что результаты многих исследований доказывают рост числа суицидов во время высоких температур.

Нейрофизиологические механизмы теплового стресса. При объяснении возможных механизмов, которые приводят к увеличению числа госпитализаций с психическими заболеваниями в периоды жары, исследователи обращаются к биохимии мозга. Тепловой стресс увеличивает продукцию плазменного серотонина, что ингибирует продукцию допамина – нейромедиатора, который влияет на функционирование мозга при решении сложных задач [11]. Высокие температуры также влияют на продукцию серотонина в тромбоцитах, что связано с такими заболеваниями, как шизофрения и депрессия [12]. Избыточный нагрев нейронной ткани может изменить чувствительные к температуре процессы в головном мозге, например, проводимость синапсов, мозговое кровообращение, продукцию и метаболизм важнейших нейромедиаторов (катехоламина, норадреналина, гамма-аминомасляной кислоты), что влияет на симптомы шизофрении и других психических расстройств [13]. Избыточный нагрев головного мозга ведет к нарушению проницаемости гематоэнцефалического барьера, что может вызывать отек мозга и нарушения его функций. Отмечается, что пациенты с шизофренией испытывают трудности с терморегуляцией [14]. Высокая температура ингибирует продукцию L-триптофана в плазме крови, который является прекурсором серотонина и влияет на симптомы депрессии [15].

Снижение когнитивной функции во время жары также может служить механизмом влияния на психическое здоровье, поскольку такие пациенты могут не осознавать опасности жары и не предпринимать никаких защитных мер. Аналогично группой повышенного риска должны быть пациенты с деменцией, поскольку они не могут предпринять адекватных за-

щитных мер во время экстремальной жары, а испытываемый ими физический дискомфорт может приводить к обострению симптомов деменции и перевозбуждению [16]. Психотропные препараты могут снижать способность организма к терморегуляции. Сильный тепловой стресс может вызвать спутанность сознания и делирий, снижение когнитивной способности у больных шизофренией [17].

Высокие температуры как фактор риска изменений психического здоровья. Эпидемиологические исследования влияния высоких температур на психическое здоровье подразделяются на две неравные группы с точки зрения выбора экспозиционной переменной: (1) установление непрерывной зависимости выбранного показателя здоровья от температуры воздуха и (2) изучение влияния волн жары как дискретного погодного явления, когда в качестве экспозиции используется бинарный индикатор волн жары. Опубликовано гораздо больше исследований первого типа. Так, в систематическом обзоре [18] при поиске по базам данных PubMed, Embase, Scopus, Web of Science и PsycINFO было найдено 44 исследования непрерывных температурных зависимостей и всего 12 исследований волн жары. Соответственно, результаты в исследованиях первого типа представляются в виде прироста заболеваемости / смертности при изменении температуры в интервале между заданными процентилями ее распределения или при изменении температуры на 1 °C. Однако, если в качестве экспозиционной переменной берется температура, усредненная за несколько дней до наступления эффекта (T_{0-n}), то изучается влияние стресса, накопленного за $n + 1$ дней (день наступления эффекта считается нулевым). Как мы увидим, именно для таких усредненных температур чаще всего сообщаются результаты исследований зависимости эффекта от температуры воздуха. Если сообщаются результаты для экстремальных температур T_{0-n} на уровне 95-го перцентиля или выше, то фактически речь идет уже о влиянии волн жары. Результатом исследований второго типа является прирост заболеваемости / смертности во время волн жары по сравнению со всеми остальными днями или с выбранными определенным образом контрольными днями.

Рассмотрим сначала несколько примеров исследований непрерывных зависимостей показателей психического здоровья от температуры воздуха, уделяя особое внимание возрастным различиям, а в следующем разделе рассмотрим влияние дискретных волн жары. В периоды экстремальной жары наблюдалось увеличение числа госпитализаций с психическими расстройствами и особенно увеличение числа транзиторных расстройств психики в Гонконге [19] и Шанхае [20]. В двух канадских провинциях Альберта и Онтарио [21] продолжительное

воздействие жары привело к увеличению числа экстренных посещений врача по поводу поведенческих и психических расстройств с такими диагнозами, как деменция, неврозы, шизофрения, шизотипические расстройства.

В Гонконге использовалась Пуассоновская обобщенная аддитивная регрессия (GAM) ежедневного числа госпитализаций с психическими расстройствами на ежедневный набор метеопараметров, включая среднесуточную температуру воздуха. Всего было проанализировано 44 600 госпитализаций в период 2002–2011 гг. Для построения плавной зависимости числа госпитализаций от температур воздуха с учетом их отсроченного воздействия использовалась нелинейная регрессионная модель с распределенными лагами до 10 дней (DLNM). В модели учитывались поправки числа госпитализаций на сезонность, многолетний тренд, день недели, праздники, а также уровень загрязнения воздуха, что является в настоящее время общепринятой «хорошей практикой» в таких исследованиях. Рассчитывался кумулятивный относительный риск для интерквартильного диапазона температур, то есть относительный прирост числа госпитализаций, соответствующий росту температуры воздуха от 25-го перцентиля (19,4 °C) до 75-го перцентиля (28 °C). Если для всех возрастов $RR = 1,09$ (95 % ДИ: 1,03–1,15), то для пожилых пациентов в возрасте более 75 лет этот риск составляет уже 1,20 (95 % ДИ: 1,09–1,31), что указывает на высокую уязвимость старшей возрастной группы. В то же время для детей младше 15 лет риска установлено не было. Наивысшие риски были достоверно установлены для переходящих (транзиторных)² психических состояний (transient disorders), МКБ-9 код 293, $RR = 1,51$ (95 % ДИ: 1,00–2,27), и рекуррентных аффективных психозов, МКБ-9 код 296, $RR = 1,34$ (95 % ДИ: 1,05–1,71). Авторы этого исследования связывают повышенный риск для старшей возрастной группы с повышенной распространенностью когнитивных расстройств среди пожилых людей. Основанием для этого являются ранее полученные результаты о снижении когнитивной функции с ростом температуры воздуха у японцев [22] и американцев [23]. В Гонконге была установлена U-образная зависимость числа госпитализаций с деменцией от температуры воздуха, то есть риск деменции возрастал в области высоких температур [19].

В Шанхае для изучения влияния среднесуточной температуры и относительной влажности на число госпитализаций с психическими расстройствами использовалась аналогичная Пуассоновская нелинейная регрессионная модель с распределенными лагами до 21 дня, однако было показано, что достаточно рассматривать лаги до семи дней, после чего кумулятивный эффект теряет статистическую

² По аналогии с транзиторными нарушениями мозгового кровообращения.

значимость [20]. Модель также учитывала явную зависимость числа госпитализаций от календарного времени (поправки на день недели, сезонный и многолетний тренд) и загрязнения воздуха PM_{10} , SO_2 и NO_2 . Всего было проанализировано 94 000 госпитализаций в период 2008–2015 гг., рассчитывался относительный прирост числа госпитализаций, соответствующий приросту температуры от медианного значения ($18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) до 99-го перцентиля ($33,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Максимальный эффект достигался при лаге 0–1, то есть для суммы температур в день госпитализации и предшествующий день. Соответствующий риск для всех возрастов $RR = 1,27$ (95 % ДИ: 1,07–1,49). Естественно, этот риск гораздо выше, чем в Гонконге, поскольку он соответствует приросту температуры до 99-го, а не 75-го перцентиля. Однако авторы приводят и соответствующий результат для 75-го перцентиля ($24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), $RR = 1,08$ (95 % ДИ: 1,00–1,17), причем он почти точно совпадает с результатом, полученным в Гонконге. Авторы исследования в Шанхае сообщают, что этот риск достигается главным образом за счет возрастов ≥ 45 лет, для них $RR = 1,32$ (95 % ДИ: 1,08–1,62), а для группы 0–44 года эффект терял значимость и составлял всего $RR = 1,10$ (95 % ДИ: 0,89–1,36) – температура почти не влияла на число госпитализаций.

Проблема воздействия высоких температур на психическое здоровье характерна не только для азиатских стран, но и для стран, расположенных в западном полушарии. Так, в Торонто (Канада) была найдена связь между воздействием воздуха с температурой выше $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ и показателями госпитализации по поводу всех психических расстройств и отдельно с шизофренией, аффективными и невротическими расстройствами [24]. Эта температура в Торонто соответствует 99-му перцентилу распределения среднесуточных температур. В качестве референтной была взята температура, соответствующая 50-му перцентилу. Наибольшая сила связи наблюдалась с регрессором T_{0-4} , то есть на пятый день непрерывного воздействия экстремальной жары. Для числа госпитализаций со всеми психическими и поведенческими расстройствами относительный риск при $T_{0-4} = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ составил $RR = 1,29$ (95 % ДИ: 1,09–1,53).

В США была установлена связь между ростом среднесуточных температур воздуха и увеличением количества жалоб на психические нарушения (депрессию, стресс, эмоциональные расстройства), которые испытывал респондент в течение последних 30 дней, предшествовавших дню опроса. Всего в опросе участвовало 2 млн человек по всей территории страны [25]. В качестве экспозиционной переменной была взята максимальная суточная температура, усредненная за тот же период (T_{30}). Несколько упрощая дизайн этого исследования, можно сказать, что все города США были разделены на пять групп «шириной» в $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ по этой переменной: первая (референтная) группа – $10\text{ }^{\circ}\text{C} < T_{30} < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, вторая – $15\text{ }^{\circ}\text{C} < T_{30} < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и так далее до последней группы

с $T_{30} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Было установлено, что в предпоследней группе – $25\text{ }^{\circ}\text{C} < T_{30} < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ – количество жалоб возрастает на 0,7 %, а в последней – уже на 1,3 % по сравнению с референтной группой умеренных температур. Таким образом, было получено эмпирическое доказательство влияния роста среднесуточных температур на вероятность возникновения психических симптомов.

В уже упомянутом нами другом канадском исследовании [21] применен дизайн перекрестного сравнения «случай-кроссовер» (case-crossover), в отличие от анализа временных рядов, поэтому рассмотрим его более подробно. Каждый день обращения за экстренной медицинской помощью сравнивался с несколькими контрольными днями для того же пациента, когда он не обращался за помощью. В этой канадской работе контрольные дни выбирались в те же дни недели в пределах того же месяца. Например, если обращение произошло в первый понедельник января, то контрольными будут остальные понедельники января этого года. Учитывалось только первое обращение к врачу в течение месяца. Такой дизайн позволил избежать влияния дня недели и месяца года на результаты исследования, а также автоматически учесть все индивидуальные вмешивающиеся факторы (например, курение), поскольку «случай контролирует сам себя». «Случай» от «контроля» будут различаться лишь погодой и экологической ситуацией в месте проживания пациента, например, уровнем загрязнения воздуха. Для изучения влияния этих переменных в парах «случай – контроль» была использована условная логистическая регрессия. Для такой регрессии также доступна нелинейная модель с распределенными лагами, которая описывает отсроченное и накопленное в течение нескольких дней воздействие экологических факторов. Максимальный эффект температуры достигается при учете лагов от 0 до 5 дней (T_{0-5}), то есть для температурного стресса, накопленного в течение пяти предшествующих дней, включая день обращения к врачу. Всего в выборку попали почти 10 млн (!) обращений по поводу психических и поведенческих расстройств за период 2004–2020 гг. в провинциях Альберта и Онтарио. Среднесуточная температура воздуха и влажность определялась по географической сетке $1 \times 1\text{ км}$ с привязкой к почтовому индексу адреса проживания пациента из североамериканской базы метеоданных Daymet. В этом исследовании в качестве численной характеристики влияния жары рассчитывалось отношение шансов (OR) обращения к врачу при температуре 97,5-го перцентиля распределения среднесуточных температур воздуха по сравнению с «оптимальной» температурой, при которой частота обращений была минимальной в данном административном регионе. Оптимальная температура находилась в интервале от 5-го до 95-го перцентиля и определялась из графика температурной зависимости числа обращений. Отношение шансов рассчиты-

валось отдельно для каждого региона, а затем вычислялось средневзвешенное значение методом метаанализа. Эти значения приведены в табл. 1 для отдельных диагнозов и возрастных групп. Максимальное влияние жары отмечено в возрастной группе 30–49 лет, минимальное – в возрастной группе ≤ 18 лет. Среди всех исследованных диагнозов максимальным оказался риск психических расстройств, связанных с употреблением психотропных и наркотических веществ.

Таблица 1

Отношение шансов (OR) обращения за медицинской помощью во время экстремальной жары и при оптимальной температуре воздуха в Канаде [21]

Изучаемая группа	OR	95 % ДИ
Все психические расстройства, все возраста	1,15*	1,12–1,17
Возраст 30–49 лет	1,18*	1,15–1,22
Возраст ≤ 18 лет	0,97	0,91–1,02
Расстройства от употребления психоактивных веществ	1,29*	1,24–1,33
Шизофрения	1,15*	1,10–1,20
Неврозы	1,15*	1,12–1,19
Деменция	1,16*	1,07–1,25

Примечание: * – статистически значимый на 95%-м уровне риск, $p < 0,05$.

Влияние волн жары. В Цзинане, Китай, (население 6,8 млн человек) изучались обращения к врачу по поводу психических расстройств во время четырех сильнейших волн жары летом 2010 г. методом «случай-кроссовер» [26]. Это лето было необычно жарким, и в городе было отмечено четыре волны жары длительностью 4, 3, 4 и 3 дня соответственно. Каждое посещение врача в период волны жары считалось «случаем», а контрольные дни были выбраны в те же дни недели за одну, две и три недели до волны жары, а также через одну, две и три недели после волны жары (конечно, при условии, что контрольные дни сами не попадают на другие волны жары). Такой дизайн называется «двухнаправленным симметричным». Такой метод подходит для изучения краткосрочных воздействий, когда промежуток времени между днем обращения к врачу и контрольным днем превышает характерное время экспозиции к изучаемому фактору окружающей среды – в данном случае длительность волны жары.

Волной жары считалась непрерывная последовательность от трех дней, когда максимальная дневная температура превышала 35 °С. Отношение шансов посещения врача по поводу всех психических и поведенческих расстройств (МКБ-10 коды F00–F99) в период волны и в контрольные дни вычислялось при учете возможного временного лага между воздействием жары и обращением к врачу от 0 до 5 дней. Максимальный эффект жары достигался при лаге в три дня после первой волны жары, $OR = 2,23$ (95 % ДИ: 1,44–3,47); при лаге в два дня – после второй вол-

ны жары, $OR = 2,84$ (95 % ДИ: 1,78–4,52); при лаге в три дня – после третьей волны жары, $OR = 3,18$ (95 % ДИ: 1,99–5,06) и при лаге в два дня – после четвертой волны жары, $OR = 2,99$ (95 % ДИ: 2,16–4,14).

Дальнейшие результаты относятся к выборке из всех четырех волн жары, а контрольными являлись все остальные дни периода с 1 июня по 31 августа. Отношение шансов госпитализации в периоды волн жары (с учетом указанных лагов) и в контрольный период значительно различалось для следующих модификаторов эффекта: возраст, адрес, профессия, семейное положение. Поскольку эти индивидуальные характеристики не всегда доступны для амбулаторных больных, то модификация эффекта жары изучалась только для госпитализированных пациентов.

Отношение шансов госпитализации во время волн жары, по сравнению с контрольным периодом, было в три раза выше для возрастной группы ≥ 65 лет по сравнению с группой ≤ 64 года, $OR = 3,03$ (95 % ДИ: 1,80–5,14); в полтора раза выше для жителей урбанизированных территорий по сравнению с пригородами, $OR = 1,52$ (95 % ДИ: 1,12–2,07); на 70 % выше для работающих на открытом воздухе по сравнению с работающими внутри помещений, $OR = 1,71$ (95 % ДИ: 1,20–2,40); и на 70 % выше для одиноких людей по сравнению с семейными, $OR = 1,71$ (95 % ДИ: 1,23–1,75).

Среди отдельных диагнозов наибольшее влияние волн жары на число госпитализаций было отмечено для шизофрении, шизотипических и бредовых расстройств (коды F20–F29), аффективных расстройств (F30–F39) и в особенности для невротических, связанных со стрессом, и соматоформных расстройств (F40–F49). Для последней группы диагнозов шансы госпитализации в период жары возрастали почти пятикратно по сравнению с контрольным периодом.

В городской агломерации «Большого Сиднея» (5 млн человек) изучалось влияние волн жары длительностью от трех дней на смертность и заболеваемость (по числу госпитализаций) от различных причин. В том числе были изучены все психические расстройства и отдельные диагнозы – шизофрения, деменция, расстройства, связанные с употреблением психоактивных веществ [27]. Данные изучались за теплое полугодие (весна и лето) с 1997 по 2010 г. Авторы использовали метод «случай-кроссовер». В качестве «случаев» использовались как отдельные дни умеренной жары ($T \geq 95$ -го перцентиля распределения среднесуточных температур за теплое полугодие) или сильной жары ($T \geq 99$ -го перцентиля), так и «периоды трехдневной жары». Для отбора трехдневных периодов жары использовалась температура, усредненная за день госпитализации и два предыдущих дня (T_{0-2}) с теми же пороговыми значениями перцентилей. Такие критерии отбора дают в среднем девять волн умеренной жары и две волны сильной жары в год. Как и в предыдущих упомянутых нами исследованиях, контрольные дни выпада-

ли на те же дни недели в пределах того же месяца, что и дни жары. Как отмечают сами авторы, результаты показали довольно слабую связь числа госпитализаций с жаркой погодой (табл. 2).

Как видно из данных табл. 2, влияние на старшую возрастную группу не всегда оказывается сильнее. В табл. 2 указаны результаты для единичных дней жары с нулевым лагом между температурой и госпитализацией. Однако величина эффекта может возрастать, если учитывать лаги в несколько дней – в этой работе проверялись лаги до трех дней. То же касается и волн жары. Вместо лага 0–2 можно брать лаг 1–3, 2–4 и т.п., однако такие лаги в работе не проверялись. Например, при исследовании отдельных диагнозов максимальный эффект для госпитализаций по поводу аффективных расстройств в дни с умеренной жарой достигался с лагом в один день, $OR = 1,06$ (95 % ДИ: 1,00–1,12). Наибольшие по абсолютной величине эффекты были установлены для расстройств, связанных с употреблением психоактивных веществ, $OR = 1,08$ (95 % ДИ: 0,97–1,20), и для госпитализаций с деменцией, $OR = 1,14$ (0,99–1,31).

Недостатком австралийского исследования является отсутствие внимания к длительности волн жары. В связи с этим заслуживает упоминания исследование во Вьетнаме, где изучалось влияние волн жары разной длительности на госпитализации по поводу психических расстройств [28]. Всего было изучено 21 443 случая госпитализации в одной из двух психиатрических больниц Ханоя за период 2008–2012 гг. При определении порогового значения температуры для экстремальной жары авторы исходили из того, что она должна превышать нормальную температуру поверхности тела (34 °C). Поэтому был использован

порог в 35 °C для максимальной суточной температуры $T_{\max}$, что соответствует 90-му перцентилю ее круглогодичного распределения.

Для идентификации дней с накопленным температурным стрессом использовались бинарные индикаторы $T_{0-2} \geq 35$ °C или $T_{0-6} \geq 35$ °C. Авторы интерпретируют такие «случаи» как влияние волн жары длительностью не менее трех дней или не менее семи дней. Отметим, что такой подход отличается от общепринятого, при котором индикаторными являются все дни непрерывной волны жары. Так, требование $T_{0-2} \geq 35$ °C означает, что для трехдневной волны жары индикаторным будет только последний день, а, например, для пятидневной – три последних дня, и так далее. Таким образом, изучается влияние накопленного стресса. При таком подходе за период исследования было идентифицировано всего 175 «единичных» дней жары ($T_0 \geq 35$ °C), из них 61 день удовлетворял требованию $T_{0-2} \geq 35$ °C, и лишь 10 дней удовлетворяли требованию $T_{0-6} \geq 35$ °C. Именно для этих выборок и оценивались приросты числа госпитализаций по сравнению со всеми остальными днями периода исследования.

Для регрессии числа госпитализаций на бинарный индикатор температуры воздуха использовалась отрицательная биномиальная модель с поправками на день недели, сезонность и многолетний тренд. Такая модель используется в случае избыточной дисперсии зависимой переменной, когда ее распределение сильно отличается от пуассоновского. Таблица 3 содержит оценки относительных рисков госпитализации для всех психических расстройств, отдельных диагнозов и уязвимых групп населения.

Как показывают данные табл. 3, среди отдельных диагнозов наивысшие риски были установлены

Таблица 2

Отношение шансов OR (95 % ДИ) госпитализации с психическими расстройствами во время жары и в контрольные дни в Сиднее [27]

Возрастная группа	Единичные дни жары, лаг 0		Трехдневные периоды жары, лаг 0–2	
	умеренная жара	сильная жара	умеренная жара	сильная жара
Пороги T	$T_0 \geq 95$ %	$T_0 \geq 99$ %	$T_{0-2} \geq 95$ %	$T_{0-2} \geq 99$ %
Все возраста	1,01 (0,98–1,04)	1,08 (0,97–1,20)	1,03* (1,00–1,05)	1,05 (0,99–1,10)
Возраст ≥ 65 лет	1,03 (0,96–1,09)	0,94 (0,81–1,09)	1,09* (1,02–1,16)	1,05 (0,91–1,20)

Примечание: * $p < 0,05$.

Таблица 3

Относительные риски отдельных дней и волн жары, RR (95 % ДИ), для госпитализаций с психическими расстройствами в Ханое [28]

Изучаемая группа	Отдельные дни	Волны от трех дней	Волны от семи дней
Все психические расстройства (F00–F99)	1,04 (0,95–1,13)	1,15* (1,005–1,31)	1,36* (1–1,90)
Сельское население (все диагнозы)	Не сообщается	1,26* (1,04–1,52)	1,69* (1,08–2,64)
Возраст ≥ 61 года (все диагнозы)	Не сообщается	1,31 (0,8–2,15)	3,2* (1,63–6,29)
Органические, включая симптоматич. расстройства (F00–F09)	1,21 (0,95–1,54)	1,37 (0,97–1,95)	3,62* (1,76–7,42)
Органический амнестический синдром, делирий и др. расстройства, вызванные повреждением головного мозга (F04–F06)	1,31 (0,94–1,82)	1,52* (1–2,40)	4,76* (1,74–13,18)
Умственная отсталость (F70–F79)	1,14 (0,83–1,55)	1,68* (1,08–2,62)	2,3 (0,8–6,88)

Примечание: * $p < 0,05$.

для органических расстройств и среди них в особенности для кодов F04–F06 (органический амнестический синдром, делирий и другие расстройства, вызванные повреждением головного мозга), а также для умственной отсталости. Среди модификаторов эффекта авторы упоминают место жительства (риски выше для сельского населения) и старший возраст. Например, для возрастов ≥ 61 года установлены риски волн жары, более чем в два раза превышающие риски для всех возрастов.

Метаанализ рисков, установленных в локальных исследованиях. Появление большого количества локальных исследований вызывает потребность в метаанализе полученных численных результатов и выявлении возможных причин их гетерогенности, то есть в исследовании возможных модификаторов эффекта. Для примера рассмотрим систематический обзор [18], в котором применен метаанализ случайных эффектов как в отношении непрерывных температурных зависимостей, так и волн жары.

Количественной мерой эффекта в метаанализе непрерывных температурных зависимостей был выбран относительный прирост эффекта на 1°C . Поэтому для тех исследований, которые сообщали относительный риск между двумя выбранными процентиями распределения температуры, надо было знать абсолютный интервал температур в $^\circ\text{C}$, для которого установлен данный риск, и вычислить натуральный логарифм $\ln(RR)$, предполагая лог-линейную зависимость риска от температуры в указанном интервале [29]. По результатам 15 исследований *смертности* от всех психических заболеваний был установлен совокупный (pooled) прирост эффекта на 2,2 % при росте температуры на 1°C , $RR = 1,022$ (95 % ДИ: 1,015–1,029), причем среди пожилых людей старше 65 лет эффект был примерно в полтора раза сильнее, чем в возрастной группе до 65 лет. Соответственно, относительные приросты смертности на 1°C были $RR (\geq 65) = 1,025$ (95 % ДИ: 1,015–1,035) и $RR (< 65) = 1,017$ (95 % ДИ: 1,005–1,028). При исследовании отдельных причин сильнее всего возрастала смертность от употребления психотропных веществ, $RR = 1,046$ (95 % ДИ: 0,991–1,101), и органических психических расстройств, связанных с постепенным снижением функционирования мозга, $RR = 1,033$ (95 % ДИ: 1,020–1,046).

По результатам 21 исследования *заболеваемости* (госпитализаций или экстренных обращений к врачу по поводу всех психических нарушений) был установлен совокупный прирост эффекта на 0,9 % при росте температуры на 1°C , $RR = 1,009$ (95 % ДИ: 1,007–1,015). Выявлен очень узкий доверительный интервал этой оценки ($p < 0,001$), по сравнению с типичными результатами индивидуальных локальных исследований, приведенными в данном обзоре. В повышении статистической достоверности и состоит одно из преимуществ метаанализа, поскольку, чем точнее индивидуальная оценка риска, тем больший относительный вес она приобретает при

вычислении средневзвешенной совокупной оценки. Относительный прирост заболеваемости для пожилых людей на 1°C был в два раза больше, чем для среднего возраста: соответственно, $RR (\geq 65) = 1,010$ (95 % ДИ: 1,005–1,015) и $RR (< 65) = 1,005$ (95 % ДИ: 1,003–1,006), так что в данном исследовании пожилые люди являются наиболее уязвимой группой населения. При исследовании отдельных психических диагнозов наибольшее влияние единичного прироста температуры воздуха на заболеваемость было установлено для аффективных расстройств, $RR = 1,011$ (95 % ДИ: 1,003–1,018); органических психических расстройств, $RR = 1,008$ (95 % ДИ: 1,001–1,015); шизофрении, $RR = 1,007$ (95 % ДИ: 1,002–1,011); невротических и тревожных расстройств, $RR = 1,007$ (95 % ДИ: 1,001–1,013).

Большое количество локальных исследований влияния высоких температур воздуха на психическое здоровье позволило авторам обзора [18] изучить такие модификаторы эффекта, как тип климата и доход на душу населения. Среди пяти климатических зон, включенных в исследование (по классификации типов климата Коппен – Гейгера), наибольшие риски высоких температур были установлены в тропическом и субтропическом климате, а наименьшие – в континентальном климате. Как и следовало ожидать, страны с высоким доходом на душу населения в среднем имели более низкие риски, чем страны со средним уровнем дохода.

Авторы обзора [18] также попытались скорректировать полученные совокупные оценки рисков на «предвзятость при публикации» (publication bias), когда публикуются только достоверные результаты или наивысшие риски. Существуют специальные техники для такой коррекции (funnel plots, trim and fill). Скорректированные совокупные оценки оказались несколько ниже, но все же статистически значимы. Так, скорректированная величина эффекта единичного прироста температуры на смертность $RR = 1,014$ (95 % ДИ: 1,011–1,017), а для заболеваемости – $RR = 1,007$ (95 % ДИ: 1,004–1,010).

Метаанализ результатов исследований волн жары возможен лишь для тех исследований, авторы которых использовали одинаковые определения волн жары при выборе температурной метрики (среднесуточных или максимальных температур), пороговых процентилей температур и длительности волн. Поэтому для метаанализа были отобраны лишь те исследования, в которых использовались среднесуточные температуры, порог жары выбран на уровне 95-го перцентиля и учитывались все волны длительностью от трех дней. По результатам девяти исследований *заболеваемости* был установлен относительно невысокий совокупный риск в периоды волн жары $RR = 1,064$ (95 % ДИ: 1,006–1,123). Для метаанализа влияния волн жары на *смертность* было отобрано всего пять исследований, однако совокупный риск оказался статистически недостоверен, поэтому авторы его не сообщили.

Высокие температуры и психическое состояние работающих. ВОЗ значительное внимание в своей деятельности уделяет психическому здоровью работающих. По оценкам этой организации, 15 % населения трудоспособного возраста имело психические расстройства, и из-за этого в мире ежегодно теряется 12 млрд трудовых дней, что соответствует производственным потерям в размере 1 трлн долл. США в год³. На русском языке опубликовано несколько докладов ВОЗ и ее Европейского бюро о мерах профилактики психических заболеваний, руководящие принципы по охране психического здоровья на рабочем месте⁴ и другие материалы. Риски психическому здоровью возрастают в условиях нагревающего микроклимата и на рабочем месте и в месте проживания. В исследовании влияния жары на психическое здоровье в Цзинане, КНР, было установлено заметное повышение шансов госпитализации по поводу психических расстройств для работающих на открытом воздухе, по сравнению с работающими внутри помещений во время волн жары [26]. Косвенные подтверждения этому можно найти и в исследовании, проведенном в Перу [30]. В среднем каждый дополнительный час работы на открытом воздухе (при температуре около 28 °C) увеличивал частоту симптомов психических расстройств на 13 % (95 % ДИ: 1–25 %). Отдых в тени во время перерывов в работе снижал частоту симптомов на 27 % (95 % ДИ: 0–47 %). Поэтому крайне важно и в России оптимизировать в жару режимы труда и отдыха, как это происходит в южных странах.

Опрос большой когорты рабочих в Таиланде (более 40 тысяч человек) установил статистическую связь между работниками, которые часто испытывают тепловой стресс на месте работы, и теми, которые жалуются на психологический стресс [31]. Респонденты сами оценивали уровень психологиче-

ского стресса, отвечая на три вопроса, касающиеся симптомов тревожности: как часто вы в последние четыре недели: (1) нервничали; (2) испытывали тревогу и беспокойство; (3) чувствовали такую усталость, когда все приходится делать через силу? Суммируя ответы, исследователи выделили тех, кто испытывал психологический стресс, и тех, кто не имел жалоб. Методом логистической регрессии было вычислено отношение шансов получить психологический стресс для работающих в условиях теплового стресса на рабочем месте, по сравнению с теми, кто теплового стресса не испытывал. Естественно, что среди тех, кто испытывал тепловой стресс, было больше жалующихся на плохое психологическое состояние. Риск получить психологический стресс при тепловом стрессе на рабочем месте возрастал с возрастом работников. Весьма интересны результаты изучения таких модификаторов эффекта, как работа в офисе / физический труд и работа в городе / сельской местности (табл. 4). Виден противоположный характер влияния дихотомии «офис / физический труд» на риск в городе и сельской местности. Так, в городе существенно больший риск получить психологический стресс при тепловом стрессе характерен для офисных работников, а в сельской местности – для занимающихся физическим трудом.

Влияние жары на психическое здоровье рабочих строительных специальностей изучалось в штате Техас, США, где был проведен опрос 100 рабочих-строителей, которые сообщили о влиянии жары на испытываемые ими психические симптомы (трудности с концентрацией внимания, раздражительность, частые перемены настроения) [32]. С помощью непараметрического теста Краскела – Уоллиса были доказаны значимые приросты в частоте испытываемых симптомов у работающих в жаркие дни на открытом воздухе по сравнению с работающими внутри помещений.

Таблица 4

Влияние возраста, характера труда и места работы на статистическую связь между тепловым стрессом во время работы и психологическим стрессом [31]

Возрастная группа, характер труда и местность	Число респондентов, испытавших тепловой стресс, <i>N</i>	Отношение шансов получить психологический стресс, OR (95 % ДИ)
Возраст 15–29 лет	3906	1,80** (1,62–2,01)
Возраст 30–44 лет	3234	1,86** (1,62–2,14)
Возраст ≥ 45 лет	336	2,35* (1,42–3,88)
Бангкок / работа в офисе	251	2,62** (1,84–3,74)
Бангкок / физический труд	58	1,10 (0,36–3,38)
Другие города / работа в офисе	945	2,04** (1,62–2,56)
Другие города / физический труд	150	1,41 (0,75–2,65)
Сельская местность / работа в офисе	1142	2,35** (1,90–2,90)
Сельская местность / физический труд	212	2,49** (1,50–4,11)

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

³ Mental health at work [Электронный ресурс] // WHO. – 2024. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-at-work> (дата обращения: 11.11.2024).

⁴ WHO Guidelines on mental health at work: Executive summary [Электронный ресурс]. – Geneva: WHO, 2022. – 14 p. – URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363156/9789240057760-eng.pdf> (дата обращения: 11.11.2024).

Аналогичный опрос был проведен в Японии среди 115 строительных рабочих и 204 дорожных полицейских, которые тоже работают на открытом воздухе в жару [33]. Опрос показал, что строительные рабочие субъективно больше страдают от жары, чем дорожные полицейские. В частности, в жаркую погоду строители чаще испытывали такие симптомы ухудшения психического здоровья, как нарушение сна, общая усталость, повышенная утомляемость, раздражительность и нетерпеливость.

В Ахмадабаде, Индия, было опрошено 16 дорожных полицейских, которые патрулировали движение в летнее время, находясь под воздействием температур от 32 до 37 °C [34]. Из-за воздействия жары 69 % полицейских сообщили о потере работоспособности, 56 % жаловались на потерю координации, 38 % жаловались на повышенную раздражительность и тревогу. Дорожные полицейские так же, как курьеры, работники коммунальных служб и другие работающие на открытых пространствах,

являются группой повышенного риска с точки зрения влияния жары на психическое здоровье.

В информационном бюллетене ВОЗ о нарушениях психического здоровья при изменении климата⁵ постулируется, что изменение климата усугубляет многие социальные и экологические факторы риска для психического здоровья и психосоциальных проблем, что может привести к эмоциональному стрессу, развитию новых состояний психического здоровья и ухудшению ситуации для людей, уже живущих с такими состояниями. Поэтому при подготовке к этой чрезвычайной ситуации и реагировании на нее возрастает потребность в повышенном внимании к проблемам психического здоровья и в предоставлении психосоциальной поддержки.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Cianconi P., Betrò S., Janiri L. The impact of climate change on mental health: a systematic descriptive review // *Front. Psychiatry*. – 2020. – Vol. 11. – P. 74. DOI: 10.3389/fpsyt.2020.00074
2. Gender, Climate change and Health [Электронный ресурс]. – Geneva: WHO, 2014. – 44 p. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/10665/144781/1/9789241508186_eng.pdf?ua=1 (дата обращения: 09.11.2024).
3. Mental health effects of climate change / S.K. Padhy, S. Sarkar, M. Panigrahi, S. Paul // *Indian J. Occup. Environ. Med.* – 2015. – Vol. 19, № 1. – P. 3–7. DOI: 10.4103/0019-5278.156997
4. Mental Health and Our Changing Climate: Impacts, Implications, and Guidance / S. Clayton, C.M. Manning, K. Krygsman, M. Speiser [Электронный ресурс]. – Washington, D.C.: American Psychological Association, and ecoAmerica, 2017. – 70 p. – URL: <https://www.apa.org/news/press/releases/2017/03/mental-health-climate.pdf> (дата обращения: 09.11.2024).
5. Correlating heatwaves and relative humidity with suicide (fatal intentional self-harm) / F. Florido Ngu, I. Kelman, J. Chambers, S. Aueb-Carlsson // *Sci. Rep.* – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 22175. DOI: 10.1038/s41598-021-01448-3
6. Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico / M. Burke, F. González, P. Baylis, S. Heft-Neal, C. Baysan, S. Basu, S. Hsiang // *Nature Clim. Change*. – 2018. – Vol. 8. – P. 723–729. DOI: 10.1038/s41558-018-0222-x
7. The impact of extreme heat and heat waves on emergency ambulance dispatches due to external cause in Shenzhen, China / J. Hu, Y. Wen, Y. Duan, S. Yan, Y. Liao, H. Pan, J. Zhu, P. Yin [et al.] // *Environ. Pollut.* – 2020. – Vol. 261. – P. 114156. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114156
8. Анализ сезонности завершенных суицидов с учетом таких факторов внешней среды как температура и длина светового дня / В.А. Розанов, П.Е. Григорьев, С.Е. Захаров, Г.Ф. Кривда // *Суицидология*. – 2018. – Т. 9, № 3 (32). – С. 71–79. DOI: 10.32878/suiciderus.18-09-03(32)-71-79
9. Особенности динамики и цикличности смертности от самоубийств и гелиогеофизические и антропогенные факторы на Кольском Севере / Е.А. Касаткина, О.И. Шумилов, Т.Б. Новикова, А.В. Храмов // *Экология человека*. – 2014. – № 2. – С. 45–50.
10. Температура окружающей среды и суицид: систематический обзор / А.М. Гржибовский, И.М. Кобелев, Н.Н. Кукалевская, Ю.А. Попова, А.В. Баранов // *Экология человека*. – 2023. – Т. 30, № 6. – С. 399–415. DOI: 10.17816/humeco569176
11. The impact of different environmental conditions on cognitive function: A focused review / L. Taylor, S.L. Watkins, H. Marshall, B.J. Dascombe, J. Foster // *Front. Physiol.* – 2016. – Vol. 6. – P. 372. DOI: 10.3389/fphys.2015.00372
12. Schmeltz M.T., Gamble J.L. Risk characterization of hospitalizations for mental illness and/or behavioral disorders with concurrent heat-related illness // *PLoS One*. – 2017. – Vol. 12, № 10. – P. e0186509. DOI: 10.1371/journal.pone.0186509
13. In vivo occipital-frontal temperature-gradient in schizophrenia patients and its possible association with psychopathology: a magnetic resonance spectroscopy study / R. Shiloh, T. Kushnir, Y. Gilat, R. Gross-Isseroff, H. Hermesh, H. Munitz, R. Stryker, A. Weizman, D. Manor // *Eur. Neuropsychopharmacol.* – 2008. – Vol. 18, № 8. – P. 557–564. DOI: 10.1016/j.euroneuro.2008.04.007

⁵ Mental Health and Climate Change: Policy Brief [Электронный ресурс] / C. Corvalan, B. Gray, C. Villalobos, A. Sena, F. Hanna, D. Campbell-Lendrum. – Geneva: WHO, 2022. – 16 p. – URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/354104/9789240045125-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 12.11.2024).

14. Sharma H.S. Methods to produce hyperthermia-induced brain dysfunction // *Prog. Brain Res.* – 2007. – Vol. 162. – P. 173–199. DOI: 10.1016/S0079-6123(06)62010-4
15. Suicide and ambient temperature in East Asian countries: a time-stratified case-crossover analysis / Y. Kim, H. Kim, Y. Honda, Y.L. Guo, B.Y. Chen, J.-M. Woo, K.L. Ebi // *Environ. Health Perspect.* – 2016. – Vol. 124, № 1. – P. 75–80. DOI: 10.1289/ehp.1409392
16. Effect of high climate temperature on the behavioral and psychological symptoms of dementia / C. Cornali, S. Franzoni, R. Riello, D. Ghianda, G.B. Frisoni, M. Trabucchi // *J. Am. Med. Dir. Assoc.* – 2004. – Vol. 5, № 3. – P. 161–166. DOI: 10.1097/01.JAM.0000126422.82173.87
17. Reactivity to neural tissue epitopes, aquaporin 4 and heat shock protein 60 is associated with activated immune-inflammatory pathways and the onset of delirium following hip fracture surgery / M. Maes, P. Thisayakorn, Y. Thipakorn, S. Tantavisut, S. Sirivichayakul, A. Vojdani // *Eur. Geriatr. Med.* – 2022. – Vol. 14, № 1. – P. 99–112. DOI: 10.1007/s41999-022-00729-y
18. Is there an association between hot weather and poor mental health outcomes? A systematic review and meta-analysis / J. Liu, B.M. Varghese, A. Hansen, J. Xiang, Y. Zhang, K. Dear, M. Gourley, T. Driscoll [et al.]. // *Environ. Int.* – 2021. – Vol. 153. – P. 106533. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106533
19. Association between Ambient Temperatures and Mental Disorder Hospitalizations in a Subtropical City: A Time-Series Study of Hong Kong Special Administrative Region / E.Y.Y. Chan, H.C.Y. Lam, S.H.W. So, W.B. Goggins, J.Y. Ho, S. Liu, P.P.W. Chung // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2018. – Vol. 15, № 4. – P. 754. DOI: 10.3390/ijerph15040754
20. Effects of ambient temperature on daily hospital admissions for mental disorders in Shanghai, China: A time-series analysis / Z. Peng, Q. Wang, H. Kan, R. Chen, W. Wang // *Sci. Total Environ.* – 2017. – Vol. 590–591. – P. 281–286. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.237
21. The effect modification of extreme temperatures on mental and behavior disorders by environmental factors and individual-level characteristics in Canada / E. Lavigne, A. Maltby, J.-N. Côté, K.R. Weinberger, C. Hebborn, A.M. Vicedo-Cabrera, P. Wilk // *Environ. Res.* – 2023. – Vol. 219. – P. 114999. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114999
22. Cognitive performance during passive heat exposure in Japanese males and tropical Asian males from Southeast Asian living in Japan / T. Wijayanto, S. Toramoto, Y. Maeda, S.Y. Son, S. Umezaki, Y. Tochihara // *J. Physiol. Anthropol.* – 2017. – Vol. 36. – P. 8. DOI: 10.1186/s40101-016-0124-4
23. Increasing ambient temperature reduces emotional well-being / C. Noelke, M. McGovern, D.J. Corsi, M.P. Jimenez, A. Stern, I.S. Wing, L. Berkman // *Environ. Res.* – 2016. – Vol. 151. – P. 124–129. DOI: 10.1016/j.envres.2016.06.045
24. Acute impacts of extreme temperature exposure on emergency room admissions related to mental and behavior disorders in Toronto, Canada / X. Wang, E. Lavigne, H. Ouellette-Kuntz, B. Chen // *J. Affect. Disord.* – 2014. – Vol. 155. – P. 154–161. DOI: 10.1016/j.jad.2013.10.042
25. Empirical evidence of mental health risks posed by climate change / N. Obradovich, R. Migliorini, M.P. Paulus, I. Rahwan // *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* – 2018. – Vol. 115, № 43. – P. 10953–10958. DOI: 10.1073/pnas.1801528115
26. Influence of heat waves on daily hospital visits for mental illness in Jinan, China – a case-crossover study / X. Liu, H. Liu, H. Fan, Y. Liu, G. Ding // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2019. – Vol. 16. – P. 87. DOI: 10.3390/ijerph16010087
27. The impact of heat on mortality and morbidity in the Greater Metropolitan Sydney Region: a case crossover analysis / L.A. Wilson, G.G. Morgan, I.C. Hanigan, F.H. Johnston, H. Abu-Rayya, R. Broome, C. Gaskin, B. Jalaludin // *Environ. Health.* – 2013. – Vol. 12. – P. 98. DOI: 10.1186/1476-069X-12-98
28. Heatwaves and hospital admissions for mental disorders in Northern Vietnam / P.M. Trang, J. Rocklov, K.B. Giang, G. Kullgren, M. Nilsson // *PLoS One.* – 2016. – Vol. 11, № 5. – P. e0155609. DOI: 10.1371/journal.pone.0155609
29. Ma W., Chen R., Kan H. Temperature-related mortality in 17 large Chinese cities: how heat and cold affect mortality in China // *Environ. Res.* – 2014. – Vol. 134. – P. 127–133. DOI: 10.1016/j.envres.2014.07.007
30. Mental health among the sugarcane industry farmers and non-farmers in Peru: a cross-sectional study on occupational health / J.C. Bazo-Alvarez, J. Bazalar-Palacios, J. Bazalar, E.C. Flores // *BMJ Open.* – 2022. – Vol. 12, № 11. – P. e064396. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-064396
31. The association between overall health, psychological distress, and occupational heat stress among a large national cohort of 40,913 Thai workers / B. Tawatsupa, L.L.-Y. Lim, T. Kjellstrom, S.A. Seubsman, A. Sleigh, The Thai Cohort Study Team // *Glob. Health Action.* – 2010. – Vol. 3. – P. 5034. DOI: 10.3402/gha.v3i0.5034
32. Karthick S., Kermanshachi S., Pamidimukkala A. Impact Analysis of Heat on Physical and Mental Health of Construction Workforce. *Proc. of International Conference on Transportation and Development 2022: Transportation Planning and Workforce Development.* – Seattle, Washington: American Society of Civil Engineers, 2022. – P. 290–298. DOI: 10.1061/9780784484340.027
33. Inaba R., Mirbod S.M. Comparison of subjective symptoms and hot prevention measures in summer between traffic control workers and construction workers in Japan // *Ind. Health.* – 2007. – Vol. 45, № 1. – P. 91–99. DOI: 10.2486/indhealth.45.91
34. Effects of Occupational Heat Exposure on Traffic Police Workers in Ahmedabad, Gujarat / A. Raval, P. Dutta, A. Tiwari, P.S. Ganguly, L.M. Sathish, D. Mavalankar, J. Hess // *Indian J. Occup. Environ. Med.* – 2018. – Vol. 22, № 3. – P. 144–151. DOI: 10.4103/ijoom.IJOEM_125_18

Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Высокие температуры воздуха и психическое здоровье: риски, методы и результаты // Анализ риска здоровью. – 2025. – № 1. – С. 159–170. DOI: 10.21668/health.risk/2025.1.15

UDC 613.166

DOI: 10.21668/health.risk/2025.1.15.eng

Read
online

Research article

HIGH AMBIENT TEMPERATURES AND MENTAL HEALTH: RISKS, METHODS AND RESULTS

B.A. Revich, D.A. Shaposhnikov

Institute of Economic Forecasting of Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovskii Prospect, Moscow, 117418, Russian Federation

This work is an analytical review. Initial research data have been taken from original studies published in peer-reviewed scientific journals in 2014–2024. The following search terms were used when searching for English language sources in PubMed database: (mental health OR mental disorders OR mental illness OR suicide) AND (high ambient temperatures OR heat stress OR hot weather OR heat waves). Russian language sources were sought in eLibrary using the following keywords: mental health; mental disorders; mental diseases; suicide; high ambient temperatures; heat waves; global warming.

The review has established the following. Effects produced by high ambient temperatures on mental health have only recently become a separate research topic within a broader context of ‘Climate Change and Population Health’ studies or, as the WHO terminology puts it, ‘Population Health under Changing Climate’. In contrast to five previous reports, the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change contains a bigger section on impacts exerted by climate on mental health. Scientific evidence suggests with high confidence that exposure to high ambient temperatures and heat waves causes mental disorders. These disorders include anxiety, depression, acute post-traumatic stress, suicidal behavior, and use of psychoactive substances; they are diagnosed as both mild disorders and severe cases that require hospital admission. Effects of heat stress on human psyche are caused by complex interactions between physiological and psychological factors. The human body tries to maintain the thermal balance and this induces a whole cascade of physiological reactions, ranging from increased heart rate to dehydration. Physiological strain undermines mental health and causes sleep disorders, irritability, mental fatigue and cognitive disorders.

Keywords: climate change, heat waves, high ambient temperatures, heat stress, mental health, risk factors.

References

1. Cianconi P., Betrò S., Janiri L. The impact of climate change on mental health: a systematic descriptive review. *Front. Psychiatry*, 2020, vol. 11, pp. 74. DOI: 10.3389/fpsy.2020.00074
2. Gender, Climate change and Health. Geneva, WHO, 2014, 44 p. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/10665/144781/1/9789241508186_eng.pdf?ua=1 (November 09, 2024).
3. Padhy S.K., Sarkar S., Panigrahi M., Paul S. Mental health effects of climate change. *Indian J. Occup. Environ. Med.*, 2015, vol. 19, no. 1, pp. 3–7. DOI: 10.4103/0019-5278.156997
4. Clayton S., Manning C.M., Krygsmann K., Speiser M. Mental Health and Our Changing Climate: Impacts, Implications, and Guidance. Washington, D.C., American Psychological Association, and ecoAmerica, 2017, 70 p. Available at: <https://www.apa.org/news/press/releases/2017/03/mental-health-climate.pdf> (November 09, 2024).
5. Florido Ngu F., Kelman I., Chambers J., Aueb-Carlsson S. Correlating heatwaves and relative humidity with suicide (fatal intentional self-harm). *Sci. Rep.*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 22175. DOI: 10.1038/s41598-021-01448-3
6. Burke M., González F., Baylis P., Heft-Neal S., Baysan C., Basu S., Hsiang S. Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Clim. Change*, 2018, vol. 8, pp. 723–729. DOI: 10.1038/s41558-018-0222-x
7. Hu J., Wen Y., Duan Y., Yan S., Liao Y., Pan H., Zhu J., Yin P. [et al.]. The impact of extreme heat and heat waves on emergency ambulance dispatches due to external cause in Shenzhen, China. *Environ. Pollut.*, 2020, vol. 261, pp. 114156. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114156
8. Rozanov V.A., Grigoriev P.E., Zakharov S.E., Kryvda G.F. Analysis of completed suicides seasonality in relation to such external factors as length of the day and ambient temperature. *Suitsidologiya*, 2018, vol. 9, no. 3 (32), pp. 71–79. DOI: 10.32878/suiciderus.18-09-03(32)-71-79 (in Russian).
9. Kasatkina E.A., Shumilov O.I., Novikova T.B., Chramov A.V. Features of suicide dynamics and cyclicity and heliogeophysical and anthropogenic factors in Kola North. *Ekologiya cheloveka*, 2014, no. 2, pp. 45–50 (in Russian).
10. Grijbovski A.M., Kobelev I.M., Kukalevskaya N.N., Popova Yu.A., Baranov A.V. Associations between ambient temperature and suicide: a systematic review. *Ekologiya cheloveka*, 2023, vol. 30, no. 6, pp. 399–415. DOI: 10.17816/humeco569176 (in Russian).

© Revich B.A., Shaposhnikov D.A., 2025

Boris A. Revich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of Laboratory for Environmental Quality Prediction and Population Health (e-mail: brevich@yandex.ru; tel.: +7 (499) 129-18-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7528-6643>).

Dmitry A. Shaposhnikov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for Environmental Quality Prediction and Population Health (e-mail: dshap2014@gmail.com; tel.: +7 (499) 129-36-33; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9191-1974>).

11. Taylor L., Watkins S.L., Marshall H., Dascombe B.J., Foster J. The impact of different environmental conditions on cognitive function: A focused review. *Front. Physiol.*, 2016, vol. 6, pp. 372. DOI: 10.3389/fphys.2015.00372
12. Schmeltz M.T., Gamble J.L. Risk characterization of hospitalizations for mental illness and/or behavioral disorders with concurrent heat-related illness. *PLoS One*, 2017, vol. 12, no. 10, pp. e0186509. DOI: 10.1371/journal.pone.0186509
13. Shiloh R., Kushnir T., Gilat Y., Gross-Isseroff R., Hermesh H., Munitz H., Stryker R., Weizman A., Manor D. In vivo occipital-frontal temperature-gradient in schizophrenia patients and its possible association with psychopathology: a magnetic resonance spectroscopy study. *Eur. Neuropsychopharmacol.*, 2008, vol. 18, no. 8, pp. 557–564. DOI: 10.1016/j.euroneuro.2008.04.007
14. Sharma H.S. Methods to produce hyperthermia-induced brain dysfunction. *Prog. Brain Res.*, 2007, vol. 162, pp. 173–199. DOI: 10.1016/S0079-6123(06)62010-4
15. Kim Y., Kim H., Honda Y., Guo Y.L., Chen B.Y., Woo J.-M., Ebi K.L. Suicide and ambient temperature in East Asian countries: a time-stratified case-crossover analysis. *Environ. Health Perspect.*, 2016, vol. 124, no. 1, pp. 75–80. DOI: 10.1289/ehp.1409392
16. Cornali C., Franzoni S., Riello R., Ghianda D., Frisoni G.B., Trabucchi M. Effect of high climate temperature on the behavioral and psychological symptoms of dementia. *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, 2004, vol. 5, no. 3, pp. 161–166. DOI: 10.1097/01.JAM.0000126422.82173.87
17. Maes M., Thisyakorn P., Thipakorn Y., Tantavisut S., Sirivichayakul S., Vojdani A. Reactivity to neural tissue epitopes, aquaporin 4 and heat shock protein 60 is associated with activated immune-inflammatory pathways and the onset of delirium following hip fracture surgery. *Eur. Geriatr. Med.*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 99–112. DOI: 10.1007/s41999-022-00729-y
18. Liu J., Varghese B.M., Hansen A., Xiang J., Zhang Y., Dear K., Gourley M., Driscoll T. [et al.]. Is there an association between hot weather and poor mental health outcomes? A systematic review and meta-analysis. *Environ. Int.*, 2021, vol. 153, pp. 106533. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106533
19. Chan E.Y.Y., Lam H.C.Y., So S.H.W., Goggins W.B., Ho J.Y., Liu S., Chung P.P.W. Association between Ambient Temperatures and Mental Disorder Hospitalizations in a Subtropical City: A Time-Series Study of Hong Kong Special Administrative Region. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2018, vol. 15, no. 4, pp. 754. DOI: 10.3390/ijerph15040754
20. Peng Z., Wang Q., Kan H., Chen R., Wang W. Effects of ambient temperature on daily hospital admissions for mental disorders in Shanghai, China: A time-series analysis. *Sci. Total Environ.*, 2017, vol. 590–591, pp. 281–286. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.237
21. Lavigne E., Maltby A., Côté J.-N., Weinberger K.R., Hebborn C., Vicedo-Cabrera A.M., Wilk P. The effect modification of extreme temperatures on mental and behavior disorders by environmental factors and individual-level characteristics in Canada. *Environ. Res.*, 2023, vol. 219, pp. 114999. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114999
22. Wijayanto T., Toramoto S., Maeda Y., Son S.Y., Umezaki S., Tochihara Y. Cognitive performance during passive heat exposure in Japanese males and tropical Asian males from Southeast Asian living in Japan. *J. Physiol. Anthropol.*, 2017, vol. 36, pp. 8. DOI: 10.1186/s40101-016-0124-4
23. Noelke C., McGovern M., Corsi D.J., Jimenez M.P., Stern A., Wing I.S., Berkman L. Increasing ambient temperature reduces emotional well-being. *Environ. Res.*, 2016, vol. 151, pp. 124–129. DOI: 10.1016/j.envres.2016.06.045
24. Wang X., Lavigne E., Ouellette-Kuntz H., Chen B. Acute impacts of extreme temperature exposure on emergency room admissions related to mental and behavior disorders in Toronto, Canada. *J. Affect. Disord.*, 2014, vol. 155, pp. 154–161. DOI: 10.1016/j.jad.2013.10.042
25. Obradovich N., Migliorini R., Paulus M.P., Rahwan I. Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2018, vol. 115, no. 43, pp. 10953–10958. DOI: 10.1073/pnas.1801528115
26. Liu X., Liu H., Fan H., Liu Y., Ding G. Influence of heat waves on daily hospital visits for mental illness in Jinan, China – a case-crossover study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, pp. 87. DOI: 10.3390/ijerph16010087
27. Wilson L.A., Morgan G.G., Hanigan I.C., Johnston F.H., Abu-Rayya H., Broome R., Gaskin C., Jalaludin B. The impact of heat on mortality and morbidity in the Greater Metropolitan Sydney Region: a case crossover analysis. *Environ. Health*, 2013, vol. 12, pp. 98. DOI: 10.1186/1476-069X-12-98
28. Trang P.M., Rocklov J., Giang K.B., Kullgren G., Nilsson M. Heatwaves and hospital admissions for mental disorders in Northern Vietnam. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no. 5, pp. e0155609. DOI: 10.1371/journal.pone.0155609
29. Ma W., Chen R., Kan H. Temperature-related mortality in 17 large Chinese cities: how heat and cold affect mortality in China. *Environ. Res.*, 2014, vol. 134, pp. 127–133. DOI: 10.1016/j.envres.2014.07.007
30. Bazo-Alvarez J.C., Bazalar-Palacios J., Bazalar J., Flores E.C. Mental health among the sugarcane industry farmers and non-farmers in Peru: a cross-sectional study on occupational health. *BMJ Open*, 2022, vol. 12, no. 11, pp. e064396. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-064396
31. Tawatsupa B., Lim L.L.-Y., Kjellstrom T., Seubsman S.A., Sleight A., The Thai Cohort Study Team. The association between overall health, psychological distress, and occupational heat stress among a large national cohort of 40,913 Thai workers. *Glob. Health Action*, 2010, vol. 3, pp. 5034. DOI: 10.3402/gha.v3i0.5034
32. Karthick S., Kermanshachi S., Pamidimukkala A. Impact Analysis of Heat on Physical and Mental Health of Construction Workforce. *Proc. of International Conference on Transportation and Development 2022: Transportation Planning and Workforce Development*. Seattle, Washington, American Society of Civil Engineers, 2022, pp. 290–298. DOI: 10.1061/9780784484340.027
33. Inaba R., Mirbod S.M. Comparison of subjective symptoms and hot prevention measures in summer between traffic control workers and construction workers in Japan. *Ind. Health*, 2007, vol. 45, no. 1, pp. 91–99. DOI: 10.2486/indhealth.45.91
34. Raval A., Dutta P., Tiwari A., Ganguly P.S., Sathish L.M., Mavalankar D., Hess J. Effects of Occupational Heat Exposure on Traffic Police Workers in Ahmedabad, Gujarat. *Indian J. Occup. Environ. Med.*, 2018, vol. 22, no. 3, pp. 144–151. DOI: 10.4103/ijoem.IJOEM_125_18

Revich B.A., Shaposhnikov D.A. High ambient temperatures and mental health: risks, methods and results. *Health Risk Analysis*, 2025, no. 1, pp. 159–170. DOI: 10.21668/health.risk/2025.1.15.eng

Получена: 10.01.2025

Одобрена: 18.02.2025

Принята к публикации: 20.03.2025