

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ И ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА¹

ПОРФИРЬЕВ Борис Николаевич, академик РАН, b_porfiriev@mail.ru, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва, Россия

ORCID: 0000-0001-8515-3257; Scopus Author ID: 6603270384

РЕВИЧ Борис Александрович, д.м.н., профессор, brevich@yandex.ru, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва, Россия

ORCID: 0000-0002-7528-6643; Scopus Author ID: 55941085000

Рассматриваются методические подходы к оценке возможного ущерба здоровью населения от климатических изменений и их последствий, прежде всего – от воздействия температурных аномалий, включая волны жары. Обосновываются ограничения указанных подходов и алгоритм расчетов экономического ущерба от избыточной заболеваемости и преждевременной смертности населения, обусловленных упомянутыми климатическими факторами. Предлагаются уточнения в действующие Методические рекомендации Роспотребнадзора от 2011 г., включая способы расчетов. Приводятся примеры оценок ущерба от избыточной заболеваемости и преждевременной смертности населения от волн жары.

Ключевые слова: климатические изменения, волны жары, здоровье населения, избыточная заболеваемость, преждевременная смертность, возможный ущерб.

DOI: 10.47711/0868-6351-203-48-60

Введение. Одной из мировых тенденций последних десятилетий является рост избыточной заболеваемости и преждевременной смертности от инфекционных болезней (включая малярию, болезнь Лайма, денге); экстремальных температур, прежде всего волн жары, от чрезвычайных ситуаций и бедствий гидрометеорологического характера, обусловленных ускоренным изменением климата. Только смертность от жары в период 2000–2019 гг., по оценкам, составляла около 489 тыс. чел. в год, из которых 45% приходилось на Азию, 36% – на Европу. По оценкам, экстремальная жара летом 2022 г. унесла жизни более 60 тыс. чел. в 35 европейских странах [1; 2]. Помимо увеличения социального бремени, ощутимый экономический ущерб наносится системе здравоохранения, из которой временно или навсегда выводятся базовые медицинские учреждения. Особой опасности подвергаются группы риска (пожилые люди, лица с хроническими заболеваниями и с проблемами мобильности, женщины и дети; и др.), которые существенно более уязвимы к значительному перепаду температур, влажности, ветровой нагрузки и иным факторам, негативно влияющим

¹ Статья подготовлена в рамках темы FMGW-2022-0009 «Подготовка методики разработки сценариев декарбонизации мировой и российской экономики, включая ключевые отрасли; обеспечение научно-методической основы второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года (с учетом опыта реализации первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года)» государственного задания ИНИП РАН, выполняемых в целях реализации Важнейшего инновационного проекта государственного значения, направленного на создание единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ (ВИП ГЗ), утвержденного Распоряжением Правительства РФ от 02.09.2022 № 2515-р.

на физическое и психическое здоровье человека. То же относится к слоям общества с низким уровнем дохода на душу населения, учитывая их значительно более слабый уровень защищенности от упомянутых воздействий.

Насколько удастся изменить ситуацию в будущем – во многом зависит от усилий, прежде всего, инвестиций (как финансового, так и человеческого капитала), а также научно обоснованного выбора мер адаптации. Ее стратегическая значимость подчеркивается в Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) 1992 г., принятом во исполнение ее в 2015 г. Парижском соглашении по климату, а также в обновленной в октябре 2023 г. Климатической доктрине Российской Федерации, в которой в качестве важнейшей составляющей при разработке и планировании мер по адаптации определена оценка возможностей получения выгод, связанных с благоприятными последствиями изменения климата; затрат на осуществление соответствующих мер по адаптации, а также эффективности (в том числе экономической) и практической осуществимости таких мер [3].²

Целый комплекс таких мероприятий уже существует и давно используется в рамках конкретных инвестиционных проектов, стратегий социально-экономического развития регионов и государств, частью которых являются программы в области здравоохранения. В последние годы, во исполнение требований Парижского соглашения по климату о разработке государствами национальных планов адаптации, соответствующие меры включаются в такие планы, которые приняты большинством стран мира, включая Россию. По состоянию на ноябрь 2023 г. эти планы разработаны 60 органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и 10 федеральными органами исполнительной власти, в том числе Минздравом России и Роспотребнадзором.

Как уже отмечалось ранее, этим документам (за редким исключением) присуща ограниченность сферы действия и эффективности мер, что одновременно означает значительный потенциал по снижению возможного социально-экономического ущерба, включая ущерб здоровью населения. Меры по их реализации определены принятым в марте 2023 г. распоряжением правительства России по национальным планам мероприятий второго (до 2025 г.) этапа адаптации к изменениям климата [4], которым, помимо прочих важных мероприятий, предусматривается разработка федеральными органами исполнительной власти во главе с Минэкономразвития России методических рекомендаций по оценке возможного ущерба от воздействий, связанных с изменением и изменчивостью климата, включая рекомендации по формированию перечня климатически уязвимых объектов в отраслях экономики и в субъектах Российской Федерации [4, п. 9].

В развитие ранее опубликованной версии в отношении оценки ущерба экономике³ в данной статье предлагаются рекомендации по оценке ущерба здоровью населения от воздействий, связанных с изменением и изменчивостью климата.

² Отметим, что выгоды адаптации связаны не только и не столько с благоприятными последствиями изменения климата, но, в первую очередь, а) со снижением возможного ущерба здоровью и благополучию населения, а также хозяйственным объектам от негативных последствий изменения климата; б) с комплексным характером мер адаптации, многие из которых суть меры снижения совокупного (не только климатического) риска, а также с их существенным мультипликативным эффектом. См: Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О., Колпаков А.Ю. Оценка инвестиций в адаптацию экономики к последствиям деградации многолетней мерзлоты в России // Вестник Российской Академии наук. 2023. Т. 93. № 3. С. 246-254; Порфирьев Б.Н., Скубачевская Н.Д., Милякин С.Р. Оценка эффективности затрат на модернизацию автомобильных дорог в России в целях их адаптации к климатическим изменениям и снижения риска ДТП // Проблемы прогнозирования. 2023. № 6 (201). С. 103-118; Порфирьев Б.Н., Аментьева Е.М., Елисеев Д.О., Хлебникова Е.И. Методические подходы к оценке возможного ущерба экономическим системам от климатических изменений // Проблемы прогнозирования. 2024. № 1 (202). С. 67-80.

³ См: Б.Н. Порфирьев, Е.М. Аментьева, Д.О. Елисеев, Е.И. Хлебникова. Указ. соч.

Возможный ущерб здоровью населения: определение, приоритеты рисков, способы оценки и их ограничения. Возможный ущерб здоровью населения от воздействий, связанных с изменчивостью и изменением климата (далее – ущерб здоровью населения), включает частичную или полную потерю людьми здоровья, прежде всего, частичную или полную утрату ими трудоспособности (инвалидизацию), а также безвозвратную потерю (утрату) жизни или смерть вследствие негативного воздействия изменения климата и его последствий. С социально-экономической точки зрения сумма перечисленных потерь составляет полный ущерб здоровью населения от климатических рисков, Y_h :

$$Y_h = N_1 \times I_p + N_2 \times I_f + N_3 \times L, \quad (1)$$

где I_p , I_f , L – категории тяжести ущерба, характеризующие частичную, полную потери здоровья (трудоспособности) и утрату жизни, соответственно, и производные от интенсивности (частоты) воздействий изменчивости и изменения климата, а также подверженности и чувствительности к ним конкретных когорт населения, обуславливающих их уязвимость; N_1 , N_2 и N_3 – количество людей, здоровью которых нанесен ущерб соответствующей категории тяжести.

С позиции популяционного климатического риска наибольшую опасность для жизни и здоровья населения в целом представляют последствия глобального потепления климата, включая рост средней приземной температуры и температурные аномалии, *в первую очередь, экстремальные температуры, особенно волны жары и холода* [2]. Учитывая ключевую роль указанного климатического фактора в формировании популяционного риска здоровью населения, наносимый им ущерб здоровью, в предлагаемых методических рекомендациях именно ему отдается приоритет⁴, и на его примере рассматриваются основные подходы к оценке и методика расчетов ущерба здоровью населения от воздействий, связанных с изменчивостью и изменением климата.

Это не означает недооценки других последствий глобального потепления климата, включая рост средней приземной температуры и температурные аномалии, такие, как климатозависимые инфекционные заболевания. Последствия таких трансмиссивных болезней, как болезнь Лайма, клещевой вирусный энцефалит, лихорадка Западного Нила, Крымская лихорадка, лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС); а также некоторых кишечных инфекций (сальмонеллез, шигеллез и др.) могут влечь за собой существенный экономический ущерб. Информация об этих инфекционных заболеваниях и отдельных случаях ущерба от них включается в данные Росстата (например, об ущербе от клещевого вирусного энцефалита в 2020 г., который составил 599 млн руб.), но количество случаев болезней, достоверно связанных именно с климатическими рисками, не указывается. Для оценки остроты ситуации с указанными инфекционными заболеваниями, кроме особо опасных инфекций, релевантным является методический подход, обоснованный Роспотребнадзором в методических рекомендациях по гриппу и острым респираторным инфекциям по отдельным территориям и стране в целом (см. [6]).

⁴ Помимо популяционного риска, выбор температурных аномалий и волн жары в качестве приоритета обусловлен тем, что: 1) экстремальная жара является одним из наиболее масштабных климатических рисков, который проявляется во всем мире; 2) индексы экстремальной жары высоко чувствительны к глобальному потеплению, что позволяет проводить надежную оценку последствий возникающего изменения климата в десятилетних масштабах; 3) не исчерпывая всего спектра климатических воздействий, экстремальная жара, тем не менее, может служить их репрезентативной характеристикой, порождая или усугубляя такие эффекты (помимо рисков для здоровья), как снижение производительности труда, конфликтные риски и рост миграции, риски неурожая и др. Достаточно упомянуть, что от экстремальной засухи периода 2012–2021 гг., которая продолжалась по крайней мере один месяц в году и охватила территорию на 29% больше, чем в период 1951–1960 гг., только в 2020 г. в 103 странах число людей, испытавших острую или катастрофическую нехватку продовольствия, на 98 млн превысило аналогичный среднегодовой показатель 1981–2010 гг. См: [2; 5].

Формула (1) выше предполагает расчет величины ущерба здоровью населения через оценку количества людей с соответствующими категориями тяжести потерь (т. е. в натуральных единицах, например, тыс. чел.). Совокупный ущерб здоровью также может рассчитываться через определение количества лет ожидаемой здоровой жизни, потерянных из-за последствий воздействий, связанных с изменчивостью и изменением климата, климатических рисков, для чего и мировая, и российская практика используют показатель числа лет ожидаемой здоровой жизни, потерянных в результате преждевременной смерти, болезней и травматизма (*DALY*) (подробнее – см. *далее*). При этом оба указанных подхода или способа оценки суть социальное измерение ущерба здоровью.

Еще один способ предполагает его экономическое измерение в виде стоимостной (денежной) оценки. Учитывая, что предлагаемые методические рекомендации предусматривают оценку возможного совокупного ущерба от негативных воздействий изменчивости и изменений климата, которая в интегральном виде может быть представлена только в стоимостной (денежной) форме, далее в данном разделе рассматривается процедура *экономической оценки ущерба здоровью населения (экономического ущерба)* от воздействия экстремально высоких и низких температур как главного климатического риска для популяции в целом.

Оценка экономического ущерба здоровью населения. Для оценки экономического ущерба здоровью населения от воздействия экстремально высоких и низких температур, прежде всего, волн жары, как главного климатического риска для популяции в целом, могут использоваться различные методические подходы. Федеральной службой по защите прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) разработаны «Методические рекомендации к экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания» [7], которые предназначены и «применяются для расчета ущерба от рисков здоровью населения в стоимостном выражении при воздействии факторов среды обитания с целью повышения результативности управленческих решений и эффективности ресурсов и средств, оптимизации управления рисками для здоровья и преждевременной смертности населения» [7, с. 4].

Применительно к предлагаемым методическим рекомендациям, с учетом ранее отмеченных ограничений (допущений), в соответствии с [7], возможный экономический ущерб от воздействия экстремально высоких и низких температур как главного климатического риска для популяции в целом (Y_h) представляет собой сумму ущерба здоровью, обусловленного различными видами заболеваний (Y_M), и ущерба от преждевременной смертности (Y_L) в течение рассматриваемого периода:

$$Y_h = \sum_{n=0}^N (Y_M^n + Y_L^n), \quad (2)$$

где Y_M^n и Y_L^n – ущербы, соответственно, от заболеваемости и случаев преждевременной смертности населения в n -й год, руб./год; N^5 – период, в течение которого реализуются неблагоприятные последствия воздействия указанного климатического риска для здоровья населения.

Рассмотрим вначале подходы и алгоритм *оценки экономического ущерба от избыточной смертности*. Согласно [7] экономический ущерб от избыточной или преждевременной смертности рассчитывается по формуле (3):

$$Y_L = \beta \times (G \times 10^{-5}) \times Q, \quad (3)$$

где Y – экономический ущерб (руб./год); Q – численность населения на данной территории (чел.); $G \times 10^{-5}$ – риск преждевременной смерти (количество случаев

⁵ В оригинале [7] вместо этого символа ошибочно указан (и с тех пор не изменен) Y_L^n .

смерти/год, G в расчете на 100 тыс. чел.); β – цена риска потери одной человеческой жизни (руб./случай смерти).

При этом, в отличие от рекомендуемого [7] способа расчета (β) как суммы так называемых объективной (β_0) и субъективной цен риска потери одной человеческой жизни ($\Delta\beta_c$ компонент риска)⁶, предлагаемыми методическими рекомендациями предусматривается корректное определение величины β как произведения параметров β_0 и K_c , (т. е. $\beta = \beta_0 \times K_c$), что трансформирует формулу (3) в следующий вид:

$$Y_L = (\beta_0 \times K_c) \times (G \times 10^{-5}) \times Q. \quad (4)$$

Параметр β_0 (объективная компонента риска) – это сумма доходов, потерянных (упущенных) из-за преждевременной смерти индивида. В соответствии с [5], она рассчитывается на основе статистических данных как разность между максимальной и фактической полезностью индивида по формуле (5):

$$\beta_0 = GRP_i^* \times (c - a_i) + W_i \times (b_i - B_i), \quad (5)$$

где GRP_i^* – валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения в i -ом регионе (руб./год); c – максимальная продолжительность экономической активности (занятости) в соответствии с трудовым законодательством; a_i – фактическая продолжительность трудовой деятельности преждевременно ушедшего из жизни индивида в i -ом регионе (годы); W_i – среднегодовая заработная плата в i -ом регионе (или среднегодовой прожиточный минимум), руб./год; b_i – фактическая продолжительность жизни преждевременно ушедшего из жизни индивида в i -ом регионе, годы; B_i – средняя продолжительность жизни человека в i -ом регионе, годы.

Параметр K_c отражает субъективное восприятие и оценку риска преждевременной смерти человеком или группой людей. С формальной точки зрения он суть коэффициент, корректирующий параметр β_0 (объективной компоненты риска). В содержательном плане это подразумевает, что при нормальных условиях субъективные восприятие и оценка риска преждевременной смерти усугубляют или усиливают негативный психологический эффект предположения (прогноза) этого события как такового. То же, но в гораздо большей мере, справедливо в отношении фактически свершившегося события (что важно для оценки субъективной компоненты дополнительной смертности). Учитывая, что в зависимости от реальной ситуации β_0 может быть величиной положительной или отрицательной, коэффициент K_c также может иметь разный знак, выполняя тем самым корректирующую функцию в отношении цены риска потери одной человеческой жизни, которая по определению всегда положительная.

Для оценки величины K_c используются данные специальных опросов населения. Источниками данных для расчетов по формулам (4) и (5), кроме параметра K_c , являются территориальные органы Росстата, предоставляющие информацию о годовом ВРП на душу населения и среднегодовой заработной плате в регионах России; а также указанные органы и МИАЦ субъектов Российской Федерации, предоставляющие информацию о среднем возрасте умерших в исследуемый период. В частности, для оценки параметра G в формуле (4) – преждевременной или избыточной (т. е. дополнительной к средней многолетней величине по данной территории) смертности населения используются данные, полученные прямым расчетом по показателям суточной смертности за период волны жары по сравнению с аналогичными в предшествующие годы (и их среднесуточных температур) (табл. 1), или на основе

⁶ Некорректность формулы $\beta = \beta_0 + \Delta\beta_c$ для расчета экономического ущерба здоровью населения в МР Роспотребнадзора-2011 и уточненная методика его расчета подробно обоснованы в статье: Порфирьев Б.Н. Экономическая оценка людских потерь в результате чрезвычайных ситуаций // Вопросы экономики. 2013. № 1. С. 48-68.

математической модели смертности населения⁷ от болезней органов кровообращения и дыхания, которые являются наиболее распространенными причинами гибели от последствий воздействия экстремальных температур (перечень – см. далее).

При этом расчеты осуществляются на основе методов оценки, предусмотренных Методическими рекомендациями Роспотребнадзора «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска» [8]. Существуют и иные подходы по оценке избыточной смертности, учитывающие воздействие на смертность населения не только температуры, но и других факторов, которые могут повлиять на выявляемые статистические зависимости.⁸

Данные о среднемноголетних показателях смертности населения по отдельным субъектам РФ, городам и другим населенным пунктам могут быть получены в медицинских информационно-аналитических центрах (МИАЦ) при министерствах (департаментах, управлениях, комитетах) здравоохранения, а также в территориальных управлениях Федеральной службы государственной статистики (Росстата).

Перейдем к оценке экономического ущерба от заболеваемости населения. Указанный ущерб, Y_M , определяется по формуле (6):

$$Y_M = \sum_{i=0}^I Y_{M(i)}, \quad (6)$$

где $Y_{M(i)}$ – ущерб от i -го вида заболевания, руб./год; I – количество видов возможных заболеваний, связанных с неблагоприятным воздействием экстремальных температур на здоровье населения.

Таблица 1

Увеличение смертности населения в Европейской части России в июле 2010 г. по сравнению с июлем 2009 г. в пределах Т-аномалии⁹

Квартиль (№), субъекты Российской Федерации и % увеличения смертности от всех причин	Число дополнительных случаев смерти	
	Всего	От болезней органов кровообращения
1. Санкт-Петербург (30,2), Брянская область (22,2), Нижегородская область (20,2), Ярославская область (19,2), Республика Чувашия (8,8), Владимирская область (18,4), Ивановская область (18,3), Орловская область (18,0)	4378	2855
2. Вологодская область (17,6), Тульская область (17,3), Московская область (17,3), Республика Татарстан (16,6), Республика Марий Эл (16,6), Самарская область (16,0), Рязанская область (13,5), Ульяновская область (13,0)	4161	3053
3. Пензенская область (12,6), Республика Карелия (12,5), Удмуртская республика (12,5), Тверская область (11,5), Тамбовская область (11,1), Калужская область (9,9), Новгородская область (9,7)	1212	850
4. Калининградская область (9,1), Липецкая область (9,0), Оренбургская область (8,7), Саратовская (8,1), Башкортостан (7,8), Псковская (7,1), Астраханская области (6,3), Мордовия (6,8)	1317	1003
Всего по указанным территориям (без Москвы)	11068	7761
ИТОГО (включая Москву)	15892	10469

⁷ Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки // Экология человека. 2011. № 7. С. 3-9.

⁸ В частности, наиболее распространенным методом исследования длинных временных рядов суточной смертности является регрессионный анализ с помощью Гауссовых и Пуассоновских обобщенных линейных моделей. Шапошников Д.А., Ревич Б.А. О некоторых подходах к вычислению рисков температурных волн для здоровья // Анализ риска здоровью. 2018. № 1. С. 22-30. [9; 10].

⁹ Ревич Б.А. Указ. соч.

Согласно [8], 11 видов болезней, объединенных в три группы, являются наиболее распространенными причинами смерти, обусловленными указанным климатическим риском (т. е. $I = 11$), и включают:

– болезни органов дыхания: острые респираторные инфекции ($J00 - J22$), аллергический ринит ($J30$), хронические обструктивные болезни легких ($J40 - J44$), бронхиальную астму ($J45$);

– болезни органов кровообращения: болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением ($I10 - I15$), ишемическую болезнь сердца ($I20 - I25$), нарушения проводимости и сердечного ритма ($I44 - I49$), цереброваскулярные болезни ($I60 - I69$), преимущественно, инсульт;

– внешние причины: обморожения ($T33 - T35$), утопления ($W69 - W70$), суициды ($X60 - X84$).

Как видно, основная часть перечисленных видов заболеваний связана с волнами жары.

Экономический ущерб от i -го вида заболевания (величина Y_M^i в формуле (3)) рассчитывается с учетом возрастных групп населения по формуле (7):

$$Y_M^i = \sum_j^J \alpha_{ij} \times (R_{ij}/1000) \times Q_j, \quad (7)$$

где α_{ij} – цена риска потери здоровья j -ой возрастной группой населения в результате i -го вида заболевания, руб./случай болезни; R_{ij} – риск заболевания j -ой возрастной группой населения i -ым видом заболевания (случаев болезни/год на 1 тыс. чел.; J – количество учитываемых возрастных групп населения, ед.; Q_j – численность j -ой возрастной группы населения на данной территории (в данном регионе), чел.

В [8] рекомендуется выделять четыре возрастные группы населения (дети до 3 лет; дети от 3 до 14 лет; дети (подростки) от 14 до 15 лет; взрослое трудоспособное население (от 16 лет до пенсионного возраста: в 2022 г. для женщин – до 56,5 лет, для мужчин – до 61,5 лет включительно); пенсионеры (лица старше указанных выше возрастов).

Что касается параметра α_{ij} в формуле (7), который МР Роспотребнадзора-2011 предлагает рассчитывать аналогично цене риска потери одной человеческой жизни (β) – как сумму так называемых объективной и субъективной компонент риска потери здоровья j -ой возрастной группой населения в результате i -го вида заболевания – предлагаемыми методическими рекомендациями по тем же основаниям предусматривается его корректное определение и расчет как произведения параметров β'_0 и K'_C , (т. е. $\beta' = \beta'_0 \times K'_C$).

С учетом указанной коррекции параметра α_{ij} в формуле (7) величины экономического ущерба от заболеваемости населения рассчитываются (точнее, пересчитываются, в том числе, в примерах, приведенных в [5]) по аналогии с расчетом экономического ущерба от избыточной или преждевременной смертности населения. Конкретный и корректный пример такой оценки ущерба применительно к последствиям волны жары в г. Москве в 2010 г. представлен в упомянутой ранее обстоятельной статье одного из авторов предлагаемых рекомендаций, опубликованной в журнале «Вопросы экономики» в 2013 г.¹⁰

Для расчета параметра R_{ij} в формуле (7) необходимы данные по заболеваемости по данным госпитализации и обращаемости конкретных групп (когорт) населения, прежде всего, групп повышенного риска, за скорой медицинской помощью в связи резким изменением метеоусловий. Согласно МР Роспотребнадзора-2011, источниками таких данных являются: МИАЦ или лечебно-профилактические организации; территориальные фонды обязательного медицинского страхования

¹⁰ Порфирьев Б.Н. Указ. соч.

(предоставляют данные о стоимости одного обращения по конкретному заболеванию, одного дня лечения заболевания в амбулаторных условиях и в стационаре, стоимости одного вызова скорой медицинской помощи, среднем числе дней лечения в амбулаторных и стационарных условиях, а также средние расходы на приобретение фармацевтических и медицинских препаратов, на оказание медицинских услуг, получаемых по заболеванию сверх государственных гарантий); территориальные фонды социального страхования (данные о среднем размере оплаты одного дня нетрудоспособности по больничным листам по заболеваниям, среднее число целодневных потерь рабочего времени в расчете на один случай заболевания); территориальный орган Росстата (данные о численности работающего населения, доле работающих в общей численности исследуемой группы населения); территориальные управления социальной защиты населения (данные о среднегодовом размере пенсионного обеспечения по болезни (инвалидности) и о доле пенсионеров и инвалидов в общей численности исследуемой группы населения).

Воздействие волн жары на здоровье населения. За последние 20-25 лет значительно возросли частота волн жары, а также количество людей, подверженных их воздействию, прежде всего, в крупных городах и мегаполисах мира, включая Россию. Например, на территории юга Европейской части России, после 2005 г. такие волны длительностью пять и более дней наблюдаются каждый год [11].

Экстремально высокие температуры становятся причиной избыточной смертности населения различных возрастов, но преимущественно лиц старшего возраста, с сердечно-сосудистыми заболеваниями, с ограниченной мобильностью в городах различных стран мира. Волны жары в Западной Европе (2003, 2022 гг.), Европейской части России (2010 г.), Индии (2015, 2022 гг.) и Японии (2018 г.) привели к значительной избыточной смертности населения. Только в 2022 г. Франция, Германия, Испания и Великобритания потеряли 20 тыс. чел. из-за смертей, связанных с жарой [12].

В целом по миру по этой же причине было зарегистрировано 356 тыс. смертей [13]; по другим оценкам, от волн жары в среднем в год преждевременно умирают более 150 тыс. чел., а потери в виде нетрудоспособности достигают 5,5 млн человеко-лет, что составляет 0,3% общего числа смертельных исходов и 0,4% общего числа лет нетрудоспособности. По-видимому, это нижний уровень оценок: по альтернативным подсчетам, ущерб здоровью многократно больше и в глобальном масштабе достигает 4,8 млрд человеко-дней в год [14]. В целом же климатические изменения, по оценкам ВОЗ, ежегодно становятся причиной от 1% до 10% смертей в старших возрастных группах в Европе; а экономический ущерб от дополнительной смертности в результате климатических изменений в мире в целом оценивается от 6 млрд до 88 млрд долл./год [15; 16; 17].¹¹

Все имеющиеся мировые и российские прогнозные сценарии изменения климата на период до 2050 г. предусматривают усиление указанной тенденции и, соответственно, рост ущерба здоровью населения от воздействия экстремальных температур, прежде всего волн жары.¹² Последние дают два эффекта негативного воздействия на здоровье населения: 1) «основной эффект» температуры, обусловленный среднесуточными величинами температуры воздуха и сложным образом

¹¹ См. также: Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д., Пиеничная Н.Ю. Российский и международный опыт разработки планов действий по защите здоровья населения от климатических рисков // Гигиена и санитария. 2020. № 99 (2). URL: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2019-99-2>

¹² Так, по сравнению с началом XXI в. к 2050 г. ожидается увеличение числа смертельных исходов, вызванных потеплением климата, примерно на 1,0–1,5% (Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д., Пиеничная Н.Ю. Указ. соч.)

распределенный во времени, влияя на заболеваемость и смертность во все следующие за референтным дни;¹³ 2) «волновую добавку», которая возникает лишь при продолжительном воздействии жары и является функцией номера дня в непрерывной последовательности жарких дней. Для обычных по продолжительности волн (длиной 5-10 дней) основной эффект в несколько раз превышает волновую добавку [21]. При этом достоверность результатов исследований и оценки смертности населения как функции температуры воздуха и ее динамики в значительной степени зависит от численности экспонированного населения, которая должна быть не менее 100 тыс. чел.

Дополнительное воздействие на здоровье населения, усугубляющее эффект волны жары и его влияние на суточную смертность, связано также с вариациями атмосферного давления. Как высокое, так и низкое давление, а также быстрое падение давления статистически достоверно увеличивают смертность населения.

При оценке ущерба здоровью населения от воздействия волн жары, прежде всего, в крупных, индустриально развитых городах с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха, необходимо учитывать комбинированный (сочетанный) эффект указанного воздействия и вредных химических веществ (прежде всего взвешенных частиц PM_{10}), присутствующих в воздухе этих городов. В жаркие дни люди постоянно открывают окна для вентиляции и больше времени проводят на улице, поэтому подвергаются большему воздействию загрязняющих веществ (особенно, взвешенных частиц) по сравнению с днями с умеренной температурой. Кроме того, существует важная функциональная связь концентраций приземного озона с температурой, поскольку скорости многих фотохимических реакций зависят от температуры воздуха. Поэтому загрязнение воздуха можно считать медиатором и мультипликатором эффекта жары, а учет среднесуточных уровней PM_{10} , NO_2 , 8-ч. O_3 – императивом (при наличии достаточных данных о среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ).¹⁴

При этом существенное значение имеют такие факторы как сезонность, день недели, праздники, периоды эпидемий гриппа и т. п., которые могут усугублять упомянутый комбинированный эффект и, соответственно, увеличивать экономический ущерб здоровью. Так, весной повышение температуры влечет за собой увеличение риска повышенной заболеваемости аллергическими заболеваниями, в том числе, бронхиальной астмой. Воспалительный эффект, возникающий в результате воздействия веществ, загрязняющих атмосферный воздух – озона, мелкодисперсных взвешенных частиц и диоксида серы – способствует более глубокому проникновению аллергенной пыли по воздухоносным путям, а совокупное воздействие загрязненного атмосферного воздуха и аэроаллергенов усиливает негативное воздействие (сочетанный эффект) на здоровье населения, особенно детей. По данным за 2000-2018 гг. частота случаев хронической бронхиальной астмы и аллергического ринита (полиноза) у детей увеличилась на 71% и 43% соответственно [22]. Та же тенденция характерна и взрослого населения, причем практически во всех федеральных округах; в России в целом общая заболеваемость бронхиальной астмой только с 2014 по 2019 гг. выросла на 11,4%, достигнув 1085 против 962 случаев на 100 тыс. жителей соответственно [23].

¹³ Предложены различные способы исследования отсроченных зависимостей с учетом временного лага между воздействием и эффектом. (См.: [18; 19]). Статистические функции, описывающие нелинейные модели с распределенным лагом, интегрируются в программную среду R и сейчас находятся в открытом доступе на ресурсе CRAN (Comprehensive R Archive Network). См. [20].

¹⁴ Пример оценки сочетанного воздействия аномально высоких температур, длинной волны жары и загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на смертность от основных причин населения Москвы во время жары 2010 г. представлен в работе [9].

Экономический ущерб от обострения бронхиальной астмы складывается из многих компонентов, состоящих из стоимости среднего числа посещений врача поликлиники, койко-дня в стационаре, стоимости лекарственных препаратов и других медицинских процедур и других затрат. Средняя стоимость амбулаторного лечения одного случая обострения бронхиальной астмы по ОМС и расходы больного на медикаменты достигает 232 тыс. руб. [24].

Оценка ущерба здоровью населения в терминах числа лет ожидаемой здоровой жизни, потерянных в результате преждевременной смерти, болезней и травматизма. Показатель *DALY* (*Disability Adjusted Life Years*), разработанный ВОЗ и Всемирным банком, оценивает суммарное бремя болезней, травм и преждевременной смертности в виде потерянных лет здоровой жизни (лет нетрудоспособности/инвалидности). Тем самым, обеспечивается оценка перечисленных выше последствий воздействия для здоровья человека (населения) факторов риска в одних (универсальных) единицах измерения, основанных на времени.

Величина *DALY* представляет собой сумму двух составляющих: количества лет здоровой жизни, потерянных в связи с преждевременной смертностью (*YLL*), в качестве стандарта для измерения которой используется статистика ожидаемой продолжительности жизни в Японии, и количества лет, прожитых в состоянии нетрудоспособности (*YLD*) [25]. Единичный *DALY* эквивалентен одному году потерянной здоровой жизни.

Расчет *DALY*, осуществляется по следующим формулам [26]:

$$YLL = N \times L,$$
 (8)

$$YLD = \sum_i I_i \times DW_i \times D_i,$$
 (9)

$$DALY = N \times L + \sum_i I_i \times DW_i \times D_i,$$
 (10)

где *N* – число смертей; *L* – ожидаемая продолжительность жизни по отношению к возрасту смерти (разность стандартной ожидаемой продолжительности жизни и возраста смерти, лет); *I_i* – число заболевших (травмированных, раненых) *i*-ой болезнью или людей, здоровье которых пострадало из-за иного фактора негативного воздействия на здоровье; *DW_i* – вес (вклад) *i*-ого заболевания или иного фактора негативного воздействия на здоровье в смертность; *D_i* – средняя продолжительность *i*-го заболевания или негативного воздействия на здоровье иного фактора (причины).

В соответствии с рекомендациями ВОЗ, расчеты *DALY* по формулам (9) и (10) и их результаты оформляются в виде табл. 2.

Таблица 2

Расчет значений *DALY* для различных групп населения

Группа (категория) населения	Последствия для здоровья				
	Продолжительность нетрудоспособности/инвалидности (лет)	Весовой коэффициент*	Продолжительность здоровой жизни (от возраста начала заболевания, лет)	<i>YLD</i> / случай (событие)	<i>YLL</i> / случай (событие)
1					
2					
...					
N					
Всего					

* Весовой коэффициент отражает степень нетрудоспособности (инвалидности), измеряемую в интервале от 0 до 1, где 0 – полное здоровье, 1 – смерть.

В исследовании ВОЗ глобального бремени болезней 2001-2002 гг. жизни считались одинаково, независимо от возраста. В исследованиях 1990 и 2004 гг. использовалась формула $W = 0,1658Ye^{-0,04Y}$, где Y – возраст, в котором прожит год, а W – присвоенный ему вес относительно среднего значения 1. В этих исследованиях будущие годы были дисконтированы по ставке 3%, так что взвешенный год жизни, спасенный в следующем году, стоит 97% от года спасенной в этом году жизни. Введение ставки дисконтирования 0,03 позволяет дифференцировать вес неблагоприятных исходов в связи с изменениями экономической ситуации в стране. Коэффициент степени тяжести неблагоприятного исхода позволяет учесть неравнозначность вклада в уровень потерь здоровья времени, утраченного в результате различных заболеваний или смерти. Весовая функция возраста отражает неравнозначную оценку социальной значимости лет жизни в различных возрастах.

Сложность оценки влияния взаимосвязи между ожидаемой продолжительностью жизни и потерянными годами, дисконтированием и социальным весом зависит от тяжести и продолжительности заболевания. Например, параметры, используемые в исследовании ВОЗ 1990 года, как правило, присваивали смерти в возрасте 0-39 лет больший вес, чем более поздние возрасты; смерть новорожденного оценивалась в 33 DALY, а смерть человека в возрасте 5-20 лет – приблизительно в 36 DALY [26].

В Российской Федерации методика расчетов ущерба здоровью населения на основе показателя DALY впервые была использована Центральным институтом информатизации и организации здравоохранения Минздрава России; им же опубликованы оценки этого показателя по некоторым видам заболеваний.

Возможности и эффективность использования показателя DALY для оценки полного ущерба здоровью в результате смертности и заболеваемости обоснованы в исследованиях Красноярского государственного медицинского университета им. В.Ф. Войно-Ясенецкого – ущерба здоровью населения Красноярского края в результате преждевременной смертности от болезней органов кровообращения и населения города Красноярск – от хронической обструктивной болезни легких [27; 28]. В этих исследованиях потери лет жизни рассчитаны не от ожидаемой продолжительности жизни (на основании построения таблиц дожития), а от возраста выхода на пенсию – 60 лет для мужчин и 55 для женщин, что повышает возможность использования показателя для оценки экономического ущерба этих потерь. Кроме того, расчеты с использованием показателя DALY по Красноярскому краю позволили определить приоритеты медико-демографических потерь и экономического ущерба от них. На первое место вышел ущерб от болезней системы кровообращения (ранее лидерство принадлежало ущербу от травм и отравлений). Этот важный результат позволяет обосновать изменения в системе профилактических мероприятий и в целом управления здравоохранением данного региона России.

Литература / References

1. Zhao Q., Guo Y., Ye T. et al. Global, Regional, and National Burden of Mortality Associated with Non-optimal Ambient Temperatures from 2000 to 2019: A Three-stage Modelling Study. // *Lancet Planet Health* 2021. No. 5 (7). e415–e425. URL: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00081-4)
2. 2023 State of Climate Services: Health. World Meteorological Organization: Geneva, 2023. 76 p.
3. Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2023 г. № 812 «Об утверждении климатической доктрины Российской Федерации». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310260009> [Decree of the President of the Russian Federation of October 26, 2023. No. 812 «On the Approval of the Climatic Doctrine of the Russian Federation» (In Russ.)]
4. Распоряжение Правительства РФ от 11.03.2023 № 559-р «Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года». URL: <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QYRoogpW69KKQREGTB.pdf> [Decree of the Government of the Russian Federation of 11.03.2023. No. 559-r «On the approval of the national action plan for the second stage of adaptation to climate change for the period until 2025» (In Russ.)]
5. Schleussner C-F. et al. Pathways of climate resilience over the 21st century // *Environ.* 2021. Res. Lett. 16 054058.

6. «Методика расчета эпидемических порогов по заболеваемости гриппом и острыми респираторными инфекциями для проведения оперативного анализа эпидемиологической ситуации в отдельных субъектах Российской Федерации». Методические рекомендации МР 3.1.2.0303-22. (Утверждена Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 25 ноября 2022 г.) [«The Methodology for Calculating Epidemic Thresholds of Influenza and Acute Respiratory Infections Incidence for Operation Analysis of the Epidemiological Situation in Specific Regions of the Russian Federation»: Guidelines MR 3.1.2.0303-22. (Approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Safety and Human Welfare, November 25, 2022.) (In Russ.)]
7. «Методические рекомендации к экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания». Методические рекомендации МР 5.1.0029-11. (Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.) М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2011. 24 с. [«Guidelines for Economic Assessment of the Public Health Risks from Environmental Hazards' Impact». Guidelines MR 5.1.0029-11. (Approved by the State Sanitary Chief of the Russian Federation, July 31, 2011). M., Federal Center for Hygiene and Epidemiology (Rospotrebnadzor). 2011. 24 p. (In Russ.)]
8. 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. (Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ.) М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2012. 48 с. [Assessment of Risk and Damage from Climate Change Affecting the Increase in Morbidity and Mortality in the Highly Vulnerable Social Groups. Guidelines MR. 2.1.10.0057-12. (Approved by the State Sanitary Chief of the Russian Federation.) M., Federal Center for Hygiene and Epidemiology (Rospotrebnadzor). 2012. 48 p. (In Russ.)]
9. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Периаген Г. Новая эпидемиологическая модель по оценке воздействия аномальной жары и загрязненного атмосферного воздуха на смертность населения (на примере Москвы 2010 г.) // Профилактическая медицина. 2015. № 5. С. 15-19. [Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Pershagen G. New epidemiological model for assessing the abnormal heat and polluted atmospheric air impact of communities' mortality (the Moscow 2010 case study) // The Russian Journal of Preventive Medicine // Profilakticheskaya Meditsina. 2015. No. 5. Pp. 15-19. (In Russ.)]
10. Richiardi L., Bellocco R. and Zugna D. Mediation analysis in epidemiology: methods, interpretation and bias // Int. J. Epidemiol. 2013. Vol. 42 (5). Pp. 1511–1519. Doi: 10.1093/ije/dyt127.
11. Бардин М.Ю., Платова Т.В., Самохина О.Ф. Волны жары в Европейской России и атмосферная циркуляция / Ранькова Э.Я. и др. Статистическая климатология: современные достижения и новые идеи. (Научные чтения памяти Георгия Ваимовича Груза.) // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. Т. 8. № 1. С. 20-23. [Bardin M., Platova T. and Samokhina O. Heat waves in the European Russia and atmospheric circulation. In: Rankova E. et al (Eds). Statistical Climatology: Modern Achievements and New Ideas. (Scientific readings memory of G.V. Gruza.) // Fundamental and Applied climatology. 2022. Vol. 8. No. 1. C. 20-23 (In Russ.)]
12. Anderson. L. Climate change has a hitman: Responding to extreme heat. URL: <https://sdg.iisd.org/commentary/guest-articles/climate-change-has-a-hitman-responding-to-extreme-heat/>
13. Health in a world of extreme heat. Editorial // Lancet. 2021. August 21. Vol. 398. P. 641. URL: <https://www.thelancet.com>
14. Jones B., Tebaldi C., O'Neill B.C., Oleson K. and Gao J. Avoiding population exposure to heat-related extremes: demographic change vs climate change // Climate Change. 2018. Vol. 146. Pp. 423–37. URL: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2133-7>
15. Fouillet L., Cassadou S., Médina S., Fabre s P., Lefranc A., Ei lstein D. et al. The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003 // Environ. Health Perspect. 2006. Vol. 114. No. 1344–7. URL: <https://doi.org/10.1289/ehp.8328>
16. Laaidi M., Laaidi K., Besancenot J.P. Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming // Int. J. Biometeorol. 2006. Vol. 51. Pp. 145–53. URL: <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0045-8>
17. Anderson G.B., Bell M.L., Peng R.D. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. // Environ Health Perspect. 2013. Vol. 121. No. 1111–9. URL: <https://doi.org/10.1289/ehp.120627>
18. Gasparrini A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package DLNM // J. Stat. Softw. 2011. No. 43 (8). Pp.1–20. URL: <http://www.jstatsoft.org/v43/i08>
19. Schwartz J. The distributed lag between air pollution and daily deaths // Epidemiology. 2000. No. 11. Pp. 320–326.
20. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2016. URL: <https://www.R-project.org/>
21. Gasparrini A., Armstrong B. The impact of heat waves on mortality // Epidemiology (Cambridge, Mass.). 2011. No. 22 (1). Pp. 68-73. Doi:10.1097/EDE.0b013e3181fcd99.
22. Бантьева М.Н., Маношкина Е.М., Соколовская Т.А. Динамика заболеваемости и хронизации патологии у детей в Российской Федерации // Клиническая медицина и фармакология. 2019. № 5. С. 29-37 [Bantjeva M.N., Manoshkina E.M., Sokolovskaya T.A. Dynamics of morbidity and chronization of pathology in children in the Russian Federation // Clinical Medicine and Pharmacology. 2019. No. 5. Pp. 29-37. (In Russ.)]
23. Быстрицкая Е.В., Биличенко Т.Н. Обзор общей заболеваемости населения Российской Федерации бронхиальной астмой // Пульмонология. 2022. № 32 (5). С. 661-660. [Bystritskaya E.V., Bilichenko T.N. Overview of the bronchial asthma incidence of the Russian Federation population // Pulmonology. 2022. No. 32 (5). Pp. 661-660. (In Russ.)]
24. Ишмурин Г.П. Медико-экономические показатели лечения пациентов с хронической обструктивной болезнью легких и бронхиальной астмой при экстренной госпитализации // Казанский медицинский журнал. 2016. Т. 97. № 6. С. 950-958. [Ishmurin G.P. Medical and economic indicators of treatment of patients with chronic obstructive pulmonary disease and bronchial asthma during emergency hospitalization // Kazan Medical Journal. 2016. Vol. 97. No. 6. Pp. 950-958. (In Russ.)]
25. Prüss-Üstün A. Introduction and methods: assessing the environmental burden of disease at national and local levels. WHO Environmental Burden of Disease Series. 2003. No.1. 63 p.
26. Climate change and health: a tool to estimate health and adaptation costs. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen. 2013. 55 p.

27. Артюхов И.П., Козлов В.В., Шульмин А.В., Тихонова Н.В. Оценка потерь, обусловленная смертностью населения Красноярского края от болезней системы кровообращения с использованием показателя DALY // Сибирское медицинское обозрение. 2011. № 5 (71). С. 87-91 [Artyukhov I.P., Kozlov V.V., Shulmin A.V., Tikhonova N.V. Using the DALY indicator to estimate the losses of the Krasnoyarsk region population from mortality caused by the circulatory system diseases // Siberian Medical Review. 2011. No. 5 (71). Pp. 87-91 (In Russ.)]
28. Артюхов И.П., Шульмин А.В., Добрецова Е.А., Козлов В.В., Аршукова И.И. Использование показателя DALY для оценки медико-демографических потерь населения г. Красноярска от смертности, обусловленной хронической обструктивной болезнью легких // Социальные аспекты здравоохранения (электронный научный журнал). 2013. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/527/30/> [Artyukhov I.P., Shulmin A.V., Dobretsova E.A., Kozlov V.V., Arshukova I.I. Using the DALY indicator to estimate the medical and demographic losses of the Krasnoyarsk city population from mortality caused by the chronic obstructive pulmonary disease // Social Issues of Health Care (electronic scientific journal). 2013. (In Russ.)]



Статья поступила в редакцию 30.10.2023. Статья принята к публикации 20.11.2023.

Для цитирования: Б.Н. Порфирьев, Б.А. Ревич. Оценка возможного ущерба здоровью населения от воздействий, связанных с изменчивостью и изменением климата // Проблемы прогнозирования. 2024. № 2 (203). С. 48-60.
DOI: 10.47711/0868-6351-203-48-60

Summary

ASSESSING POTENTIAL DAMAGE TO PUBLIC HEALTH FROM IMPACTS ASSOCIATED WITH CLIMATE VARIABILITY AND CLIMATE CHANGE

B.N. PORFIRIEV, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0001-8515-3257; Scopus Author ID: 6603270384

B.A. REVICH, Doct. Sci. (Med.), Professor, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0002-7528-6643, Scopus Author ID: 55941085000

Abstract. Methodological approaches to assessing possible damage to public health from climate change and its impact, primarily that of temperature extremes, including heat waves, are contemplated. The limitations of these approaches and the algorithm for calculating economic damage from excess morbidity and premature mortality caused by the above-mentioned climatic factors are substantiated. Improvements of the operational Methodological Recommendations of Rosпотребнадзор of 2011, including calculation methods are introduced. Examples of assessments of the damage to human health in terms of excess morbidity and premature mortality from heat waves are considered.

Keywords: climate change, heat waves, public health, excess morbidity, premature mortality, potential damage.

Received 30.10.2023. Accepted 20.11.2023.

For citation: B.N. Porfiriev and B.A. Revich. Assessing Potential Damage to Public Health from Impacts Associated with Climate Variability and Climate Change // Studies on Russian Economic Development. 2024. Vol. 35. No. 2. Pp. 190-198.
DOI: 10.1134/S107570072402014X