УДК: 614.2, 614.8, 613.1, 551.582, 551.583, 551.586.
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2021

Риски здоровью российского населения от погодных экстремумов в начале XXI в. Часть 1. Волны жары и холода¹

Ревич Б. А.*,

Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 117418, Россия, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47

Григорьева Е. А.,

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, 679016, Россия, Еврейская автономная область, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, д. 4

Аннотация

В обзоре представлены основные материалы международных организаций (ВОЗ, ВМО, ЕС и др.) по проблеме оценки воздействия климатических рисков на здоровье городского населения и планов действий по адаптации системы здравоохранения и других управленческих структур. Систематизированы результаты российских исследований по оценке воздействия волн жары и холода на показатели смертности населения мегаполисов (Москва, Санкт-Петербург) и других больших городов, расположенных в различных климатических зонах — на арктических, приарктических и южных территориях, в условиях резко континентального и муссонного климата. Показано, что волны жары в городах с умеренным континентальным климатом приводят к более значительному приросту смертности от всех причин, чем волны холода, по сравнению с городами в других климатических зонах. В то же время в северных городах, в отличие от южных регионов и Средней Сибири, влияние на показатели смертности волн холода более выражено, чем волн жары. В целом волны холода несут гораздо большие риски для здоровья населения в северных городах, чем в южных. Значения 3%-го и 97%-го перцентилей распределения среднесуточной температуры могут быть приняты как ориентировочные показатели наступления волны холода (жары), опасной для здоровья населения, по достижении которых необходимо проведение соответствующих профилактических мероприятий. Такие пороги являются определенным аналогом гигиенических нормативов и, естественно, зависят от климатической зоны. Принятый в России Национальный план по адаптации к климатическим рискам включает меры по снижению избыточной смертности от воздействия волн жары и холода. Предусмотрено, что такие планы должны быть разработаны по всем субъектам Российской Федерации. Одной из действенных мер по снижению избыточной смертности является внедрение систем раннего оповещения о наступлении температурных волн жары и холода с одновременным использованием комплекса профилактических мер.

Ключевые слова: риск, изменение климата, волны жары и холода, смертность населения, Арктика.

Для цитирования: Ревич Б. А., Григорьева Е. А. Риски здоровью российского населения от погодных экстремумов в начале XXI в. Часть 1. Волны жары и холода // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 2. С. 12—33, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

¹ Финансирование. Исследование проведено в рамках государственного задания ИНП РАН № 168.5 «Составление и уточнение кратко-, средне- и долгосрочных прогнозов по развитию социального сектора экономики».

Health Risks to the Russian Population from Weather Extremes in the Beginning of the XXI Century.

Part 1. Heat and Cold Waves²

Boris A. Revich*,

Institute of Economic
Forecasting RAS,
Nakhimovsky prospect, 47,
Moscow, 117418, Russia

Elena A. Grigorieva,

Institute for Complex Analysis
of Regional Problems FEB RAS,
Sholom-Aleichem str., 4,
Birobidzhan, Jewish Autonomous
Region, 679016, Russia

Abstract

This literature review summarizes the results of international studies conducted by WHO, WMO, EU, and other organizations, in the areas of assessment of climate change-induced urban health risks, and development of action plans for adaptation of public health care and other public governance bodies to climate change. The results of studies of the relationships between heat waves, cold spells, and mortality rates conducted in Russian cities have also been critically reviewed. The study cites included the largest cities (Moscow, Saint-Petersburg, etc.) situated in various climate zones: Arctic, South European part of Russia, continental and monsoon climate zones. These studies showed that heat waves in the cities with moderately continental climate typically lead to greater increases in all-cause mortality rates than cold spells, relative to the cities located in other climate zones. At the same time, the health impacts of cold spells were more pronounced than those of heat waves in the north cities, which was not observed in the Russian South or Middle Siberia cities. On average, cold spells are characterized by greater health risks in the north cities than in the south cities. The values of the 3rd and 97th percentiles of long-term distributions of daily mean temperatures can be used as the threshold values for hazardous cold and heat waves. The health action plans should be activated when daily mean temperatures fall below the cold threshold, or exceed the heat threshold. The values of temperature thresholds depend upon local climates and are similar to hygienic standards. Russia has adopted a National Plan for adaptation to health risks induced by climate change. This plan includes the measures specifically aimed at reductions of excess mortality during heat waves and cold spells. The National Plan prescribes that similar plans should be developed for all administrative subjects of the Russian Federation. Implementation of heat wave (or cold spell) early warning systems in combination with other preventive measures can effectively reduce the numbers of excess deaths during extreme weather events.

Keywords: climate change, heat and cold waves, mortality, Arctic.

For citation: Revich B. A., Grigorieva E. A. Health risks to the Russian population from weather extremes in the beginning of the XXI century. Part 1. Heat and cold waves // *Issues of Risk Analysis*. Vol. 18. 2021. No. 2. P. 12—33, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Волны жары как фактор риска избыточной смертности населения

2. Волны холода как фактор риска для здоровья

3. Обсуждение

Заключение

Литература

² Financing. The study was carried out as part of the state task of the INP RAS No. 168.5 "Compilation and clarification of short-, medium- and long-term forecasts for the development of the social sector of the economy".

Введение

Природные экстремумы в определенной степени связаны с изменениями климата, и их последствия для здоровья населения становятся все более актуальной мировой проблемой [1—4]. Экстремальные климатические и погодные явления, или связанные с климатом и погодой бедствия, обычно относятся к стихийным бедствиям, вызванным конкретными климатическими и погодными условиями или их изменениями. Экстремальные погодные и климатические явления — температурные волны жары и холода, тайфуны, наводнения, засухи и др. отражают нарастающую климатическую изменчивость, продолжают вызывать значительную заболеваемость и смертность людей, негативно сказываться на психическом здоровье и благополучии, представляя собой многочисленные угрозы для населения [5—14].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила задачу снижения воздействия климатических рисков на здоровье населения в число основных целей глобального здравоохранения. Европейское бюро ВОЗ совместно с другими агентствами ООН и Европейской комиссией создали рабочую группу, рассматривающую опыт разработки Национальных планов действий по адаптации. Опыт европейских стран по реализации таких планов не только на страновом, но и на региональном, локальном уровнях обобщен в виде рекомендаций и других материалов Европейского бюро ВОЗ. После первого издания о необходимых действиях во время жары [15] ВОЗ опубликовала различные информационные материалы по этой проблеме [16—19] и др.

Опубликованный в авторитетном журнале *Lancet* фундаментальный аналитический отчет о состоянии здоровья населения в условиях меняющегося климата констатировал несколько очень важных и тревожных положений о возрастании негативных эффектов высокой температуры в 2018 г. по сравнению с предыдущими годами. Так, произошло более 220 млн дополнительных случаев воздействия жары (при каждом воздействии оценивался один человек в возрасте 65 лет и старше), что намного больше, чем в предыдущие 1986—2005 гг. [20]. В 2018 г. из-за сочетанного воздействия высоких температур и загрязнения атмосферного воздуха городов было потеряно 133,6 млрд рабочих часов, что на 45 млрд больше, чем в 2000 г.; до 5% возросла потеря производительности

труда при значениях температурного интегрального индекса WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature) сверх 24 °C [20]. На основе страновых метеорологических и демографических данных был выполнен расчет избыточной смертности населения в возрасте 65+ в период жарких дней [4]. В России избыточная смертность составила 18,6 тыс. случаев в год; близкие к ним показатели получены в Германии — 20,2 тыс. случаев, в США — около 19,0 тыс. случаев.

Исследования связи между здоровьем человека и температурой окружающей среды сосредоточены главным образом на влиянии экстремальной жары. Тем не менее неоднократно показано, что эффект холодных воздействий на здоровье населения, включая экстремально холодную погоду, зачастую сильнее, чем от жары [21—27]. Так, в обзоре, выполненном для южных стран, включая Республику Южная Корея, Таиланд, Австралию, Бразилию и др., показано, что холод наносит здоровью более значимый ущерб, чем жара: дополнительная смертность при волнах холода составляет 7,3% (95%, ДИ: 7,02—7,49%) по сравнению с волнами жары — 0,42% (95%, ДИ: 0,39—0,44%) [22]. В другом исследовании, проведенном в США для штата Иллинойс, за период с 2011 по 2018 г. было выявлено 23 834 случая переохлаждения и 24 233 случая перегрева и в то же время — 1935 летальных исходов в результате переохлаждения и 70 в результате влияния высоких температур [26]. Наиболее уязвимыми группами населения оказались взрослые в возрастной когорте старше 65 лет и афроамериканцы — их смертность была в два раза выше. У людей, которые обращались за стационарной помощью по поводу переохлаждения, нередко наблюдалось множество проблем со здоровьем, включая нарушения электролитного баланса, сердечно-сосудистые заболевания и почечную недостаточность [26].

Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь определяет волну тепла (холода) как резкое потепление (понижение температуры), связанное с адвекцией теплой (вторжением холодной) воздушной массы [28]. Именно так понимаются резкие отклонения температуры от оптимальных значений — как опасные явления погоды — при изучении их воздействия на разные стороны жизнедеятельности человека: на энергетику, сельское хозяйство, водные ресурсы и др. [29—33]. В то же

время в мировой научной литературе при исследовании влияния на здоровье человека экстремальные изменения температуры, наблюдающиеся в течение нескольких дней и иногда достаточно долго, носят название волн жары (холода), или в английской версии — heat waves (cold waves или cold spells) [23, 34—38]. В наших работах мы понимаем волны жары (холода) как периоды с аномально высокими (низкими) по сравнению с текущими значениями температурами, зачастую сочетающимися с высокой влажностью (сильным ветром), оказывающими неблагоприятное воздействие на человека и его здоровье [35, 37, 39—49]. В целом надо отметить, что температурные волны — это достаточно редкие события, происходящие не каждый год [50, 51].

Для принятия заблаговременных мер со стороны администраций больших, особенно с миллионным населением, городов необходимо использовать информацию о пороговых уровнях температуры воздуха, выше (ниже) которых смертность населения статистически достоверно возрастает, для чего надо определить, что понимать под волнами жары или холода.

Значительное число количественных определений температурных волн можно разделить на абсолютные и относительные. В первых из них отмечаются фиксированные отклонения (например, 5 или 7 °C) от пороговой температуры воздуха. В относительных определениях волна, как некоторое экстремальное явление, относящееся к редким, т. е. крайним областям распределения температуры, рассчитывается как некоторое отклонение от значения температуры, принимаемого за пороговое, или базовое. Обычно отклонение принимается за $\pm 2\sigma$ или $\pm 3\sigma$, где σ — стандартное отклонение распределения температур; это также могут быть проценты функции распределения: отклонение за 1%, 2,5%, 3%, 5%, или 95%, 97%, 97,5%, 99% процентилей для волн холода и жары соответственно. В отличие от абсолютных, использование относительных определений позволяет сравнивать результаты для разных территорий и периодов осреднения, что особенно важно в меняющемся климате [43—46].

В качестве базовой величины принимается среднесуточная, или минимальная, или максимальная за сутки температура. К основному зачастую добавляется уточняющий показатель: например, не только среднесуточная температура воздуха,

но и минимальная или максимальная — для волн холода и жары соответственно. Осреднение выполняется за год в целом; за холодный или теплый сезон; за зиму или лето. Длительность периода осреднения может также варьировать — от доступного для исследователя (1—2, несколько лет) до климатически значимого, т. е. нормы (за 30 лет). Кроме обычной, измеряемой на метеостанции температуры, может изучаться ощущаемая температура воздуха, т. е. температура, скорректированная на комплексное влияние на организм человека влажности воздуха, ветра, облачности, атмосферного давления [52, 53]. Исследуются ветро-холодовой индекс, ощущаемая температура по Стедману, физиологически эквивалентная температура и др. [20, 36, 37, 41, 49, 54]. Чтобы называться волной, период с экстремальными отклонениями выбранного показателя должен длиться непрерывно в течение нескольких последовательных дней. Используя критерий длительности, волны классифицируются как короткие и длинные [35, 47, 54, 55].

Например, Росгидрометом для определения экстремально жаркой погоды как опасного явления используется очень высокое значение температурного порога — «в период с апреля по сентябрь в течение 5 и более дней подряд значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7 °C и более», где под нормой понимается среднесуточная для данной календарной даты температура за 1961—1990 гг. [56]. На основании наших многолетних исследований определено, что к волнам жары можно отнести периоды с превышением 97%-го процентиля распределения среднесуточных температур в летние месяцы [57]. Именно эта пороговая величина включена в Методические рекомендации Роспотребнадзора [58].

При анализе температурных волн кроме их длительности дается характеристика и других показателей: время возникновения волны от начала сезона [34]; интенсивность волны, т. е. сумма градусов выше (ниже) базовой температуры [34, 51]; «волновая доля», как отношение числа дней в волне к общему числу дней с температурами выше (ниже) температурного порога, для волн жары и холода соответственно [37, 51, 59]; сдвиг по времени между началом волны и ее дальнейшим воздействием на организм человека [44, 60, 61] и др. Кроме того,

дополнительно развитию заболеваний во время волн жары и холода способствуют как общий повышенный летом (пониженный зимой) температурный фон [45, 47, 51, 62], так и загрязнение воздуха выбросами [63—67].

Цель работы: выполнить обзор исследований в России по волнам жары и холода и их влиянию на здоровье человека в начале XXI в. для обоснования мер по уменьшению их негативного воздействия.

1. Волны жары как фактор риска избыточной смертности населения

Опасность волн жары для здоровья населения особенно явственно проявилась в августе 2003 г. в Западной Европе: волна жары вызвала свыше 70 тыс. дополнительных случаев смерти. В мире стремительно растет число публикаций, посвященных последствиям воздействия температурных волн на здоровье населения, изучаемым как в северных, так и в южных регионах [22, 68—75]. По данным ВОЗ, в Европейском регионе (43 страны) в период с 2071 по 2099 г. волны жары могут привести к 47—117 тыс. случаев дополнительных смертей в год [76]. Если бы все страны осуществили намеченные Парижским соглашением по климату меры по снижению выбросов парниковых газов, то к 2030 г. во всем Европейском регионе это сохранило бы жизни 74 тыс. чел. Кроме того, подобные меры оказывают благоприятное воздействие на качество атмосферного воздуха [18]. Парижским соглашением предусмотрена возможность повышения осведомленности о сопутствующих выгодах для здоровья от сокращения вредных выбросов. Для этого Центр ВОЗ по окружающей среде и здоровью Европейского бюро ВОЗ разработал программу (CaRBonH, Carbon Reduction Benefits on Health), позволяющую определять состояние здоровья и связанные с этим экономические выгоды от снижения выбросов парниковых газов (ПГ). Такой инструмент может быть использован в качестве оценки результатов климатической политики и содействовать принятию управленческих решений. В России в этих целях возможно использовать систему мониторинга ПГ, позволяющую отслеживать динамику выбросов и соответствующие демографические данные.

Жаркие дни, определяемые Росгидрометом по 95%-м экстремумам, наблюдались в 2018 г. в различных регионах. Превышения на 9 °С среднесу-

точных температур наблюдались в междуречье Оби и Лены, где расположено большое число населенных пунктов, включая такие крупные города, как Новосибирск, Красноярск, Кемерово, Новокузнецк и др. Усредненная июньская температурная аномалия в Средней Сибири составила 4,48 °С. Высокие летние температуры также отмечались в Крыму и предгорьях Кавказа (аномалии до 4 °С) [77]. Оценка частоты, интенсивности и продолжительности волн жары на основе анализа максимальных суточных температур за июнь-август с использованием 95%-го перцентиля в течение 20-летнего периода (1980—1999 г.) на территории России подробно рассмотрена в публикации В. В. Виноградовой [33].

В четвертом докладе IPCC [78] показано, что в конце XX — начале XXI в. в мире участились волны жары. В России в ближайшие 30—40 лет произойдет дальнейшее потепление климата, причем «его скорость существенно превышает среднюю скорость мирового потепления» [79].

Во многих эпидемиологических исследованиях доказано влияние волн жары на различные показатели здоровья (обращаемость за экстренной медицинской помощью, заболеваемость, общая смертность и смертность от отдельных причин — болезней органов кровообращения, органов дыхания, пищеварения, нервной системы и др.). Во время волн жары при воздействии экстремально высоких температур происходят обезвоживание организма, нарушения микроциркуляции, что провоцирует тромбообразование с развитием инсультов, учащаются обострения и смертность от ишемической болезни и других причин. К группам наибольшего риска относятся дети младшего возраста, беременные, пенсионеры, инвалиды с ограниченной подвижностью, лица, профессиональная деятельность которых связана с пребыванием на открытом воздухе, и лица с низким уровнем доходов [23, 58, 73, 81—83]. В центре крупных городов с интенсивным транспортным движением и недостаточным озеленением образуется «остров жары», в котором проживающих там людей также можно отнести к группам повышенного риска. Высокие температуры ежегодно становятся причиной от 1 до 10% смертей среди старших возрастных групп в Европе, хотя сохраняется большая доля неопределенности в расчете потерянных лет жизни.

Москва. За последние 60 лет наблюдался выраженный тренд температуры в Москве (0,04 °C/год за 1954—2013 гг. и 0,07 °C/год за 1976—2012 гг. [84]). По прогнозам климатологов, повышение температуры воздуха в летний сезон продолжится, причем тренд по модельным данным хорошо согласуется с трендом за предыдущие годы по фактическим данным. Число экстремально жарких дней за период с начала XXI в. было больше, чем ожидалось бы по законам вероятности, при условии сохранения климата таким, каким он был в 1961—1990 гг. [77]. Согласно моделям, средняя температура в июле в Москве в середине XXI в., в соответствии со сценарием IPCC A2, увеличится на 1,2—2,0 °C, а к 2100 г. достигнет 2,5—3,6 °C по сравнению с «базовым» 1990 г. Самым жарким останется Центральный округ, а самыми «прохладными» в пределах МКАД — Юго-Запад и Северо-Запад. Самая высокая температура июля, которая ранее достигалась раз в 10 лет [85], станет нормой, усугубляемой уменьшением площадей зеленых насаждений и строительством новых зданий [86].

Смертность населения Москвы возрастает значительно (более чем на 5%) при волнах жары с пороговой среднесуточной температурой 23,6 °C [42]. Поэтому для Московского региона и окружающих областей необходимо ориентироваться на эту пороговую величину. Данный вывод подтверждается оценкой последствий жары летом 2010 г. на территории европейской части России. Тогда превышение смертности происходило в регионах со среднесуточной температурой на 5, а не на 7 °C выше «нормы» [39]. По нашим расчетам, за период с 2000 по 2012 г. (за исключением 2010 г. с продолжительной волной жары, исследованной отдельно) в Москве было идентифицировано 14 волн жары. Риски вычислялись в рамках одной и той же модели [48]. Прирост смертности в период волны жары 2010 г. в значительной мере объясняется постепенным накоплением температурного стресса в результате многодневного непрерывного воздействия жары. Этот «накопленный» эффект, зависимый от номера дня в непрерывной последовательности жарких дней, являлся «волновой добавкой» к основному эффекту жары (функции температуры воздуха). Согласно расчетам Б. Н. Порфирьева [87], экономические потери от избыточной смертности в ре-

зультате воздействия длительной жары и высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха летом 2010 г., определенные исходя из концепции полезности и актуарных подходов, находятся в пределах 97—123 млрд руб., или 1,23 — 1,57% ВРП столицы.

Результаты исследований, совместных с Департаментом природопользования и охраны окружающей среды Москвы, позволили разработать балльную шкалу опасности жары и повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха, включенную в План действий органов исполнительной власти Москвы по снижению воздействия жары и загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения [88].

Санкт-Петербург. За последние 30 лет среднегодовая температура возросла на 1,7 °C, а число дней с жаркой погодой — на 30% [89]. В жаркое лето 2010 г. во время прерывистой волны жары смертность от всех причин по сравнению с летом 2009 г. возросла на 30,2% [39]. Более подробный анализ избыточной смертности во время температурных волн приведен в публикации Б. А. Ревича с соавт. [50]. Средняя продолжительность волн жары за период 1999—2016 гг. составила 9 дней. Как и следовало ожидать, относительные приросты смертности в расчете на один день волны жары 2010 г. существенно выше, чем приросты в расчете на один день в ансамбль волн жары в другие годы. Сравнение «ожидаемой» избыточной смертности во время жары 2010 г. по использованной модели (1558 случаев) [48] с «наблюдаемой избыточной смертностью», по данным Росстата (1533 случая) [39], позволяет сделать вывод о надежности модели.

Города Арктического макрорегиона. Для выявления действия волн жары на смертность проведено двухэтапное исследование: на первом этапе выполнен анализ ежедневных показателей смертности и температуры для четырех северных городов за девятилетний период 1999—2007 гг. — в Мурманске (318 тыс.)³, Архангельске (355 тыс.), Якутске (246 тыс.) и Магадане (100 тыс.) [47]; на втором этапе — за последующие 10 лет до 2016 г. [37]. На первом этапе работ в городах изучено 29 волн жары (16 коротких и 13 длительных) и получены оценки относительного риска смертности, т. е. отношение реально наблюдавшейся смертности

³ Средняя численность населения за период исследования.

в период волны к ожидаемому значению для данных календарных дат. Короткие волны жары в северных городах оказывают более сильное влияние на уровень смертности, чем длительные волны жары. Возможное объяснение этому — «эффект жатвы»: во время длительных волн жары избыточная смертность в конце длительной волны компенсируется «эффектом жатвы» — краткосрочным смещением смертности в начале волны [13, 23, 40]. Относительный риск смертности от цереброваскулярных заболеваний (преимущественно инсульты) выше, чем от инфарктов, однако разность между этими рисками статистически недостоверна. Прирост всей естественной смертности несколько меньше увеличения смертности от инфарктов и инсультов, а относительный риск смертности от внешних причин был статистически достоверен только для возрастной группы 30—64 лет.

На втором этапе работы оценка информативности использования эффективной температуры показала, что обычная температура воздуха теснее связана с показателями смертности, чем эффективная температура. Новой, ранее не изученной характеристикой местного климата является так называемая волновая доля — отношение числа дней, входящих в ансамбли волн длительностью от 5 дней, к общему числу дней с температурами выше пороговых. Поскольку пороги температуры установлены на основе процентилях, то за 18 лет 197 дней (3% всех дней) отнесены к волнам жары. Однако не все из них вошли в ансамбли волн температуры, так как учитывались только непрерывные волны продолжительностью от 5 дней.

Южные города европейской части России. В 2000—2010 гг. волны жары в этом регионе участились по сравнению с предшествующим десятилетием. Достоверные ($p < 0,05$) положительные тренды среднегодовых и среднемесячных июльских температур выявлены по данным практически всех метеостанций Астрахани, Волгограда, Краснодара, Ростова-на-Дону, где в сумме проживают более 3,5 млн чел. Среднегодовой тренд среднеиюльской температуры за 1961—2010 гг. составил от 0,02 ($p < 0,01$) до 0,09 °C/год ($p < 0,001$) в различных городах, т. е. повсюду происходил рост летней температуры. Число экстремально жарких дней в каждом из изученных городов изменялось от 10 до 37 в год. По сравнению с 1961—1990 гг. в последующие 10 лет число экстремально жарких дней (с температурой, превышающей $\mu + 2\sigma$, где μ и σ опре-

делены как среднее арифметическое и стандартное отклонение распределения среднесуточных температур для всех дней в июле за период 1961—1990 гг.) в Волгограде увеличилось в 3 раза, в Краснодаре — в 1,5 раза; в Ростове-на-Дону увеличение было не столь значительным. Порог жары составил +29 °C в Волгограде, +28,6 °C в Астрахани, +28,2 °C в Краснодаре и +27,7 °C в Ростове-на-Дону.

В этих городах оценено влияние 22 коротких (длительностью 5—7 дней) и 19 длинных (длительностью 8 дней и более) волн жары, не считая продолжительной волны 2010 г., которая проявилась во всех городах, на показатели смертности населения. Дополнительная смертность на 100 тыс. населения во время волн жары составила: 7,6 (6,7—8,5) случаев в Волгограде; 8,1 (7,2—8,9) в Ростове; 8,5 (7,5—9,6) в Краснодаре и 10,8 (9,3—12,2) в Астрахани. Наиболее высокие риски в Астрахани объясняются рекордным числом длинных волн жары. Метаанализ риска по четырем южным городам показал статистически значимые результаты совокупной оценки риска по всем 15 изученным показателям смертности. В дни, когда температура превышала указанный порог жары, наибольшее число дополнительных смертельных исходов выявлено в Волгограде и Ростове-на-Дону.

Сравнение результатов оценки избыточной смертности во время волн жары в южных и северных городах показало более значимый эффект в южных городах. Так, относительный прирост смертности от цереброваскулярных заболеваний в возрасте 65+ во время волн жары составил в южных городах 66% (95% ДИ: 54—78%) по сравнению с 35% (13—57%) в северных городах, т. е. относительный прирост на юге почти в два раза выше, чем на севере [55].

Города Сибири с резко континентальным климатом. Температурные пороги жары в четырех городах Восточной Сибири (Братск, Чита, Красноярск, Иркутск) и двух городах Западной Сибири (Барнаул и Кемерово) гомогенны. Наиболее продолжительная волна жары (20 дней) за период исследования произошла летом 1999 г. в Братске. Расчет рисков смертности во время волн жары в крупнейшем из шести сибирских городов — Красноярске выполнен за 17 лет (1999—2015 гг.). Порог волн жары по эффективной температуре в Красноярске составил 22,4 °C. Для сравнения: среднее значение обычной температуры для всех дней выше порога жары, исчи-

сленного по обычной температуре, составило 23,3 °С. Максимальная из среднесуточных эффективных температур за период исследования была равна 29,7 °С. В Красноярске за 1999—2015 гг. было зафиксировано всего 10 волн эффективной температуры длиной от 5 дней и больше, общей длительностью 91 день, из которых только 10 дней не входили в волны «обычной» жары. Избыточная смертность во время волн жары в возрастной группе 65+ составила 22% (95% ДИ: 17—28%), преимущественно вследствие заболеваний системы кровообращения (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца).

Сравнение смертности по этой причине в Красноярске с аналогичными показателями в Ростове-на-Дону демонстрирует значительное различие в уровне смертности. В Красноярске от болезней органов дыхания умирает в 2 раза больше мужчин в возрасте 30—64 лет, чем в южной группе сравнения; в возрасте старше 65 лет — в 6 раз; среди женщин — в 2 и 9 раз соответственно. Можно предположить, что причиной является длительное воздействие загрязненного атмосферного воздуха. В Красноярске с резко континентальным климатом также оценено влияние суточных перепадов температур, в возрастной группе 30—64 лет не была доказана связь между этим показателем и смертностью, а в возрастной группе от 65 лет и больше эта связь достоверно установлена для четырех из восьми причин (ишемической болезни сердца, инсультов, других болезней системы кровообращения и всех естественных причин) [41].

Города Дальнего Востока с муссонным климатом. Владивосток. Температурный порог для волн жары равен +21,9 °С по обычной температуре воздуха или +22,2 °С по эффективной, учитывающей влажность и скорость ветра [59]. За 16-летний период (2000—2015 гг.) исследования во Владивостоке наблюдалось 11 волн жары, выявленных по критерию превышения порога «обычной» температуры, со средней длиной волны 10 дней и 7 волн жары, выявленных по критерию показателя эффективной температуры в качестве меры экспозиции к жаре, со средней длиной волны 9 дней. Риски смертности в расчете на один день жары по эффективной температуре в целом больше, чем на один день обычной жары. Этот вывод подтверждает ранее полученные результаты исследования последствий жары в Москве в 2010 г. При сравнении предсказательной спо-

собности обычной температуры воздуха и эффективной температуры как предиктора ежедневной смертности в периоды волн жары во Владивостоке предпочтение следует отдать обычной температуре: для нее были установлены более значимые приросты смертности. Наибольший по абсолютной величине статистически значимый риск установлен для показателя «другие болезни системы кровообращения (БСК), в возрасте свыше 65 лет»: прирост смертности +37% во время волн эффективной температуры. Три из шести показателей смертности, для которых получены достоверные оценки прироста смертности во время волн жары, выявили наибольший прирост смертности в те же дни, когда наблюдались волны жары, т. е. с нулевым лагом [59].

Хабаровск. В Хабаровске в условиях континентального муссонного климата Дальнего Востока волны жары продолжительностью три дня и более со среднесуточной температурой выше 95%-го перцентиля распределения среднесуточных температур в теплое время года могут привести к увеличению смертности на 36% при отсроченном эффекте в один день, что составляет 8 случаев дополнительной смертности в день [44].

Показано, что в целом на территории юга Дальнего Востока, охватывающей Амурскую и Еврейскую автономную области и Хабаровский край, частота волн жары с 1950-х гг. постоянно возрастает, с максимальным их количеством и интенсивностью на континентальных станциях. В течение летних сезонов волновая доля — величина, показывающая долю дней с волной от всех дней с экстремальными температурами за сезон, составила в среднем 35% [51]. Самое жаркое лето за период с 2000 по 2017 г. было в 2008 г., когда наблюдалось две волны в июне, четыре в июле и одна в августе [46]. В июле 2011 г. мощная волна жары была вызвана стационарированием на юге Дальнего Востока малоподвижного антициклона [90], длилась до 25 дней и охватила огромную территорию на севере и в центральной части Хабаровского края [44, 51].

Волны жары и некоторые другие показатели здоровья населения. Наряду с избыточной смертностью во время волн жары увеличиваются и число вызовов скорой медицинской помощи, и число госпитализаций с теми или иными нарушениями здоровья. Это доказано исследованиями в Москве во время

жары 2010 г. [91] и Петрозаводске [92]. В Симферополе частота вызовов скорой медицинской помощи в июле была связана с высокими температурами и повышенными концентрациями озона в атмосферном воздухе [93]. В Томске было проведено сопоставление метеорологических данных и показателей развития острой коронарной недостаточности на основе регистра больных с острым инфарктом миокарда за 25 лет. Установлено, что в периоды дней с наиболее высокими температурами (5 дней подряд со среднесуточной температурой выше $\mu + 1,25\sigma$, где μ и σ есть среднее арифметическое и стандартное отклонение распределения среднесуточных температур) состояние этих больных характеризовалось церебральными нарушениями и нестабильностью артериального давления. Также статистически достоверно увеличилось число госпитальной летальности [94].

Новый аспект исследований влияния волн жары на психическое здоровье возник недавно, но в ряде публикаций сообщается об увеличении в этот период частоты суицидов и других нарушений [95—98]. В Москве во время волны жары летом 2010 г. число суицидов возросло в два раза в июле и в полтора раза в августе [39]. При последующем статистическом анализе достоверность этих различий не подтвердилась [88], но это явное свидетельство нарушений психического здоровья во время жары. Подтверждают этот факт и исследования нарушений высшей нервной деятельности, приводящих к снижению внимания, координации, увеличению числа ДТП во время жары. Согласно биометеорологическому исследованию в Китае [99], установлен достоверный прирост числа госпитализаций жертв ДТП в городе Чэнду при увеличении среднемесячной температуры воздуха. Увеличение числа ДТП в жару объясняется тепловым стрессом, физиологическим дискомфортом и усталостью организма, приводящими к потере концентрации внимания. Однако следует учитывать, что в летние месяцы повышается интенсивность движения, что также увеличивает число ДТП.

В докладе IPCC [78] также указано на возможное воздействие волн жары на репродуктивное здоровье женщин. В обстоятельном обзоре, опубликованном в 2017 г., приведены данные о зависимости между экстремально высокими температурами и исходами беременности, включая мертворождения, вес новорожденного, неонатальный стресс [100].

Риски для здоровья населения от сочетанного воздействия волн жары и загрязнения атмосферного воздуха. Чрезвычайные события лета 2010 г. в Москве особенно остро актуализировали проблему совместного воздействия высокой температуры и повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными взвешенными частицами, в результате избыточная смертность достигла за 40 дней блокирующего антициклона 11 тыс. случаев [63]. Сочетанное воздействие на смертность населения Москвы высокой температуры и повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха за 2007—2014 гг. также показано и в работе С. Бойцова и соавт. [65]. Авторами показано, что относительный риск воздействия волны жары на смертность от всех причин составляет 1,46 и от болезней системы кровообращения 1,65, т. е. смертность возрастает примерно в полтора раза.

Сравнение загрязнения атмосферного воздуха в Москве и других мировых мегаполисах показывает, что для большинства крупных городов тенденции снижения загрязнения атмосферного воздуха монооксидом углерода, диоксидом серы и PM_{10} аналогичны. При этом среднегодовые концентрации загрязняющих веществ во всех рассматриваемых городах характеризуются высокой пространственной изменчивостью.

К сожалению, определение взвешенных веществ (PM) организовано только в нескольких российских городах; даже в городах, включенных в Федеральный проект «Чистый воздух», такие системы отсутствуют. Мониторинг PM в настоящее время — абсолютная необходимость, учитывая доказанные связи между заболеваемостью/смертностью населения от COVID-19 и степенью загрязнения атмосферного воздуха [101].

Итак, выявленные существенные нарушения функционирования организма во время волн жары приводят к тяжелым утратам здоровья, к снижению числа здоровых лет жизни, что в итоге отражается на экономических показателях [38, 59, 87, 98].

2. Волны холода как фактор риска для здоровья

Холод представляет собой достаточно серьезную проблему для здоровья. Россия остается холодной страной с отрицательной среднегодовой температурой $-5,4^\circ\text{C}$ и температурой января $-25,2^\circ\text{C}$. Сибирская часть России известна своей экстремальной погодой с очень холодной зимой. Самое холодное

место в центральной части Сибири — Оймякон, расположенный в Республике Саха (Якутия), где зимняя температура в январе может быть ниже -55°C .

При действии холодового фактора поддержание температурного гомеостаза в организме человека, т. е. способность сохранять температуру ядра тела на нормальном уровне, обеспечивается повышением теплопродукции и (или) снижением теплоотдачи и проявляется в понижении температуры тела и кожи, повышении уровня основного обмена, адаптивных сдвигах в системе дыхания, выражающихся в увеличении легочной вентиляции, и др., т. е. компенсаторно-приспособительными реакциями терморегуляторной, кардиореспираторной и иммунной систем. Длительное нахождение в условиях экстремально холодных температур может привести к смерти от переохлаждения, что регулярно регистрируется в России. Неблагоприятное воздействие холода в целом и кратковременных экстремально пониженных температур воздуха приводит к появлению и (или) обострению многих заболеваний, в первую очередь системы кровообращения и органов дыхания; наиболее уязвимыми считаются дети и представители старшей возрастной когорты [26, 37, 64, 66, 67, 82, 83, 102—108].

При значительной межгодовой изменчивости температуры холодного периода на территории России средняя температура зимы за последние 50 лет увеличилась, с одновременным уменьшением повторяемости экстремально холодных дней [109]. Значительные тренды в начале XXI в. отмечены для Санкт-Петербурга и Мурманска (около $0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет), для Архангельска (более $1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет) [50]; в то же время на юге Сибири увеличилась повторяемость морозных дней [109]. Оценка частоты, интенсивности и продолжительности волн холода на основе использования 5%-го перцентиля распределения минимальных суточных температур за декабрь-февраль в течение 20-летнего периода (1961—2010 гг.) показала, что для территории России в целом уменьшение количества волн за период исследования происходит на фоне роста минимальных температур. В то же время для периода в начале XXI в. на юге Сибири, в южной и центральной частях ЕТР установлены области с выраженным увеличением числа длительных волн холода, их продолжительностью и снижением минимальной температуры воздуха, что может говорить о нарастании климатической экстремальности в условиях

современных изменений климата [32]. Для Москвы и центральных областей европейской части России за период с 1976 по 2018 гг. показано убывание экстремумов и волн холода, выраженных 5%-процентилем и 10%-процентилем непрерывных эпизодов в течение 5 дней и более соответственно [110].

Москва. В исследовании волн холода, проведенном для Москвы по данным за период с 2000 по 2012 гг. с использованием 3%-го перцентиля среднесуточных температур, было выявлено 9 волн холода. Наивысший риск дополнительной смертности был определен для ишемической болезни сердца и цереброваскулярных заболеваний как в когорте лиц работоспособного возраста (30—64 лет), так и для пожилого населения, а также для респираторных заболеваний в старшей возрастной группе [48], подтверждая тезис о высокой чувствительности пожилого населения к негативному воздействию низких температур.

Южные города европейской части России. При определении волны по 3%-му перцентилю среднесуточной температуры воздуха показан относительный прирост смертности, равный 10% в расчете на каждый день волны, что значительно меньше, чем при волнах жары. В зоне высокого риска находятся лица старшей возрастной когорты с болезнями системы кровообращения [41]. Выявленное отсроченное воздействие составляет 2—3 дня, что согласуется с литературными данными [24, 60]. Можно отметить, что наиболее сильное влияние обнаружено для коротких волн по сравнению с длинными, что можно объяснить проявлением «эффекта жатвы» [23, 41].

Города Сибири с резко континентальным климатом. Определение волн холода проводилось по эффективной температуре, учитывающей влияние ветра; в качестве пороговой величины был взят 3%-й перцентиль многолетнего распределения среднесуточных значений при длительности соблюдения порога не меньше 5 дней. Так, в Красноярске волны холода приводят к приросту смертности в день на 7,3% (95%, ДИ: 1,1—13,8%) и 6,3% (95%, ДИ: 1,7—11,2%) для когорты 30—64 года и старшей возрастной группы соответственно, что значительно меньше, чем при воздействии волн жары [41].

Города Арктического макрорегиона. Идентификация волн холода выполнялась по значениям ниже 3%-го перцентиля среднесуточной температуры воздуха и ветро-холодового индекса, позволяющего уточнить жесткое совместное действие на организм

человека температуры и ветра, непрерывно в течение не менее 5 дней. Волновая доля составила от 45 до 70% для климата Мурманска и Якутска соответственно, т. е. увеличивалась при усилении континентальности изучаемого региона. Как и в ранее проведенных исследованиях для других регионов России, волны холода оказывают более сильное влияние на смертность пожилого населения с заболеваниями системы кровообращения. В то же время для средней возрастной когорты отмечено воздействие на смертность в группе внешних причин. Интересно заметить, что не всегда уточнение по дополнительному воздействию ветра дает усиление воздействия: в Мурманске статически значимые результаты выше для связи между смертностью и ветро-холодовым индексом, а в Якутске — со среднесуточной температурой [37]. Скорее всего, это можно объяснить тем, что в морском климате Мурманска жесткость погоды увеличивается при усилении ветра, а в ультраконтинентальном климате Якутска — при сурово-морозных, но в основном штилевых условиях [50].

Отдельная работа была выполнена для Архангельска с использованием в качестве базовых нескольких предикторов. В число пороговых была включена условная температура, рассчитанная с помощью биоклиматического индекса Universal Thermal Climate Index (UTCI), который аккумулирует в себе действие температуры и влажности воздуха, ветра, атмосферного давления и облачности. Было выявлено статистически значимое увеличение показателей смертности при прохождении волны холода в зависимости от пола: при идентификации волны с использованием среднесуточной температуры воздуха для женщин и минимального суточного значения UTCI для мужчин. Скорее всего, различия можно связать с разным характером физической и социальной деятельности мужчин и женщин в зимний сезон [50].

Сравнение южных и северных территорий показало, что в целом волны холода несут гораздо большие риски для здоровья населения в арктических городах, чем в южных. В то же время в северных городах, в отличие от южных регионов и Средней Сибири, влияние на показатели смертности волн холода более выражено, чем волн жары [37, 50].

Города Дальнего Востока с муссонным климатом. Использование 3%-го перцентиля распреде-

ления среднесуточных температур за период с 1999 по 2017 г. и длительность от 3 дней и выше в качестве критерия для определения волн холода в континентальной части юга Дальнего Востока в условиях муссонного климата умеренных широт не показало выраженного тренда в количестве волн холода. Самой суровой была зима 2012—2013 гг. с максимальным количеством и кумулятивным эффектом выявленных волн [51]. В Хабаровске зима 2010—2011 гг. была самой холодной: зарегистрировано четыре волны холода, из них одна в январе длилась непрерывно 12 дней [46]. Как и ранее для континентального климата Сибири [41], выявлено, что воздействие на здоровье населения во время волн холода меньше, чем во время волн жары. Тем не менее в целом смертность как общая, так и в старшей возрастной когорте, в первую очередь сердечно-сосудистая, намного выше в холодный период года, особенно в январе, что подтверждает факт негативного воздействия суровых холодных условий российского Дальнего Востока на терморегуляторную систему организма человека [51].

Отдельная работа была выполнена для Владивостока, находящегося в морском муссонном климате, для которого во время волн холода за период 2000—2016 гг. были выявлены статистически значимые приросты смертности при заболеваниях сердечно-сосудистой системы в возрастной когорте трудоспособного населения. В то же время для населения старшего возраста значимых рисков холода не выявлено. В отличие от континентальной части юга Дальнего Востока, для Владивостока с морским климатом было показано более сильное влияние волн холода, чем волн жары [59]. Одним из объяснений может быть установленное более высокое значение волновой доли во Владивостоке (64% для волн холода и 57% для волн жары [59]) по сравнению с континентальной частью (40% для волн холода и 36% для волн жары [51]), что говорит о более высокой экстремальности зимней погоды в морском климате.

3. Обсуждение

Итак, сопоставление эффектов разных типов температурных волн демонстрирует большую опасность длинных волн для здоровья населения. Основными причинами избыточной смертности во время волн жары и холода являются заболевания сердечно-сосудистой системы. В южных городах

относительный прирост естественной смертности во время волн холода составляет 10% в расчете на каждый день, что значительно меньше, чем во время волн жары. Отметим разницу эффектов температурных волн в двух столицах — Москве и Санкт-Петербурге. Более выражены негативные последствия от волн жары в Москве, а от волн холода они в большей степени проявились в Санкт-Петербурге (таблица).

Длительность периодов жары и холода в городах Арктического макрорегиона зависела от типа климата: если в Мурманске в условиях морского климата волны жары не продолжались длительное время (в них вошли только 25% дней с температурами выше пороговой), то в Якутске, с континентальным климатом и плавным изменением температуры, из-

за длительных антициклонов 83% дней с эффективной температурой выше порогового значения вошли в ансамбль волн жары. Аналогичные различия проявляются и относительно волн холода. В этих городах только в Архангельске и Якутске риски избыточной смертности при воздействии волн холода выше, чем риски от волн жары. Подтвержден вывод по первому этапу работ о том, что основной вклад в повышение общей смертности вносят болезни системы кровообращения, а в среднем возрасте влияют еще и внешние причины [37].

Таким образом, систематизация результатов исследований смертности во время температурных волн показывает, что волны жары приводят к более значительному приросту смертности от всех причин, чем волны холода, в городах с умеренным

Таблица. Относительные риски смертности во время волн жары и холода в городах различных климатических зон России [59]⁴

Table. Relative risks of mortality during heat and cold waves in cities of different climatic zones of Russia

Город (население на середину периода исследования)	RR _{heat}		RR _{cold}	
	30—65 лет	65+	30—65 лет	65+
Архангельск	1,03	1,14*	1,29*	1,16*
Мурманск	1,08	1,01	1,09	1,24*
Якутск	1,04	1,03	1,57*	1,26*
Магадан	1,44	1,23	1,01	1,39*
Волгоград	1,25*	1,39*	1,12*	1,10*
Ростов-на-Дону	1,20*	1,39*	1,16*	1,12*
Астрахань	1,42*	1,58*	1,23*	1,14*
Краснодар	1,24*	1,37*	1,14	1,17*
Красноярск	1,10	1,14*	1,17*	1,04
Санкт-Петербург	1,01	1,09	1,09*	1,07
Москва	0,92*	1,12*	1,04	1,05*
Владивосток	1,17*	1,09	1,30*	1,11

Примечания: RR_{cold} и RR_{heat} — относительные риски смертности во время волн холода и жары.

* Риск значим на 95%-ном уровне.

Источники: Москва: [42, 63], Санкт-Петербург: [50], Волгоград, Ростов-на-Дону, Астрахань: [55], Красноярск: [41], Архангельск, Мурманск, Магадан, Якутск: [47, 50], Владивосток: [59].

⁴ Исследование проведено совместно с канд. физ.-мат. наук, ст. научным сотрудником ИНП РАН Д. А. Шапошниковым.

континентальным климатом по сравнению с городами в других климатических зонах. Значение 97%-го перцентиля температур может быть принято как ориентировочный показатель наступления волны жары, опасной для здоровья населения, по достижении которого необходимо проведение соответствующих профилактических мероприятий. Такие пороги являются определенным аналогом гигиенических нормативов и, естественно, зависят от климатической зоны. Однако если предельно допустимая концентрация или предельно допустимый уровень обозначает определенный норматив качества окружающей среды, который достигается за счет различных технологических, природоохранных или иных мероприятий, то с климатическими рисками ситуация принципиально иная и требует внедрения комплексных планов действий на федеральном, региональном и городском уровнях.

Для адекватной защиты здоровья населения от воздействия волн жары необходимы знания о порогах температуры воздуха, при превышении которых следует осуществить комплекс профилактических мероприятий. В рамках доказательной медицины такой температурный порог может быть определен с помощью численного критерия риска для здоровья на основе эколого-эпидемиологических исследований и использования перцентилей многолетнего распределения среднесуточных температур в летнее время. Обоснование пороговых значений температуры с позиции риска для здоровья представляет собой шаг вперед по сравнению с чисто «синоптическим» подходом, содержащимся в материалах ВМО и Росгидромета по определению жары как экстремального явления. Результаты наших исследований показывают, что для практических целей защиты населения оправдан выбор порога на уровне 97%-го перцентиля. За последние 25 лет по сравнению с предыдущим периодом значительно возросли как средние летние температуры, так и значения 97%-го перцентиля. Предыдущими нашими работами по оценке воздействия волн жары на показатели смертности населения в городах установлено достоверное повышение смертности при среднесуточной температуре, превышающей 97—98%-й перцентиль в течение 5—7 последовательных дней (короткие волны) или более 7 дней (длинные волны) [54]. Именно в центрах мегаполисов с высокой концентрацией

высотных зданий, скоплением автотранспорта, недостатком зеленых насаждений возникают острова жары с наибольшей температурой.

Обобщение результатов исследований двух наиболее чувствительных климатозависимых заболеваний (инфаркт и инсульт) в различных городах страны по сопоставимым методикам [48, 59] и на сопоставимых периодах исследования позволяет сделать вывод, что при высоких температурах в наибольшей степени увеличивалась избыточная смертность от ишемической болезни сердца и инсультов во всех четырех южных городах. Таким образом, предположение о том, что жители южных городов адаптированы к высоким температурам, не подтвердилось: здесь относительный прирост смертности выражен в большей степени, чем в северных городах. Избыточная метеозависимая смертность при превышении среднесуточными температурами пороговой величины возрастает и в европейских городах с умеренным климатом: на 1,1—3,7% на 1 °C, а в городах с субтропическим муссонным климатом — на 2,8—3,0% на 1 °C.

Для успешной адаптации к местным проявлениям изменения климата существенное значение имеет планирование развития городских территорий, так как значительная часть климатических рисков приходится на городские районы. Продолжающаяся миграция сельского населения и городских жителей из небольших городов в более крупные, особенно в южных районах, приводит к увеличению популяционных рисков от волн жары. При этом именно в мегаполисах с их относительно широкими (по сравнению с другими территориями) финансовыми возможностями наиболее реально осуществление мер адаптации к изменениям климата всего городского хозяйства, в том числе его социального блока, посредством эффективных действий городских властей, поддерживаемых грамотным управлением на разных уровнях. В связи с этим важна разработанная П. Константиновым и Н. Шартовой [111] классификация российских мегаполисов по параметру «относительная характерность волн жары» с расчетом отношения между средней за весь теплый период максимальной суточной температуры и средним суточным максимумом во время волн жары. Число дней с максимальными температурами, превышающими 95%-й перцентиль,

по сценарию умеренного потепления RCP4.5 в теплый период середины XXI столетия в наибольшей степени увеличится на юге европейской части России, в Западной Сибири, в Якутии, на севере Чукотки и в Приморском крае. При более «жестком» сценарии RCP8.5 число таких дней еще в большей степени увеличится на Таймыре, юге Чукотки и севере Камчатки [33]. Эти ситуации чреваты дальнейшими нарушениями традиционного природопользования коренных народов Севера, разрушением мест хранения продуктов на территориях многолетних мерзлых грунтов. Сопряженный прогноз избыточной смертности на основе ансамблевых расчетов региональной климатической модели Главной геофизической обсерватории им. Воейкова по Архангельску, Мурманску и Якутску показал, что в этих городах ожидается снижение зимней смертности: смертность от всех естественных причин в возрасте от 30 лет к 2090—2099 гг. по сравнению с 1990—1999 гг. в сценарии сильного радиационного воздействия на климатическую систему RCP8.5 снизится в Мурманске на 4,5% (95% ДИ: 1,1—7,9), в Архангельске — на 3,1% (1,1—5,1) и в Якутске — на 3,6% (95% ДИ: 0,3—7,0). Снижение зимней смертности по абсолютной величине значительно превышает одновременное повышение летней смертности вследствие потепления климата в XXI в. Результирующее относительное снижение смертности в российской Арктике может быть в несколько раз более значимым, чем в Северной Европе, при этом доверительные интервалы полученных оценок близки по величине [57]. Возможно также возрастание числа волн жары и на юге европейской части России [33], причем в наиболее неблагоприятной метеорологической ситуации через 20—30 лет окажутся жители крупных южных городов, в особенности Астрахани, где наблюдаются наиболее длинные и опасные для здоровья волны жары. Продолжающаяся аридизация территории Калмыкии, Волгоградской области, Краснодарского края и других южных областей увеличит поступление пыли в атмосферный воздух населенных мест, что негативно скажется на показателях здоровья населения и осложнит эпидемиологическую обстановку.

Естественно, часть этого ущерба здоровью можно предотвратить, своевременно оповещая население о наступлении жары и проводя определенные

профилактические мероприятия. В разных странах системы оповещения населения построены по различным принципам. Трехступенчатая система оповещения функционирует в Филадельфии, причем предусмотрены различные профилактические мероприятия в зависимости от прогноза погоды. В Германии метеорологическая служба (DWD) с мая по сентябрь ежедневно контролирует тепловую нагрузку, публикуя в 10 часов предупреждения о наступлении жары⁵. Гидрометцентр России совместно с МГУ им. Ломоносова и рядом европейских метеорологических организаций разрабатывает новую систему мезомасштабного численного моделирования погоды, и поэтому будет возможность заблаговременно подготовиться к температурным волнам, опасным для здоровья населения. Более того, к 2025 г. Европейский центр среднесуточных прогнозов погоды планирует подготовить оперативную модель с шагом сетки 2 км [112]. Такая сеть позволит в мегаполисах получить прогнозы погоды по десяткам и сотням территориальных единиц, например, в Москве в пределах МКАД по 220 точкам. В России миллионы человек проживают в мегаполисах и других крупных городах и подвергаются воздействию волн жары, однако за все время было разработано всего два плана действий по адаптации — в Архангельской области в рамках проекта Европейского бюро ВОЗ и в Москве. После жары 2010 г. специалисты Национального медицинского центра кардиологии МЗ РФ на основании серии клинико-эпидемиологических исследований разработали систему комплексной профилактики осложнений сердечно-сосудистых заболеваний [113, 114]. Даже короткие волны жары продолжительностью 3—5 дней, без которых практически не обходится ни одно московское лето, приводят к увеличению числа осложнений у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями в 4,5 раза [115].

В то же время при прохождении волн холода необходимо помнить о важности проведения комплекса профилактических мер на индивидуальном и популяционном уровнях. Так, для гарантии безопасности нахождения на открытом воздухе, а тем более при работе в условиях экстремально холодных погод, необходимы четкое планирование

⁵ www.dwd.de/warnungen

и организация передвижения транспорта и персонала в зависимости от ощущаемой температуры наружного воздуха; соблюдение режима работы и отдыха, включая обогрев в целях нормализации теплового состояния; обеспечение рабочих калорийным питанием, надлежащей одеждой и периодической сменой предметов одежды (обувь, носки, перчатки). Если нельзя изменить условия, то возможно минимизировать вред здоровью от воздействия жестких морозных погод, снизить потенциальный риск утраты работоспособности при появлении или обострении хронических заболеваний.

Заключение

Для адекватной защиты здоровья населения от воздействия температурных волн необходимы знания о порогах температуры воздуха, при превышении которых следует осуществлять комплекс профилактических мероприятий. В рамках доказательной медицины такие температурные пороги могут быть определены с помощью численного критерия риска для здоровья на основе эколого-эпидемиологических исследований и использования процентилей многолетнего распределения среднесуточных температур в летний и зимний сезоны. Обоснование пороговых значений температуры с позиции риска здоровью представляет собой шаг вперед по сравнению с чисто «синоптическим» подходом, содержащимся в материалах ВМО и Росгидромета по определению жары как экстремального явления. Результаты наших исследований показывают, что в летний период для практических целей защиты населения оправдан выбор порога на уровне 97—98-го перцентиля. За последние 25 лет по сравнению с предыдущим периодом значительно возросли как средние летние температуры, так и значения указанных процентилей. В то же время можно ожидать, что в ходе глобального потепления чрезмерная смертность из-за увеличения числа жарких дней может быть частично скомпенсирована снижением количества волн холода.

Постановление Правительства России по разработке Национального плана адаптации к климатическим рискам, принятое в 2019 г., возможно, в какой-то степени решит задачу снижения климатических рисков для здоровья населения.

ЛИТЕРАТУРА [References]

1. Stott P. How climate change affects extreme weather events. *Science*. 2016; 352(6293):1517-1518. doi:10.1126/science.aaf7271.
2. The Global Risks Report 2020, 15th edition. Available from: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf.
3. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019. WMO-No. 1248. WMO, 2020. 40 p.
4. Watts N., Amann M., Arnell N., [et al.] The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *Lancet*. 2021; 397(10269):129—170. doi:10.1016/s0140-6736(20)32290-x.
5. World Health Organization, 2014. Gender, Climate change and Health. Switzerland: (https://www.who.int/global-change/publications/reports/gender_climate_change/en/)
6. Ebi K.L., Bowen K. Extreme events as sources of health vulnerability: Drought as an example. *Weather and Climate Extremes*. 2016; 11:95—102. doi:10.1016/j.wace.2015.10.001.
7. Кокорин А. О. Смерчей и тайфунов у нас не было. *Международная жизнь*. 2017; 7:163-170. [Kokorin A. O. We did not have tornadoes and typhoons. *Int Affairs*. 2017; 7:163-170 (In Russ.)].
8. Кононова Н. К. Изменение характера циркуляции атмосферы — причина роста повторяемости экстремумов. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2017; 3 (69, 3-1):174-191. [Kononova N. K. Changes in the nature of atmospheric circulation — the reason for the increase in the frequency of extremes. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2017; 3 (69, 3-1):174-191 (In Russ.)].
9. Ma W., Jiang B. Health Impacts Due to Major Climate and Weather Extremes. In: Lin H., Ma W., Liu Q. (eds) *Ambient Temperature and Health in China*. 2019. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2583-0_4.
10. Бардин М. Ю., Ранькова Э. Я., Платова Т. В., Самохина О. Ф., Антипина У. И. Обзор современного состояния и изменений климата РФ. *Использование и охрана природных ресурсов в России*. 2020; 3 (163):69-77. [Bardin M. Yu., Rankova E. Ya., Platova T. V., Samokhina O. F., Antipina U. I. Review of the current state and climate changes in the Russian Federation. *Use and Protection of Natural Resources in Russia*. 2020; 3 (163):69-77 (In Russ.)].

11. Cianconi P., Betrò S., Janiri L. The Impact of Climate Change on Mental Health: A Systematic Descriptive Review. *Frontiers in psychiatry*. 2020;11:74. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.00074>.
12. EM-DAT. Human Cost of Disasters. An overview of the last 20 years 2000-2019. Brussels Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), UNDRR. 2020. (<http://www.emdat.be/database>).
13. Shah M. A. R., Renaud F. G., Anderson C. C., Wild A., et al. A review of hydro-meteorological hazard, vulnerability, and risk assessment frameworks and indicators in the context of nature-based solutions. *Int J Disaster Risk Reduction*. 2020; 50:101728. doi:10.1016/j.ijdr.2020.101728.
14. Ebi K. L., Vanos J., Baldwin J. W., et al. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. *Annual Review of Public Health*. 2021;42. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>.
15. Периоды сильной жары: угрозы и ответные меры. ВОЗ, 2005. 121 с. [Heatwaves: threats and responses. WHO, 2005. 121 p. (In Russ.)].
16. World Health Organization, 2013. Protecting health from climate change: vulnerability and adaptation assessment.
17. Изменение климата и здоровье. Женева: ВОЗ; 2017 (Информационный бюллетень; [Climate change and health. Geneva: WHO; 2017 (Newsletter) (In Russ.)]. <http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>. Дата обращения: 02.02.2021).
18. Защита здоровья населения Европейского региона от изменений климата: обновления на 2017 г. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2017 (на англ. яз.) (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/355792/Protecting_Health_Europe_From_Climate_Change.pdf. Дата обращения: 02.02.2021).
19. Наводнения: управление рисками для здоровья в европейских государствах — членах ВОЗ (2017). Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2017 [Floods: Managing health risks in WHO European Member States (2017). Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017 (In Russ.)]. (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/363466/9789289052856-rus.pdf. Дата обращения: 02.02.2021).
20. Watts N., Amann M., Arnell N., [et al.] 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(10211):1836—1878. doi:10.1016/S0140-6736(19)32596-6.
21. Hajat S., Kovats R.S., Lachowycz K. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? *Occupational and Environmental Medicine*. 2007;64:93-100. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2006.029017>.
22. Gasparrini A., Guo Y., Hashizume M. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet* 2015;386:369—75. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0).
23. Seldenrich N. Between Extremes: Health Effects of Heat and Cold. *Environmental Health Perspectives*. 2015; 123(11): A275-280. doi:10.1289/ehp.123-A275.
24. Smith E. T., Sheridan S. C. The influence of extreme cold events on mortality in the United States. *Sci Total Environ*. 2019; 647:342—351. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.07.466.
25. Sera F., Armstrong B., Tobias A., et al. How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis. *Int J Epidemiol*. 2019; 48: 1101—12. <https://doi.org/10.1093/ije/dyz008>.
26. Friedman L.S, Abasilim C., Fitts R., Wueste M. Clinical Outcomes of Temperature Related Injuries Treated in the Hospital Setting, 2011-2018. *Environmental Research*, 2020;189:109882. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109882>.
27. Zheng S., Zhu W., Shi Q., et al. Effects of cold and hot temperature on metabolic indicators in adults from a prospective cohort study. *Sci Total Environ*. 2021;772: 145046. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145046>.
28. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / Под ред. А.И. Бедрицкого. СПб.; М.: Летний сад, 2008. Т. 1: А—И. 336 с. [Russian hydrometeorological encyclopedia / ed. by A. I. Bedrisky. SPb.; Moscow: Letnii Sad, 2008. Vol. 1: A-I. 336 p. (In Russ.)].
29. Дуйцева М. А., Педь Д. А. Особенности волн холода и тепла на Европейской территории СССР. Труды Центрального института прогнозов. 1963; 123:34—62. [Dujceva M. A., D. A. PED Features waves of heat and cold in the European territory of the USSR. Trudy Tsentralnogo instituta prognozov, 1963; 123:34-62 (In Russ.)].
30. Клещенко Л. К. Волны тепла и холода на территории России. Труды ГУ ВНИИГМИ МЦД. 2010;175:76-91. [Kleshchenko L. K. Heat and cold waves on the territory of Russia. Trudy GU VNIIGMI MTsD. 2010;175:76-91. (In Russ.)].
31. Морозова С. В. Прогноз волн тепла и холода для Саратовской области с использованием физико-статистического метода В. Ф. Мартазиновой «плавающий аналог». Труды Гидрометцентра России. 2017;363:138—

159. [Morozova S. V. Forecast of heat and cold waves for the Saratov region using the physical and statistical method of V. F. Martazinova “floating analog”. *Trudy Gidromettsentra Rossii*. 2017;363:138—159. (In Russ.)].
32. Виноградова В. В. Зимние волны холода на территории России со второй половины XX века. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2018;3:37-46. [Vinogradova V. V. Winter cold waves on the territory of Russia since the second half of the twentieth century. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2018;3:37-46. (In Russ.)] doi: 10.7868/S2587556618030056.
33. Виноградова В. В. Тепловое воздействие на территории России в середине XXI века по модельным данным. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2020;3:404-413 [Vinogradova V. V. Thermal impact on the territory of Russia in the middle of the XXI century according to model data. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2020;3:404-413 (In Russ.)]. DOI: 10.31857/S2587556620030115.
34. Barnett A. G., Hajat S., Gasparrini A., Rocklöv J. Cold and heat waves in the United States. *Environ. Res.* 2012;112:218—224. doi:10.1016/j.envres.2011.12.010.
35. Revich B. A., Shaposhnikov D. A. Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia. *Studies on Russian Economic Development*. 2012;23:195—207.
36. Basarin B., Lukić T., Matzarakis A. Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia. *Int. J. Biometeorol.* 2016; 60 (1):139—150. doi:10.1007/s00484-015-1012-z.
37. Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Анисимов О. А., Белолуцкая М. А. Волны жары и холода в городах, расположенных в арктической и субарктической зонах, как факторы риска повышения смертности населения на примере Архангельска, Мурманска и Якутска. *Гигиена и санитария*. 2018;9:791-799. [Revich B. A., Shaposhnikov D. A., Anisimov O. A., Belolutskaia M. A. Heat and cold waves in cities located in the Arctic and Subarctic zones as risk factors for increasing population mortality on the example of Arkhangelsk, Murmansk and Yakutsk. *Hygiene and Sanitation*. 2018;9:791-799. (In Russ.)] DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798.
38. Otrachshenko V. Popova O., Solomin P. Misfortunes Never Come Singly: Consecutive Weather Shocks and Mortality in Russia. *Economics & Human Biology*. 2018;31:249-258. doi:10.1016/j.ehb.2018.08.008.
39. Ревич Б. А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки. *Экология человека*. 2011;7:3-9. [Revich B. A. Heat waves, atmospheric air quality and mortality in the European part of Russia in the summer of 2010: results of a preliminary assessment. *Human Ecology*. 2011;7:3-9. (In Russ.)].
40. Ревич Б. А., Шапошников Д. А. Волны холода в южных городах европейской части России и преждевременная смертность населения. *Проблемы прогнозирования*. 2016; 2:125-131. [Revich B. A., Shaposhnikov D. A. Cold waves in the southern cities of the European part of Russia and premature mortality of the population. *Studies on Russian Economic Development*. 2016; 2:125-131. (In Russ.)].
41. Ревич Б. А., Шапошников Д. А. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко континентальным климатом. *Сибирское медицинское обозрение*. 2017; 2 (104):84-90. [Revich B. A., Shaposhnikov D. A. Features of the impact of cold and heat waves on mortality in cities with a sharply continental climate. *Siberian Medical Review*. 2017; 2 (104):84-90. (In Russ.)]. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90.
42. Shaposhnikov D., Revich B., Bellander T., Bedada GB, Bottai M., Kharkova T., Kvasha E., Lezina E., Lind T., Semutnikova E., Pershagen G. Mortality related to interactions between heat wave and wildfire air pollution during the summer of 2010 in Moscow. *Epidemiology*. 2014;25:359-364. DOI:10.1097/ede.0000000000000090.
43. Григорьева Е. А. Волны тепла в Хабаровске — подходы к определению. *Региональные проблемы*. 2014; 17(1):43-48. [Grigorieva E. A. Heat waves in Khabarovsk — approaches to the definition. *Regional Problems*. 2014; 17(1):43-48. (In Russ.)].
44. Григорьева Е. А. Волны тепла на юге Дальнего Востока и здоровье человека. *Информационный бюллетень «Здоровье населения и среда обитания»*. 2017; 2(287):11-14. [Grigorieva E. A. Heat waves in the South of the Far East and human health. *Newsletter “Public Health and Habitat”*. 2017; 2(287):11-14. (In Russ.)].
45. Григорьева Е. А. Волны холода: подходы к определению и примеры для Хабаровска. *Региональные проблемы*. 2019; 22(3):24—37. [Grigorieva E. A. Cold waves: approaches to definition and examples for Khabarovsk. *Regional Problems*. 2019; 22(3):24—37. (In Russ.)]. DOI: 10.31433/2618-9593-2019-22-3-24-37.
46. Григорьева Е. А. Проявление волн жары и холода на юге Дальнего Востока в 2000—2017 гг. М-лы Всероссийской конф. «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования» (Москва, 26—28 ноября 2019 г.). М.: Физматкнига, 2019. С. 121.

- [Grigorieva E. A. Manifestation of heat and cold waves in the south of the Far East in 2000—2017. Proc. of the All-Russian Conference “Climate change: causes, risks, consequences, problems of adaptation and regulation” (Moscow, November 26—28, 2019). M.: Fizmatkniga, 2019. P. 121. (In Russ.)].
47. Shaposhnikov D., Revich B. Towards meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North. *Urban Climate*. 2016;15:16-24.
 48. Шапошников Д. А., Ревич Б. А. О некоторых подходах к вычислению рисков температурных волн для здоровья. *Анализ риска здоровью*. 2018;1:22-31. [Shaposhnikov D. A., Revich B. A. On some approaches to calculating the health risks of temperature waves. *Health Risk Analysis*. 2018;1:22-31. (In Russ.)]. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.03.
 49. Shartova N., Konstantinov P., Shaposhnikov D., Revich B. Cardiovascular mortality during heat waves in temperate climate: an association with bioclimatic indices. *Int J Environ Health Research*. 2018; 28(5):522-534.
 50. Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Анисимов О. А., Белолуцкая М. А. Влияние температурных волн на здоровье населения в городах Северо-Западного региона России. *Проблемы прогнозирования*. 2019;3(174):127-134. [Revich B. A., Shaposhnikov D. A., Anisimov O. A., Belolutskaya M. A. The influence of temperature waves on the health of the population in the cities of the North-Western region of Russia. *Studies on Russian Economic Development*. 2019;3(174):127-134. (In Russ.)].
 51. Grigorieva E. A. Heat and cold waves in the South of the Russian Far East in 2000-2017. *IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science*. 2020;606:012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/606/1/012016>.
 52. de Freitas C. R., Grigorieva E. A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. *Int J Biometeorol*. 2015a; 59:109-120. DOI 10.1007/s00484-014-0819-3.
 53. de Freitas C. R., Grigorieva E. A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *Int J Biometeorol*. 2017; 61:487—512. DOI 10.1007/s00484-016-1228-6.
 54. Шартова Н. В., Шапошников Д. А., Константинов П. И., Ревич Б. А. Биоклиматический подход к оценке смертности населения во время аномальной жары на примере юга России. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2018;6:47-55. [Shartova N. V., Shaposhnikov D. A., Konstantinov P. I., Revich B. A. Bioclimatic approach to the assessment of population mortality during the heat wave on the example of the South of Russia. *Bulletin of the Moscow University. Series 5: Geography*. 2018;6:47-55. (In Russ.)].
 55. Ревич Б. А., Шапошников Д. В., Подольная М. А., Харьковская Т. Л., Кваша Е. А. Волны жары в южных городах европейской части России как фактор риска преждевременной смертности населения. *Проблемы прогнозирования*, 2015b;2:55-67. [Revich B. A., Shaposhnikov D. V., Podolnaya M. A., Kharkovskaya T. L., Kvasha E. A. Heat waves in southern cities of the European part of Russia as a risk factor for premature mortality of the population. *Studies on Russian Economic Development*, 2015b;2:55-67. (In Russ.)].
 56. Росгидромет. РД 52.88699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения опасных природных процессов. [Roshydromet. RD 52.88699-2008. Regulation on the procedure of actions of institutions and organizations in the event of a threat of dangerous natural processes (In Russ.)].
 57. Шапошников Д. А., Ревич Б. А., Школьник И. М. Сценарные оценки потепления климата и смертности населения российских приарктических городов в XXI в. *Анализ риска здоровью*. 2019;4:37-49. [Shaposhnikov D. A., Revich B. A., Shkolnik I. M. Scenario estimates of climate warming and mortality in Russian Arctic cities in the XXI century. *Health Risk Analysis*. 2019;4:37-49. (In Russ.)]. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.04.
 58. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: Методические рекомендации МР 2.1.10.0057-12. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 48 с. [Assessment of the risk and damage from climate change affecting the increase in morbidity and mortality in high-risk populations: Methodological recommendations MR 2.1.10.0057-12. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор, 2012. 48 p. (In Russ.)].
 59. Ревич Б. А. Климатические риски здоровью жителей мегаполисов различных климатических зон. В кн.: *Человек в мегаполисе. Опыт междисциплинарного исследования / Под ред. Б. А. Ревича и О. В. Кузнецовой*. М.: ЛЕНАНД, 2018, с. 340—375. [Revich B. A. Climatic risks to the health of residents of megacities of different climatic zones. In the book: *A man in a megalopolis. Experience of interdisciplinary research / Ed. by B. A. Revich and O. V. Kuznetsova*. Moscow: LENAND, 2018, p. 340—375. (In Russ.)].
 60. Carder M., McNamee R., Beverland I., Elton R., Cohen G. R., Boyd J., Agius R. M. The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality

- in Scotland. *Occupational and Environmental Medicine*. 2005;62:702—10. DOI:10.1136/oem.2004.01639.
61. Sheridan S.C., Allen M.J. Changes in the Frequency and Intensity of Extreme Temperature Events and Human Health Concerns. *Curr Clim Change Rep*. 2015;1:155—162. <https://doi.org/10.1007/s40641-015-0017-3>.
62. Wang Y., Shi L., Zanobetti A., Schwartz J.D. Estimating and projecting the effect of cold waves on mortality in 209 US cities. *Environ. International*. 2016;94:141—149. doi:10.1016/j.envint.2016.05.008.
63. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Першаген Ю. Новая эпидемиологическая модель по оценке воздействия аномальной жары и загрязненного атмосферного воздуха на смертность населения (на примере Москвы 2010 г.). *Профилактическая медицина*. 2015 в; 5:5-19. [Revich B. A., Shaposhnikov D. A., Pershagen Yu. A new epidemiological model for assessing the impact of abnormal heat and polluted atmospheric air on the mortality of the population (on the example of Moscow in 2010). *Preventive Medicine*. 2015 в; 5:5-19. (In Russ.)].
64. Díaz J., Carmona R., Mirón I.J., Ortiz C., Linares C. Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. *Environmental Research*. 2015;143:186—191. doi:10.1016/j.envres.2015.10.018.
65. Бойцов С.А., Лукьянов М.М., Деев А.Д., и др. Влияние экологических факторов на смертность населения Москвы: возможности рисков и прогнозирования. *Российский кардиологический журнал*. 2016; 6:34-40. [Boytsov S. A., Lukyanov M. M., Deev A. D., etc. The influence of environmental factors on the mortality of the population of Moscow: the possibilities of risks and forecasting. *Russian Journal of Cardiology*. 2016;6:34-40. (In Russ.)].
66. Qiu H., Tian L., Ho K., Yu I.T.S., Thach T.-Q., Wong C.-M. Who is more vulnerable to death from extremely cold temperatures? A case-only approach in Hong Kong with a temperate climate. *Int. J. Biometeorol*. 2016;60(5):711—717. doi:10.1007/s00484-015-1065-z.
67. Ma Y., Zhou J., Yang S., Yu Z., Wang F., Zhou J. Effects of extreme temperatures on hospital emergency room visits for respiratory diseases in Beijing, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019;26:3055—3064/ doi:10.1007/s11356-018-3855-4.
68. De Sario M, Katsouyanni K, Michelozzi P. Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe. *Eur Respir J*. 2013; 42:826-843. DOI: 10.1183/09031936.00074712.
69. Anderson G. B., Bell M. L. Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. *Environ Health Perspect*. 2011; 119. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002313>.
70. Gasparrini A., Armstrong B. The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology*. 2011; 22(1):68—73. DOI:10.1097/EDE.0b013e3181fdcd99.
71. Baccini M., Kosatsky T., Analitis A., et al. Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *J Epidemiol Community Health*. 2011;65(1):64-70. doi: 10.1136/jech.2008.085639.
72. D'Ippoliti D, Michelozzi P, Marino C, et al. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environ Health*. 2010;9:37. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37>.
73. Rocklöv J., Barnett A. G., Woodward A. On the estimation of heat-intensity and heat-duration effects in time series models of temperature-related mortality in Stockholm, Sweden. *Environ Health*. 2012;11.
74. Donato F.K., Leone M., Scortichini M., De Sario M., Katsouyanni K., Lanki T., Basagaña X., Ballester F., Åström C., Paldy A. Changes in the effect of heat on mortality in the last 20 years in nine European cities. Results from the PHASHE project. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(12):15567-15583.
75. Sheridan S. C., Dixon P. G. Spatiotemporal trends in human vulnerability and adaptation to heat across the United States. *Anthropocene*. 2017;20:61—73. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.10.001>.
76. Kendrovski V., Baccini M., Martinez G.S., Wolf T., Paunovic E., Menne B. Quantifying projected heat mortality impacts under 21st-century warming conditions for selected European countries. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):E729. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070729>
77. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет, 2019. 79 с. [Report on the peculiarities of the climate on the territory of the Russian Federation for 2018. Moscow: Roshydromet, 2019. 79 p. (In Russ.)].
78. Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC.
79. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. Росгидромет, 2014. [The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. M. Roshydromet, 2014. (In Russ.)].

80. Чазов Е.И., Бойцов С.А. Влияние аномального повышения температуры воздуха на смертность населения // Терапевтический архив. 2012. Т. 84. № 1. С. 29—36. [Chazov E.I., Boytsov S.A. Effects of anomalous rise of air temperature on population mortality // Terapevticheskiy arkhiv. 2012. Vol. 84. No 1. P. 29—36. (In Russ.)].
81. Chiu C.H., Vagi S.J., Wolkin A.F., Martin J.P., Noe R.S. Evaluation of the National Weather Service Extreme Cold Warning Experiment in North Dakota. *Weather, Climate, and Society* (Print), 07 Jan 2014, 6:22-31. DOI: 10.1175/wcas-d-13-00023.1.
82. de Freitas C.R., Grigorieva E.A. The impact of acclimatization on thermophysiological strain for contrasting regional climates. *Int. J. Biometeorol.* 2014; 58 (10):2129—2137. DOI: 10.1007/s00484-014-0813.
83. de Freitas C.R., Grigorieva E.A. Role of acclimatization in weather-related human mortality during the transition seasons of autumn and spring in a thermally extreme mid-latitude continental climate. *Int. J. Environmental Research and Public Health.* 2015b;12:14974—14987. DOI: 10.3390/ijerph121214962.
84. Седов В.Е. О климатических колебаниях и тенденциях климата современной Москвы. *Метеорология и гидрология.* 2012;8:47-58. [Sedov V.E. On climate fluctuations and climate trends in modern Moscow. *Meteorology and Hydrology.* 2012;8:47-58. (In Russ.)].
85. Исаев А.А. Экологическая климатология: монография. М.: Науч. мир, 2003. 470 с. [Isaev A.A. Ecological climatology: monograph. Moscow: Nauch. Mir, 2003. 470 p. (In Russ.)].
86. Кислов А.В., Константинов П.И. Детализированное пространственное моделирование температуры Московского мегаполиса. *Метеорология и гидрология.* 2011. №5. С. 25—32. [Kislov A.V., Konstantinov P.I. Detailed spatial modeling of the temperature of the Moscow megapolis. *Meteorology and hydrology.* 2011, 5: 25-32. (In Russ.)].
87. Порфирьев Б.Н. Экономическая оценка людских потерь в результате чрезвычайных ситуаций. *Вопросы экономики.* 2013;1:46-68. [Porfiriev B.N. Economic assessment of human losses as a result of emergency situations. *Economic Issues.* 2013;1:46-68. (In Russ.)].
88. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Авалиани С.Л., и др. Опасность для здоровья населения Москвы высокой температуры и загрязнения атмосферного воздуха во время аномальных погодных явлений. *Гигиена и санитария.* 2015a;1:36-40. [Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Avaliani S.L., et al. Danger to the health of the Moscow population of high temperature and atmospheric air pollution during abnormal weather events. *Hygiene and Sanitation.* 2015a;1:36-40. (In Russ.)].
89. Климатическая стратегия Санкт-Петербурга..., проект», 2016. [Climate strategy of St. Petersburg..., project», 2016 (In Russ.)]. http://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/01_klim_str_roject.doc. Дата обращения: 03.02.2021
90. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск. ФБГУ «ВНИИГМИ — МЦД», 2012, 194 с. [Gruza G.V., Rankova E.Ya. Observed and expected climate changes in Russia: air temperature. Obninsk. Federal State University “VNIIGMI-MCD”, 2012, 194 p. (In Russ.)].
91. Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г., Сигаев А.В. Динамика вызовов скорой помощи Москвы (2006—2011). *Пространство и время.* 2013; 2(12):220—228. [Chereshnev V.A., Gamburtsev A.G., Sigachev A.V. Dynamics of Moscow ambulance calls (2006—2011). *Space and Time.* 2013; 2(12):220-228. (In Russ.)].
92. Рыбаков Д.С., Белашев Б.З. Погодно-климатические условия, загрязнение атмосферного воздуха, вызовы скорой медицинской помощи и смертность населения в Петрозаводске. *Экология человека.* 2020;5:21—30. [Rybakov D.S., Belashev B.Z. Weather and climatic conditions, atmospheric air pollution, ambulance calls and population mortality in Petrozavodsk. *Human Ecology.* 2020;5:21—30. (In Russ.)]. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-5-21-30.
93. Евстафьева Е.В., Лапченко В.А., Макарова А.С., и др. Температура и озон в приземном слое атмосферы как факторы риска неотложных состояний системы гемодинамики у населения южных территорий России. *Экология человека.* 2020;5:50-56. [Evstafyeva E.V., Lapchenko V.A., Makarova A.S., et al. Temperature and ozone in the surface layer of the atmosphere as risk factors for emergency conditions of the hemodynamic system in the population of the southern territories of Russia. *Human Ecology.* 2020;5:50-56. (In Russ.)]. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-5-50-56.
94. Гарганеева А.А., Кужелева Е.А., Горбатенко В.П., Округин С.А., Кужевская И.В. Особенности развития и течения острой коронарной недостаточности в период экстремально жарких погодных условий. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2017;16(5):52-56. [Garganeeva A.A., Kuzheleva E.A., Gorbatenko V.P., Okrugin S.A., Kuzhevskaya I.V. Features of the development and course of acute coronary insufficiency during extremely hot weather conditions. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2017;16(5):52-56. (In Russ.)].

95. Page L.A., Hajat S., Kovats R.S. Relationship between daily suicide counts and temperature in England and Wales. *British Journal of Psychiatry*. 2007;191:106-112.
96. Page L.A., Hajat S., Kovats R.S., Howard L.M. Temperature-related deaths in people with psychosis, dementia and substance misuse. *British Journal of Psychiatry*. 2012;200:485-490.
97. Likhvar V., Honda Y., Ono M. Relation between temperature and suicide mortality in Japan in the presence of other confounding factors using time — series analysis with a semiparametric approach. *Environ Health Prev Med*. 2011;16:36-43.
98. Otrachshenko V., Popova O., Tavares J. Extreme temperature and extreme violence: evidence from Russia. *Econ Inq*. 2021;59:243-262. <https://doi.org/10.1111/ecin.12936>.
99. Gao J., Chen X., Woodward A., Liu X., Wu H., Lu Y., Li L., Liu Q. The association between flooding: a cross-sectional analysis. *Eur J Public Health*. 2017; 27(6):1042-1047. doi: 10.1093/eurpub/ckx182.
100. Kuehn L., McCormick S. Heat Exposure and Maternal Health in the face of Climate Change. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14:853. doi:10.3390/ijerph14080853
101. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Пандемия COVID-19: новые знания о влиянии качества воздуха на распространение коронавирусной инфекции в городах. Проблемы прогнозирования. 2021. В печати [Revich B.A., Shaposhnikov D.A. The COVID-19 pandemic: new knowledge about the impact of air quality on the spread of coronavirus infection in cities. *Studies on Russian Economic Development*. 2021. In print (In Russ.)].
102. Бочаров М.И. Физиологические проблемы защиты от холода. Сыктывкар: СГУ, 2004. 40 с. [Bocharov M.I. *Physiological problems of protection from cold*. Syktyvkar: SSU, 2004. 40 p. (In Russ.)].
103. Гришин О.В., Устюжанинова Н.В. Дыхание на севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. Новосибирск: «АртАвеню», 2006. 253 с. [Grishin O.V., Ustyuzhaninova N.V. *Breath in the North*. Function. Structure. Reserves. Pathology. Novosibirsk: "Artavenyu", 2006. 253 p. (In Russ.)].
104. Kozyreva T.V. Adaptation to cold of homeothermic organism: changes in afferent and efferent links of the thermoregulatory system. *J. Exp. Integr. Med*. 2013; 3(4):255—265.
105. Ryti N.R., Guo Y., Jaakkola J.J. Global association of cold spells and adverse health effects: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2016; 124:12—22. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408104>.
106. Рахманов Р.С., Колесов С.А., Аликберов М.Х., Потехина Н.Н., Белоусько Н.И., Тарасов А.В., Непряхин Д.В., Жаргалов С.И. К вопросу о риске здоровью при влиянии погодно-климатических условий в холодный период года у работающих. Анализ риска здоровью. 2018;2:70—77. [Rakhmanov R.S., Kolesov S.A., Alikberov M.Kh., Potekhina N.N., Belousko N.I., Tarasov A.V., Nepryakhin D.V., Zhargalov S.I. On the issue of health risk under the influence of weather and climatic conditions in the cold period of the year for workers. *Health Risk Analysis*. 2018;2:70—77. (In Russ.)]. DOI: 10.21668/health.risk/2018.2.08.
107. Заровняев А.П. Влияние низких температур на безопасность работающих. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019;8,3 (47):241-246. [Zarovnyaev A.P. Influence of low temperatures on the safety of workers. XXI century: the results of the past and the problems of the present plus. 2019;8,3 (47):241-246. (In Russ.)].
108. Нагорнев С.Н., Худов В.В., Бобровницкий И.П. Эпидемиология неинфекционных заболеваний, связанных с неблагоприятным воздействием окружающей среды и деятельностью человека в Арктике. Российский журнал восстановительной медицины. 2019;4:3-37. [Nagornev S.N., Khudov V.V., Bobrovnitky I.P. Epidemiology of non-communicable diseases associated with adverse environmental impact and human activity in the Arctic. *Russian Journal of Restorative Medicine*. 2019;4:3-37. (In Russ.)].
109. Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Семенов В.А. Региональные особенности изменения зимних экстремальных температур и осадков на территории России в 1970—2015 гг. Лёд и снег. 2018, 58(4):486-497. [Titkova T.B., Cherenkova E.A., Semenov V.A. Regional features of changes in winter extreme temperatures and precipitation in Russia in 1970—2015. *Ice and Snow*. 2018, 58(4):486-497. (In Russ.)]. doi: 10.15356/2076-6734-2018-4-486-497
110. Бардин М.Ю., Платова Т.В. Изменения сезонных показателей экстремумов температуры воздуха в Москве и центральных областях европейской части России. Метеорология и гидрология. 2020;7:20-35. [Bardin M.Yu., Platova T.V. Changes in seasonal indicators of air temperature extremes in Moscow and the central regions of the European part of Russia. *Meteorology and Hydrology*. 2020;7:20-35. (In Russ.)].
111. Константинов П.И., Шартова Н.В. Оценка термического комфорта во время волн жары в крупнейших городах России. Человек в мегаполисе. Опыт междис-

- циплинарного исследования / Под ред. Б. А. Ревича и О. В. Кузнецовой. М.: ЛЕНАНД, 2018, с. 328—339. [Konstantinov P. I., Shartova N. V. Assessment of thermal comfort during heat waves in the largest cities of Russia. A man in a megalopolis. Experience of interdisciplinary research / Ed. by B. A. Revich and O. V. Kuznetsova. Moscow: LENAND, 2018, p. 328—339. (In Russ.)].
112. Вильфанд Р. М., Киктев Д. Б., Ривин Г. С. На пути к прогнозу погоды для мегаполисов. Сборник тезисов докладов международной конференции, посвященной столетию со дня рождения академика А. М. Обухова. «Турбулентность, Динамика атмосферы и климата». Долгопрудный: «Физматкнига»; 2018: 7. [Vilfand R. M., Kiktev D. B., Rivin G. S. On the way to the weather forecast for megacities. Collection of abstracts of the International conference dedicated to the centenary of the birth of Academician A. M. Obukhov. "Turbulence, Dynamics of the atmosphere and climate". Dolgoprudny: "Fizmatkniga"; 2018: 7. (In Russ.)].
113. Агеев Ф. Т., Смирнова М. Д., Галанинский П. В. Оценка непосредственного и отсроченного воздействия аномально жаркого лета 2010 г. на течение сердечно-сосудистых заболеваний в амбулаторной практике. Терапевтический архив. 2012;8:45—51. [Ageev F. T., Smirnova M. D., Galaninsky P. V. Assessment of the immediate and delayed impact of the abnormally hot summer of 2010 on the course of cardiovascular diseases in outpatient practice. Therapeutic Archive. 2012;8:45-51. (In Russ.)].
114. Смирнова М. Д., Фофанова Т. В., Яровая Е. Б., Агеев Ф. Т. Прогностические факторы развития сердечно-сосудистых осложнений во время аномальной жары 2010 г. (когортное наблюдательное исследование). Кардиологический вестник. 2016; 1(9):43-51. [Smirnova M. D., Fofanova T. V., Yarovaya E. B., Ageev F. T. Prognostic factors of cardiovascular complications during the 2010 heat wave (cohort observational study). Cardiology Bulletin. 2016; 1(9):43-51. (In Russ.)]. <https://readera.ru/14334763> (Дата доступа: 29.04.2019).
115. Смирнова М. Д., Агеев Ф. Т., Свирида О. Н., Коновалова Г. Г., Тихазе А. К., Ланкин В. З. Влияние летней жары на состояние здоровья пациентов с умеренным и высоким риском сердечно-сосудистых осложнений. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2013, 12(4): 56—61. [Smirnova M. D., Ageev F. T., Svirida O. N., Konovalova G. G., Tikhaze A. K., Lankin V. Z. Influence of summer heat on the health status of patients with moderate and high risk of cardiovascular complications. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2013, 12(4): 56—61. (In Russ.)]. doi:10.15829/1728-8800-2013-4-56-61.

Продолжение следует

Сведения об авторах

Ревич Борис Александрович: доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник и заведующий Лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (ИНП РАН)

Количество публикаций: 320, в т. ч. 8 монографий, 1 учебник для вузов

Область научных интересов: общественное здравоохранение, эпидемиология, факторы риска для здоровья, изменения климата, окружающая среда, демография, урбанистика
ResearcherID: F-6450-2017

Scopus Author ID: 55941085000

ORCID: 0000-0002-7528-6643

Контактная информация:

Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47

E-mail: brevich@yandex.ru

Григорьева Елена Анатольевна: кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН (ИКАРП ДВО РАН)

Количество публикаций: 200, в т. ч. 2 монографии, 5 учебных изданий

Область научных интересов: изменения климата, прикладная климатология

ResearcherID: B-2014-2014

Scopus Author ID: 55746464800

ORCID: 0000-0002-7811-7853

Контактная информация:

Адрес: ЕАО, 679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, д. 4

E-mail: eagrigor@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 01.03.2021

Принята к публикации: 20.03.2021

Дата публикации: 30.04.2021

The paper was submitted: 01.03.2021

Accepted for publication: 20.03.2021

Date of publication: 30.04.2021