

*Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников*

### **ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, ВОЛНЫ ЖАРЫ И ХОЛОДА КАК ФАКТОРЫ РИСКА ПОВЫШЕННОЙ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В НЕКОТОРЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ<sup>1</sup>**

*В статье авторы систематизируют результаты своих оригинальных исследований количественных взаимодействий между показателями температуры воздуха, его загрязненности и смертности населения. Применение метода временных рядов позволило выявить количественные параметры влияния температурных волн на уровень смертности населения Москвы (2000-2006 гг.) и северных городов – Архангельска, Мурманска, Магадана и Якутска (1999-2007 гг.).*

Одним из последствий изменений климата является увеличение числа дней с аномально высокой или низкой температурой воздуха, т.е. волн жары и холода. Климатологи прогнозируют увеличение количества дней с экстремально высокой температурой, учащение волн тепла и сильных осадков [1, 2].

Изменение климата в странах Северного полушария может проявляться в увеличении числа температурных аномалий. Росгидромет регулярно публикует доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации, в которых содержится информация об аномалиях температур и индексах экстремальности суточных температур. Для расчета этих индексов Росгидромет использует данные о числе дней за период времени (сезон, год), когда любая из характеристик суточной температуры (суточный максимум, минимум или размах) была выше или ниже некоторого порогового значения. Пороговые значения определяются для каждого месяца по значениям 95- или 5-процентного процентиля за длительное время наблюдений. Результаты анализа данных метеорологических станций выявили следующие сезонные различия в изменчивости рассмотренных температурных экстремумов в регионах. В европейской части России дни с экстремально высокой температурой наблюдаются, главным образом, в зимний и весенний периоды, а в Западной Сибири и в юго-восточных регионах – в летнее время, что является одной из причин увеличения числа пожаров. Число дней с экстремально низкой температурой растет только в европейской части – зимой на севере и осенью в западной части. За последние годы рекордно высокие среднемесячные температуры отмечались на севере Западной Сибири, на Таймыре: 2007, 2008 и 2010 гг. – в числе самых теплых начиная с 1936 г., а летом 2010 г. наблюдалась одна из самых крупных в мире климатических аномалий [3].

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке гранта «Влияние региональных изменений климата на показатели смертности населения» Программы Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» и проекта «Воздействие изменений климата на здоровье населения и оценка возможности адаптации на Севере Российской Федерации», организованного и финансируемого Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

Авторы благодарят Т.Л. Харьковку, сотрудника Института демографии НИУ ВШЭ за помощь в подготовке статистических материалов по смертности; Е.Г. Семутникову – директора и Е.А. Лезину – начальника отдела ГУП «Мосэкомониторинг» за помощь в систематизации данных о загрязнении атмосферного воздуха в Москве.

Работа по Архангельску проводилась в рамках проекта ВОЗ и Министерства по окружающей среде, природы и ядерной безопасности ФРГ, направленного на защиту здоровья от изменения климата в Европе, координируемого доктором В. Метте и доктором D. Nurse (Европейский региональный офис ВОЗ).

**Волны жары и качество атмосферного воздуха.** Метеорологические условия – один из основных факторов, определяющих уровень загрязнения атмосферного воздуха в качестве причины повышенной смертности населения и соответственно сокращения ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ). Так, по оценкам Европейского регионального Бюро ВОЗ, в Европе этот фактор риска привел к сокращению ОПЖ на 8 мес., а на наиболее загрязненных территориях – на 13 мес. В России ежегодная дополнительная смертность вследствие повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха составляет около 40 тыс. чел. [4].

Потепление климата сопровождается двумя противоположными эффектами – увеличением смертности из-за плавного повышения температур летом (точнее, лишь в те дни, когда температуры находятся выше точки минимума температурной кривой смертности) и снижением смертности из-за повышения температур во все остальные дни года (т.е. когда температуры находятся ниже точки минимума температурной кривой). Кроме того, смертность скачкообразно растет во время тепловых волн, которые будут учащаться по мере потепления климата. Важно отметить, что оба температурных механизма («плавный» и «волновой»), хотя и связаны друг с другом, но различны с точки зрения используемых для их оценки статистических методов. Проще оценить изменение смертности с помощью «плавного» механизма, так как в отношении увеличения частоты и продолжительности температурных волн пока существует большая неопределенность.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе по большинству вредных веществ примерно соответствует данным показателям в других столицах мира, но концентрация PM10 (взвешенных веществ с аэродинамическим диаметром менее 10 микрон) несколько выше, чем в Париже, Лондоне или Стокгольме. Среднегодовые концентрации PM10 в атмосферном воздухе за период с 2002 по 2010 г. находились в интервале от 27 до 43 мкг/куб. м.

Анализ данных о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Москвы показал их увеличение в наиболее жаркие дни, т.е. краткосрочные колебания концентрации «повторяют» колебания температуры. Это следует из анализа простых регрессионных уравнений между загрязнением и температурой.

Относительная теснота связи концентраций озона и PM10 с температурой воздуха летом, взятой с различными лагами (по данным Мосэкомониторинга), показана на рис. 1.

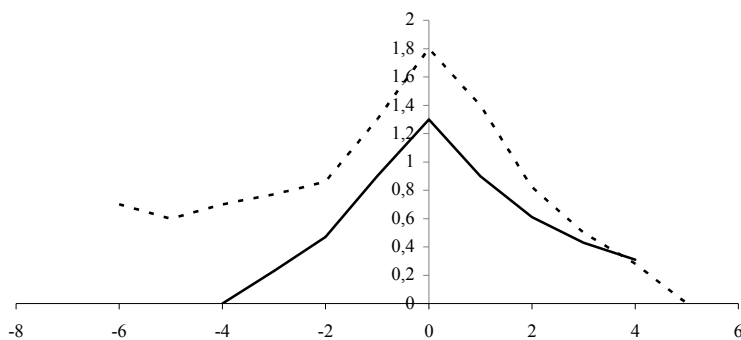


Рис. 1. Теснота связи между среднесуточной температурой и загрязнением воздуха PM10 (---) и O<sub>3</sub> (—) за три лета: 2003, 2004 и 2005 гг.

По оси X указан лаг в днях между измерением загрязнения и измерением температуры; по оси Y – коэффициенты линейной связи 24-ч PM10 и 8-ч O<sub>3</sub> на среднесуточную температуру воздуха, мкг/куб. м/С°

Наиболее сильная зависимость концентрации загрязнения от температуры наблюдалась при нулевом лаге, т.е. от температуры того же дня. При этом высота графиков (абсолютная величина регрессионных коэффициентов) не столь важна, поскольку зависит от единиц измерения концентраций – ведь это не безразмерные величины. Важнее то, насколько быстро «спадают» кривые при увеличении временного лага. Когда кривая спадает до нуля, статистическая связь между загрязнением и температурой пропадает. Соответствующий лаг можно условно назвать «корреляционным радиусом» статистической зависимости. На рис. 1 хорошо видно, что зависимость концентрации озона от температуры падала с увеличением лага быстрее, чем PM10. Характерный корреляционный радиус зависимости для озона составляет 3-4 дня, а для PM10 – 5-6 дней. В данной работе не исследовались причины этого различия, но можно предположить, что они вызваны особенностями рассеяния озона и взвешенных веществ в атмосфере.

Отметим, что температуры соседних дней также не являются статистически независимыми переменными. Характерные периоды краткосрочного изменения температуры, например для Лондона, составляют до  $\pm(8-10)$  дней от «референтного» дня, т.е. характерная длина температурных волн должна быть до 16-20 дней [5]. Для Москвы среднесуточные летние температуры остаются статистически взаимосвязанными в течение  $\pm(5-6)$  дней, считая от «референтного» (рис. 2).

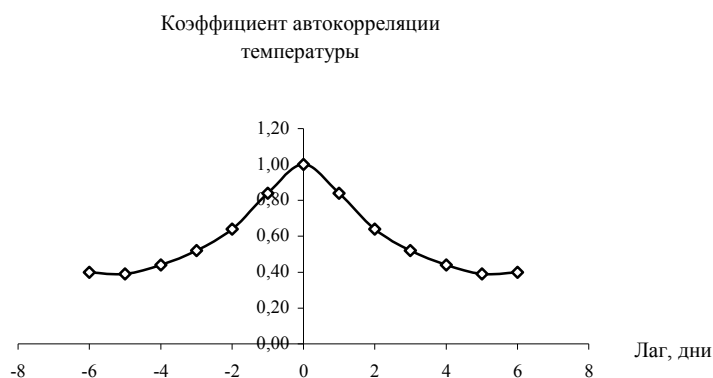


Рис. 2. Зависимость коэффициента автокорреляции среднесуточной температуры в Москве от лага (данные за три лета 2003, 2004, 2005 гг.)

Особый интерес представляют данные о концентрации загрязняющих веществ в период высоких аномальных температур, так как в эти дни происходит суммация негативного влияния на здоровье населения летней жары и высоких концентраций загрязняющих веществ. К сожалению, в 2001 и 2002 гг., когда в Москве наблюдались две сильнейшие тепловые волны, система Мосэкомониторинга полностью еще не функционировала, однако во время тепловой волны 18-24 августа 2004 г. концентрации  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  и PM10 точно повторяли пик температуры, опережая температурную волну на день.

В день с максимальной температурой ( $25^\circ\text{C}$  22 августа) наблюдалась максимальная концентрация  $\text{O}_3$ , а максимальные концентрации  $\text{NO}_2$  и PM10 были зафиксированы днем ранее, причем концентрация PM10 достигла экстремально высокого значения  $\mu+2\sigma$  (среднегодовое плюс два стандартных отклонения), так что она очень чутко отреагировала на температуру. Отсюда следует весьма важный вывод для последующей оценки результатов множественной регрессии смертности на температуру и загрязне-

ние. При столь тесной связи между температурой и загрязнением определить степень влияния загрязненного атмосферного воздуха на смертность на фоне тепловых волн весьма сложно. В некоторых работах, однако, выделяется доминирующее влияние озона на избыточную смертность во время тепловых волн [6].

Значительно более высокие концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе наблюдались в Москве во время аномальной жары 2010 г. вследствие мощных пожаров лесов и торфяников в Московском регионе и влияния антициклона, который препятствовал их рассеиванию. Наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ были зарегистрированы в атмосферном воздухе Москвы, по данным Мосэкомониторинга, в период с 4 по 9 августа в условиях высокого атмосферного давления и температурной инверсии (рис.3).

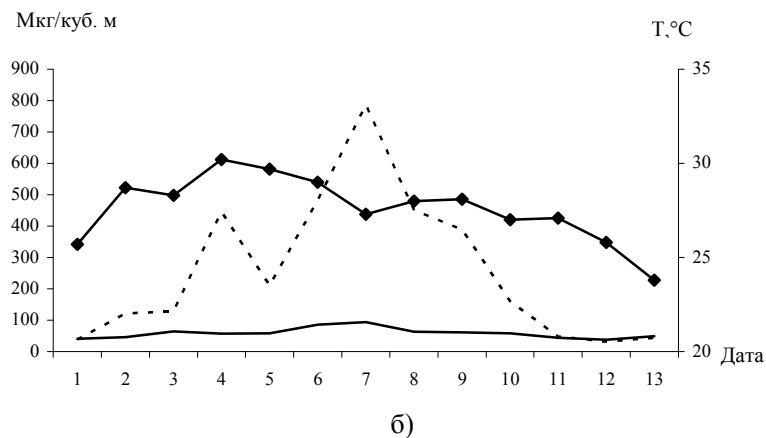
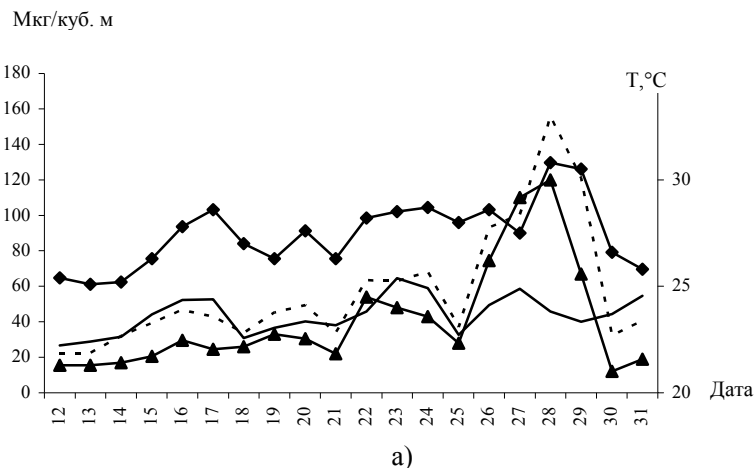


Рис. 3. Концентрации загрязняющих веществ (левая шкала) и температура воздуха в июле (а) и августе (б) 2010 г. в Москве, по данным Мосэкомониторинга:  
 —▲— PM2,5; ---- PM10; — NO2; —◆— температура воздуха

При среднем уровне загрязнения атмосферного воздуха в июле совпали пиковые значения концентраций PM10 и температуры, в августе в результате крупных пожаров содержание PM10 в воздухе возросло в несколько раз. Максимальные разовые концентрации монооксида углерода достигали 30 мг/куб. м, PM10 – 1500 мкг/ куб. м; средне-

суточные концентрации РМ<sub>10</sub> во время пожаров с 4 по 9 августа находились в пределах 431-906 мкг/куб. м, превышая российскую среднесуточную ПДК (60 мкг/куб. м) в 7-15 раз, концентрация озона приближалась к 2 ПДК. Концентрации в атмосферном воздухе формальдегида, этилбензола, бензола, толуола, стирола и некоторых других органических веществ также были превышены (до 8 ПДК) [7, 8]. Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в этот период сформировался не только в Москве, но и в Подмосковье. В атмосферном воздухе западной части Московской области, которая была наименее подвержена пожарам, концентрация монооксида углерода в 4 раза превысила ПДК [9].

Для оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха Москвы на показатели здоровья населения во время жары выбран метод оценки риска. При этом использовались данные Мосэкомониторинга, поскольку только эта организация проводит регулярные наблюдения за РМ<sub>10</sub>, – именно эти мелкодисперсные частицы представляют особую опасность для здоровья населения. Дополнительная смертность, связанная с воздействием загрязненного атмосферного воздуха, преимущественно обусловлена влиянием взвешенных частиц. Согласно исследованиям известного специалиста по пылевой патологии академика РАМН Б.Т. Величковского, в присутствии пылевых частиц резко повышается уровень потребления клеткой кислорода, т.е. происходит так называемый «дыхательный взрыв», причем этот весь дополнительно поглощенный кислород не используется ни на энергетические, ни на пластические потребности клетки. Мелкодисперсные твердые частицы, попадая в организм человека, вызывают образование избыточных количеств свободных радикалов, обладающих высокой химической активностью, которые в свою очередь вызывают асептическое воспаление органов дыхания. Такие воспаления приводят к развитию хронических заболеваний органов дыхания, особенно у детей [10].

По данным, приведенным в Руководстве ВОЗ по оценке качества атмосферного воздуха [11, р.484], кратковременное воздействие РМ<sub>10</sub> увеличивает суточную смертность на 0,46-0,62% при приросте на каждые 10 мкг/куб. м среднесуточных концентраций этого загрязнителя. Возрастание суточной смертности примерно на 0,5% на каждые 10 мкг/куб. м РМ<sub>10</sub> в наибольшей степени характерно для городов развитых и развивающихся стран. Исходя из этих данных, эксперты ВОЗ пришли к выводу, что при кратковременном воздействии суточных концентраций РМ<sub>10</sub> на уровне 150 мкг/куб. м ожидаемое возрастание случаев суточной смерти будет составлять 5%, а на уровне 100 мкг/куб. м – 2,5%.

На основании этой информации и с учетом предоставленных Мосэкомониторингом данных было рассчитано, что ожидаемая дополнительная суточная смертность в Москве из-за загрязнения атмосферного воздуха в период аномальной жары 2010 г. составила 15-20%, риски увеличения частоты симптомов со стороны органов дыхания – 30% и обострения бронхиальной астмы – 45% по отношению к фоновым уровням.

Что касается зимнего периода, то анализ данных за 2003-2005 гг. показал: концентрация взвешенных веществ в воздухе увеличивалась по мере снижения температуры. Наиболее сильная зависимость наблюдалась от температуры предыдущего дня ( $t$ -тест для коэффициента линейной регрессии  $t = 7,1$ ). Связь между температурой и концентрацией РМ<sub>10</sub> носит длительный характер – 6 дней и более, что объясняется худшими условиями рассеивания в зимнее время. Концентрация озона, наоборот, увеличивалась с повышением температуры в зимний период.

**Оценка влияния загрязнения воздуха твердыми частицами и озоном на смертность в Москве.** Общепринятым методом получения статистического доказательства зависимости смертности от загрязнения воздуха является ретроспективный анализ временных рядов суточной смертности и вычисление регрессионных

коэффициентов между суточными мерами загрязнения воздуха и суточной смертностью. Такое исследование было предпринято нами в Москве [12] на основе анализа данных за 2003-2005 гг. о суточной смертности от всех естественных причин, а также от таких «климатозависимых причин», как ишемическая болезнь сердца (ИБС, коды по Международной классификации болезней 10-го пересмотра I20-I25) и цереброваскулярные заболевания, в основном это инсульты (коды I60-I69). Кроме того, отдельно изучалась смертность населения всех возрастных групп и возрастной группы 75 лет и старше (далее 75+). Таким образом, всего было изучено шесть показателей смертности.

Зависимость смертности от загрязнения изучалась с помощью Пуассоновской регрессионной модели:

$$\log E(M_t) = \beta PM_{10t} + \gamma O_{3t} + S_t(Temp, 6) + Y_t(M, DF),$$

где  $E(M_t)$  – ожидаемое число смертей в день  $t$ ;  $PM_{10t}$  и  $O_{3t}$  – среднесуточные концентрации  $PM_{10}$  и озона, усредненные по данным станций мониторинга в Москве в день  $t$ ;  $S_t(Temp, 6)$  – множитель, введенный в модель для учета поправки на зависимость смертности от температуры воздуха в день смерти, он моделировался кубическим сплайном – интерполяцией температуры с шестью степенями свободы;  $Y_t(M, DF)$  – множитель, введенный в модель для учета поправки на все медленные колебания смертности: сезонные, многолетние, зимние эпидемии и др., характерный временной период которых больше упомянутого выше корреляционного радиуса зависимости загрязнения от температуры  $\pm(6-8)$  дней, т.е. примерно две недели). Этот множитель аппроксимировался непараметрической сглаживающей функцией ежедневной смертности  $M$  с числом степеней свободы  $DF = 182$  (т.е. зависящей от значений ежедневной смертности за предыдущие полгода).

Результаты регрессионного анализа модели, линейной по концентрациям  $PM_{10}$  и  $O_3$ , приведены в табл. 1. Регрессионные коэффициенты показывают относительный прирост смертности, соответствующий приросту концентрации загрязняющего вещества на каждые 10 мкг/куб. м в среднем для всего диапазона концентраций, наблюдавшихся в Москве в течение периода исследования.

Таблица 1

Относительные приросты смертности при увеличении на 10 мкг/куб. м  $PM_{10}$  и  $O_3$

Причина смерти	Возрастная группа	Относительный прирост смертности, % (95% ДИ) и $p$ -тест (уровень значимости)	
		на 10 мкг/куб. м $PM_{10}$	на 10 мкг/куб. м $O_3$
Все естественные причины	Все возрасты	0,33 (0,09; 0,57) $P = 0,006$	1,09 (0,71; 1,47) $P < 0,001$
	75+	0,55 (0,21; 0,89) $p = 0,002$	1,24 (0,68; 1,80) $p < 0,001$
Ишемическая болезнь сердца (ИБС)	Все возрасты	0,66 (0,30; 1,02) $p < 0,001$	1,61 (1,01; 2,21) $p < 0,001$
	75+	0,81 (0,31; 1,31) $p = 0,001$	1,88 (1,08; 2,68) $p < 0,001$
Цереброваскулярные заболевания	Все возрасты	0,48 (0,02; 0,94) $p = 0,035$	1,28 (0,54; 2,02) $p = 0,001$
	75+	0,72 (0,14; 1,30) $p = 0,014$	1,25 (0,31; 2,19) $p = 0,008$

Источник: [12].

Наиболее сильная зависимость смертности от уровня загрязнения  $PM_{10}$  была получена при нулевом лаге, т.е. от концентрации в день смерти, а от уровня загрязнения  $O_3$  при кумулятивном лаге 0-1, т.е. от концентраций, усредненных за день смерти и предшествующий день. Как показывают данные табл. 1, для всех изученных показателей смертности были получены статистически достоверные риски воз-

действия как PM10, так и озона. В возрастной группе 75+ риски всегда оказывались выше, чем в группе «все возрасты», что указывает на повышенную чувствительность пожилых людей к загрязнению воздуха. Учитывая долю пожилых людей во всем населении (точнее, «вклад» этой возрастной группы в общую смертность населения), можно утверждать, что прирост общей смертности, вызванный загрязнением, почти целиком объясняется приростом смертности среди пожилых людей. Дополнительная смертность связана в основном с увеличением смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы, обусловленной преимущественно воздействием PM10.

В Москве было также прослежено сочетательное действие двух загрязнителей (суммы взвешенных частиц и озона) на смертность, т.е. были установлены пределы применимости линейной по PM10 и O<sub>3</sub> статистической модели смертности. Для этого вычислили риски PM10 отдельно для выборки дней, в которые концентрация озона превышала 90-процентный перцентиль распределения среднесуточных концентраций озона за весь период исследования (уже в рамках одномерной по загрязнению модели, в которой смертность зависит только от PM10). Эти «скорректированные на высокий уровень озона» риски PM10 сравнили с исходными, вычисленными для всех дней периода исследования в рамках одномерной регрессионной модели. Разница оказалась весьма значительной.

Это означает, что линейную (по концентрациям) модель зависимости смертности от загрязнения нельзя применять при высоких концентрациях озона. Было получено статистическое доказательство того, что высокие уровни озона модифицируют риск PM10. При этом вычисленная по московским данным величина модификации оказалась очень значительной. Например, если проверять нулевую гипотезу о том, что шесть отношений рисков  $\beta_{adj}/\beta_{crude}$  взяты случайным образом из нормально распределенной исходной совокупности со средним значением, равным единице (т.е. гипотезу об отсутствии взаимодействия между PM10 и озоном), то ее придется отвергнуть на очень высоком уровне значимости – двусторонний *t*-тест дает уровень значимости  $p = 0,003$ . Было показано, что в присутствии высоких уровней озона риски PM10 возрастают примерно в 3 раза. Обратное утверждение доказать не удалось – в присутствии высоких уровней PM10 риски озона не увеличивались.

#### ***Волны жары и холода как факторы риска увеличения смертности населения.***

Понятие волн жары и холода определяется индивидуально не только для каждой климатической зоны, но и для отдельных городов и особенно мегаполисов. Города с разной возрастной структурой и социально-экономическим положением населения, возможно, имеют разные температурные пороги, даже если находятся в одном и том же климате. Эта гипотеза в настоящее время проверяется на основе анализа смертности городского населения различных европейских и африканских средиземноморских стран. С позиций здоровья большое значение имеет тот температурный порог, выше (жара) или ниже (холод) которого увеличиваются показатели смертности или наблюдаются какие-либо другие изменения здоровья репрезентативных групп населения.

Данные более 50-ти европейских исследований смертности населения в периоды летней жары показали, что она наиболее высока среди лиц пожилого возраста, особенно с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, диабетом, лиц с ограниченной подвижностью, в том числе лежачих больных, одиноких людей. Так, во Франции летом 2003 г., признанном самым жарким в Европе за последние 500 лет, уровень общей смертности был на 60% выше, чем в аналогичный период в 2000-2002 гг. В отдельные дни число дополнительных случаев смерти достигало 2200. В 70% случаев умирали люди старше 75 лет. После этого инцидента Министерство здравоохранения Франции разработало специальный план действий по оценке и профилактике острого воздействия погодных явлений на здоровье человека.

Климатические модели предсказывают, что в результате потепления климата будет увеличиваться вероятность наблюдения как отдельных дней с аномально высокими температурами, так и волн жары – нескольких последовательных аномально жарких дней. В XXI в. на территориях суши с большой степенью вероятности прогнозируется увеличение числа дней с высоким «индексом жары» (который характеризует сочетательное действие на организм человека температуры и влажности в жаркие дни) [13].

*Волны жары и холода и смертность в Москве.* Исследования временных рядов суточной смертности или заболеваемости весьма эффективны как для анализа плавных зависимостей между температурой воздуха и показателями здоровья в течение длительного времени, так и для анализа коротких (дискретных) погодных эпизодов – таких, как волны жары или холода. Этот метод был использован для оценки влияния этих волн на показатели смертности населения Москвы и четырех северных городов – Мурманска, Архангельска, Якутска и Магадана.

Первые исследования влияния температуры воздуха на смертность населения Москвы проведены нами с использованием метода временных рядов по данным ежедневной смертности и температуры воздуха за 2000-2006 гг. [14, 15]. Изучались температурные зависимости смертности, которые можно определить в диапазоне как годовых температур, так и температурных волн. Результаты исследования плавных температурных зависимостей смертности методом временных рядов приведены в [14]. Так, температурная кривая смертности аппроксимировалась *V*-образной функцией с двумя линейными участками, соответственно ниже и выше точки минимума температурной кривой. Такая аппроксимация позволяет вычислить коэффициенты линейной регрессии, которые имеют очень простую интерпретацию: коэффициент для холодных температур имеет смысл относительного увеличения смертности в среднем на каждый градус снижения температуры ниже точки оптимума (+18°C для Москвы), соответственно коэффициент для жарких температур интерпретируется как относительное увеличение смертности в среднем на каждый градус повышения температуры выше точки оптимума. Приведенные в табл. 3 коэффициенты справедливы в среднем для каждого температурного диапазона, потому что в общем случае изучаемая зависимость нелинейна.

Для характеристики относительной силы корреляционной связи все риски были приведены с соответствующими 95-процентными доверительными интервалами (ДИ). Для всех изученных причин смерти (кроме хронических болезней нижних дыхательных путей у лиц в возрастной группе 75+) установлена связь между температурой и смертностью.

Сравнение показателей смертности в разных возрастных группах жителей Москвы показало, что для всех причин смерти угол наклона регрессионной прямой для возрастной группы 75+ круче, чем для группы «все возрасты», т.е. пожилые люди сильнее реагируют на колебания температуры. Эти расчеты особенно важны для России, поскольку ожидается, что в ближайшие 20-30 лет население России будет постепенно стареть; доля лиц старше трудоспособного возраста увеличится до 28,5% в 2030 г. [16], а к 2050 г. может достигнуть 36% [17].

Влияние тепловых и холодных волн на смертность изучалось методом анализа независимых выборок из временных рядов суточной смертности. На основе анализа многолетних распределений среднесуточных температур в столице были даны формальные определения температурных волн в Москве. В частности, тепловая волна должна состоять из пяти или более последовательных дней со среднесуточной температурой выше +22,7°C, аналогично холодная волна – как минимум из девяти последовательных дней со среднесуточной температурой ниже -14,4°C. За указанный период времени исключительно жаркими в Москве были июль 2001 г. и июль 2002 г. В июле 2001 г. столица пережила волну жары, во время которой среднесуточные температуры превышали порог в 25°C в течение девяти последова-



тельных дней (при средней многолетней «норме» три дня в год). В максимуме этой волны суточная смертность превысила среднее многолетнее значение (математическое ожидание) смертности для июля на 93%. Однако количественной мерой воздействия тепловых и холодных волн на смертность служит не пиковая, а кумулятивная, т. е. усредненная за период волны (с учетом лага между протеканием температуры и смертностью) избыточная смертность, которая может быть определена для каждой причины и возрастной группы по отношению к соответствующему ожидаемому среднему многолетнему значению за данный календарный период. Волна 2001 г. привела к четко выраженному и статистически значимому всплеску смертности во всех возрастных группах по всем рассмотренным причинам смерти. Абсолютная дополнительная смертность во время указанной тепловой волны составила 1177 случаев. Вторая тепловая волна 2002 г. была не столь продолжительной. Суммарная дополнительная смертность составила 283 случая, что в 4 раза меньше, чем во время более продолжительной тепловой волны 2001 г.

Эффект аномальных метеорологических условий другого типа – холодной волны – наглядно демонстрирует ситуация января-февраля 2006 г. В Москве в это время аномально низкие температуры наблюдались в течение 26 дней. Такие холода в Москве по законам вероятности не должны возникать чаще, чем примерно раз в 10 лет. Поскольку эта волна холода состояла из двух эпизодов, разделенных краткосрочным потеплением, ее эффект оказался статистически значим только для пожилых людей, поэтому в табл. 4 приведены результаты расчетов смертности только для этой возрастной группы.

В Москве было оценено изменение смертности, обусловленное потеплением между «базовым» периодом 1980-1999 гг. и периодом 2000-2005 гг., в сумме за шесть лет исследуемого периода. Согласно нашим расчетам, снижение смертности в результате потепления климата в зимний период времени в Москве с 2000 по 2005 г. составило примерно 590 смертей в год, но за этот же период в результате увеличения среднемесячных температур летом дополнительное количество смертей составило 420 случаев. Таким образом, в сумме положительное и отрицательное воздействия потепления климата на смертность почти компенсируют друг друга: результирующая дополнительная смертность  $\Delta M = 420 - 590 = -170$ , 95%; доверительный интервал для  $\Delta M$  составил (-291; -49) смертей в год. Суммарный прирост смертности оказался отрицательным, т.е. потепление климата в итоге ненамного снижает смертность. Однако следует иметь в виду, что результирующий эффект довольно мал и практически сравним с погрешностью самих вычислений, поэтому вывод о благоприятном воздействии потепления на здоровье был бы преждевременным.

Проведенные в период с 2006 по 2009 г. работы имели большое значение для дальнейших исследований. Новые данные о возрастании климатозависимой смертности были получены в 2010 г. В Москве протяженность волны жары, когда среднесуточная температура более чем на 5°C превышала среднесуточную среднемесячную, в июле-августе 2010 г. составила 45 дней, из них 37 дней были с температурами выше 25°C. Число температурных рекордов, т. е. дней с максимальной температурой для данной календарной даты за все время регулярных метеорологических наблюдений с 1885 г., достигло в июле 10 дней, в августе – 9 дней. Новый абсолютный максимум температуры +38,2°C был зафиксирован 28 июля 2010 г. Антициклон в Московском регионе препятствовал рассеиванию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Москвы, и они из Подмосковья перенеслись в столицу. В Москве длительная и непрерывная жара явилась значительным фактором риска для здоровья населения, так как при прерывистых волнах негативное влияние жары менее выражено. Во время жары 2010 г. смертность возросла на 11 тыс.

случаев по сравнению с июлем-августом 2009 г., причем в августе во время пожаров произошел более резкий ее рост от заболеваний органов дыхания (табл. 2), значительный рост от инфекционных и паразитарных заболеваний (на 61,5% по сравнению с июлем-августом 2009 г.), новообразований (на 70,2%), от внешних причин (в июле на 52,9%). Из внешних причин в наибольшей степени возросла смертность от суицидов – в июле на 63 случая, или 101,6%, и в августе на 38 случаев, или 52,1%. О том, что во время жары увеличивается число случаев суицидов сообщают и другие авторы [18-20].

Таблица 2

Волна жары и смертность в Москве в 2010 г.

Показатель	Июль	Август	Всего
Число дней с температурой выше многолетней средне-месячной на 5°C (в июле - выше 23,4°C, в августе - выше 21,4 °C)	27	18	45
Дополнительная смертность в 2010 г. по сравнению с 2009 г., абсолютное число (прирост, %)	+4 824 (50,7)	+6 111(68,6)	+10 935(59,6)
В том числе (прирост, %) от:			
болезней системы кровообращения	51,5	66,1	58,8
болезней органов дыхания,	59,1	110,1	84,5
инфекционных болезней	56,3	66,7	61,5
новообразований	58,8	81,6	70,2
внешних причин	48,0	57,8	52,9

Источник: [21].

В сентябре 2010 г. общий уровень смертности населения Москвы был уже на уровне показателей сентября 2009 г., в октябре стал ниже уровня октября 2009 г. на 17,5%, в ноябре и декабре – на 14%, т.е. эффект «жатвы» длился почти все время после августа до конца года (рис. 4). Следует также отметить увеличение смертности от заболеваний органов дыхания в октябре 2010 г.

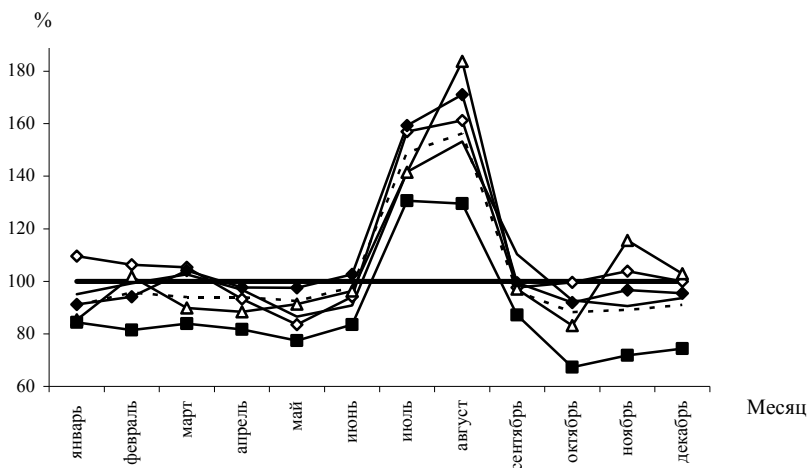


Рис. 4. Показатели смертности населения Москвы по месяцам 2010 г. по сравнению с соответствующими периодами 2009 г.:

—◇— инфекционные болезни; —◆— новообразования; ---- болезни системы кровообращения; —△— болезни органов дыхания; — болзнии органов пищеварения; —■— внешние причины; — среднее за 2006-2009 гг.

**Оценка влияния волн жары и холода на смертность населения северных городов.** Для России характерен северо-восточный вектор нарастания уровня смертности, что было показано В.М. Школьниковым более 30 лет назад. За последние годы эта тенденция не изменилась: среди регионов с наиболее высокой смертностью лидируют многие северные территории. На севере Западной Сибири температура опускается до  $-44^{\circ}\text{C}$ , в Восточной Сибири – до  $-56^{\circ}\text{C}$ . В январе 2003 г. на Дальнем Востоке температура достигала  $-42^{\circ}\text{C}$ . В большинстве населённых пунктов в условиях столь холодного климата важное социальное значение имеет стабильность работы систем теплоснабжения. Холодóвый дискомфорт – это сложный комплекс физиологических вызываемых температурным переохлаждением реакций, которые создают эффект «холодового напряжения». С продвижением на Север осложняется течение респираторных заболеваний, в том числе частота и тяжесть приступов бронхиальной астмы. Распространенность заболеваний органов дыхания среди детей в северных регионах страны выше средних показателей по России в 1,5-2 раза. Для населения северных территорий характерен эффект северной пневмонии, возникающей в результате развития «синдрома первичной северной артериальной гипертензии малого круга кровообращения» [22]. Даже в тех странах, где в большинстве жилищ комфортный микроклимат (т.е. имеется отопление, кондиционирование, вентиляция), максимум заболеваемости и смертности все равно приходится на зимний период. Заметим, что в Германии наибольшее количество инфарктов также происходит в декабре-январе, в Великобритании пик смертности в середине зимы превышает этот показатель в июне примерно на 30% [23].

Важно понять, как на фоне регулярных (квазипериодических) сезонных изменений смертности проявляется действие волн жары и холода. Для решения этой задачи было проведено исследование с использованием метода временных рядов ежедневных показателей смертности и температуры по четырем северным городам за девятилетний период (1999-2007 гг.)<sup>2</sup>. Перечислим их в направлении «запад-восток», и приведем численность населения на конец периода исследования (2007 г.): Мурманск (318 тыс.), Архангельск (355 тыс.), Якутск (246 тыс.), Магадан (100 тыс.). По Архангельску и Якутску результаты исследования частично опубликованы в работах [24, 25]. Анализ проводился отдельно для холодových и тепловых волн, что оправданно с точки зрения различия физиологического воздействия механизмов жары и холода (табл. 3).

Таблица 3

Волны жары и холода в 4-х северных городах, 1999-2007 гг.

Город (температурная волна)	Волны жары			Волны холода		
	короткие	длинные	все	короткие	длинные	все
<i>Архангельск</i>						
Число волн $n$	5	4	9	4	3	7
Средняя длина $N$	6	10	8	6	13	10
<i>Мурманск</i>						
Число волн $n$	4	3	7	7	2	9
Средняя длина $N$	5	9	7	5	9	6
<i>Якутск</i>						
Число волн $n$	4	4	8	2	3	5
Средняя длина $N$	5	11	8	6	11	9
<i>Магадан</i>						
Число волн $n$	3	2	5	5	3	8
Средняя длина $N$	6	10	7	5	9	7

<sup>2</sup> Анализ этих данных занял достаточно много времени и был завершен в 2011 г.

Кроме того, отдельно изучались выборки «коротких» волн (длительностью от 5 до 7 дней) и «длинных» волн (длительностью от 8 дней и более) и всех волн – т. е. объединенная выборка длинных и коротких волн.

Мета-анализ проведен по двум направлениям: поиск сходств и различий. Поиск сходств основан на предположении, что для каждого изучаемого показателя смертности (показатель сочетает «климатозависимую» причину смерти и возрастную группу) четыре оценки риска, полученные в указанных городах, есть по существу четыре выборочные оценки одной и той же величины, которая является средней оценкой риска для северных городов. Поэтому для вычисления дисперсии совокупной оценки применена теорема о дисперсии суммы случайных величин. Таким образом, всего по четырем городам в мета-анализ включено 29 холодных волн (18 коротких и 11 длинных) и 29 тепловых (16 коротких и 13 длинных), в результате были получены совокупные оценки риска.

Из анализа совокупной дисперсии следует несколько выводов.

1. Поскольку при слиянии выборок длинных и коротких волн статистическая мощность совокупной выборки повышается, то выборка «всех волн» дала больше (или, по крайней мере, столько же) статистически значимых эффектов, а для каждого показателя в отдельности точность оценки риска повысилась (доверительный интервал стал уже).

2. В северных городах волны холода оказывают более сильное влияние на уровень смертности населения, чем волны жары. Это проявилось в том, что общее для десяти включенных в исследование показателей число полученных статистически достоверных рисков было больше для холода, чем для жары. Так, для выборки всех холодных волн было получено 5 достоверных рисков, а для выборки всех тепловых волн – всего два: для показателей «цереброваскулярные болезни в возрасте  $\geq 65$ » и «внешние причины смерти в возрасте 30-64 лет». Для первого из этих двух показателей можно непосредственно сравнить риски холодных и тепловых волн: они оказываются почти одинаковыми по величине, однако точность оценки риска холодных волн несколько выше:  $RR_{хол.} = 1,42 \pm 0,07$  и  $RR_{теп.} = 1,44 \pm 0,17$  соответственно.

3. Длинные волны холода сильнее влияют на уровень смертности, чем короткие волны холода. Объединенная оценка риска дала четыре достоверных эффекта длинных холодных волн и всего два – коротких. В обоих случаях оказалось выше абсолютное значение риска длинных волн, причем в одном из них (для причины смерти «все естественные причины в возрасте  $\geq 65$ ») разность между рисками статистически достоверна на 95-процентном уровне:  $RR_{дл.} = 1,25 \pm 0,05$  и  $RR_{кор.} = 1,10 \pm 0,05$  соответственно, т. е. получено прямое доказательство более сильного влияния длинных волн: разность рисков составила  $\Delta RR = 0,15 \pm 0,07$ .

4. В отношении волн жары можно сделать противоположный вывод: короткие волны жары оказывают более сильное влияние, чем длинные. Причем этот вывод следует из сравнения как числа полученных эффектов, так и их абсолютных величин. Так, для длинных волн была получена всего одна достоверная совокупная оценка риска (из десяти возможных): для показателя «внешние причины в возрасте 30-64 лет». Для коротких – две: для показателей «цереброваскулярные болезни в возрасте  $\geq 65$ » и «внешние причины в возрасте 30-64 лет», причем для последнего показателя величина риска коротких волн оказалась выше:  $RR_{дл.} = 1,26 \pm 0,11$  и  $RR_{кор.} = 1,39 \pm 0,14$ . Возможное объяснение этому – эффект «жатвы» во время длинных тепловых волн, когда большое число дополнительных смертей оказывается приближенным на срок меньший, чем сама продолжительность волны. В результате этого избыточная смертность в конце длинной волны компенсируется эффектом «жатвы» – краткосрочным смещением смертности в начале волны.

5. От воздействия волн холода в наибольшей степени страдают лица пожилого возраста. Мета-анализ позволил рассчитать, на сколько процентов риск смертности от инфарктов и от всех естественных причин для пожилых людей оказался выше, чем для работоспособной возрастной группы. Так, для инфарктов отношение рисков  $RR_{\geq 65}/RR_{30-64}=1,10$ , т. е. относительный прирост смертности во время холодных волн для пожилых людей на 10% выше, чем та же величина для работоспособной возрастной группы. Для смертности от всех естественных причин получена сходная оценка: прирост смертности среди пожилых людей оказался на 9% больше, чем среди работоспособной возрастной группы. Отметим, что для волн жары такие оценки получить не удалось, поскольку не было установлено ни одной достоверной пары рисков для прямого сравнения.

6. Существует и другой подход к анализу возрастных различий, основанный на анализе качественных признаков. В данном случае введен такой качественный признак: наличие либо отсутствие эффекта действия холодных волн. Эффектом является достоверный прирост смертности для каждого показателя в каждом городе, отдельно для выборок длинных и коротких волн (эти выборки не пересекаются, так что все эффекты можно рассматривать как независимые испытания Бернулли). В результате тестирования нулевых гипотез об отсутствии дополнительной смертности во время холодных волн для возрастной группы 30-64 лет нулевая гипотеза была отвергнута всего в 4 случаях, а для возрастной группы  $\geq 65$  в 11 случаях. Всего число тестов для каждой возрастной группы равно 40 (4 города  $\times$  5 причин смерти  $\times$  2 выборки). Нулевая гипотеза об отсутствии возрастных различий в данном случае утверждает, что ожидаемое число достоверных приростов не должно зависеть от возраста, а только от чувствительности примененного критерия, т. е. должно распределиться поровну и быть равным  $15/2=7,5$ , поскольку число исследованных причин смертности в обеих возрастных группах было одинаково.

Для проверки сформулированной выше гипотезы об отсутствии возрастных различий, так как все ожидаемые числа больше 5, вычислен критерий  $\chi^2 = \sum (O - E)^2 / E$ , который дает  $\chi^2 = 4,02$ . Это значение превышает  $\chi^2_c = 3,84$  для 95-процентного уровня значимости и одной степени свободы, так что в данном случае нулевую гипотезу об отсутствии возрастных различий также можно отвергнуть. (Отметим, что вычисление критерия  $\chi^2$  с поправкой Йейтса на непрерывность  $\chi^2 = \sum (|O - E| - 1/2)^2 / E$  дает  $\chi^2 = 2,95$ , т. е. «не дотягивает» до критической величины для уровня значимости 0,05, когда  $\chi^2_c = 3,84$ , хотя и превышает 2,71 – критическую для уровня значимости 0,10.) Преимущество этого доказательства возрастных различий перед приведенным в п. 4 состоит в том, что в данном случае использована вся информация, полученная при изучении всех причин смертности и всех холодных волн в указанных городах.

7. Для волн жары аналогичное рассуждение показывает, что количество достоверных приростов в возрастной группе 30-64 лет, наоборот, больше, чем в возрастной группе  $\geq 65$  (пять против двух). Однако в данном случае количество достоверных приростов слишком мало, чтобы применять критерий  $\chi^2$  (ожидаемые числа меньше 5), а применение точного критерия Фишера не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии возрастных различий.

**Сравнение величин рисков смертности от отдельных причин при воздействии холодных и тепловых волн.** Результаты исследования, проведенного в четырех северных городах, позволяют сравнить риски смертности от ИБС и цереброваскулярных заболеваний. Всего для прямого сравнения доступны две пары статистически достоверных рисков, усредненных для указанных четырех городов (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение относительных рисков смертности от ИБС и цереброваскулярных заболеваний в возрасте  $\geq 65$  во время волн холода в Архангельске, Мурманске, Магадане и Якутске

Волны холода	Причина смерти			<i>t</i> -тест для разности рисков инсультов и инфарктов
	ИБС	Цереброваскулярные заболевания	Все естественные причины	
Длинные холодные волны	1,40±0,09	1,41±0,11	1,25±0,05	0,07
Все холодные волны	1,28±0,06	1,42±0,07	1,16±0,03	1,52

Как следует из табл. 4, в обоих случаях риск инсультов оказывается выше, однако разность между рисками инсультов и инфарктов статистически недостоверна. Так, для всех холодных волн  $RR_{\text{цереб.}} - RR_{\text{ИБС}} = 0,14$  [95% CI -0,04; 0,32]. Прирост всей естественной смертности меньше прироста смертности от инфарктов и инсультов.

Население указанных городов характеризуется почти одинаковым «вкладом» ИБС и цереброваскулярных заболеваний в смертность от всех естественных причин в возрастной группе  $\geq 65$ : соответственно 30% и 31%. Если бы эти сердечно-сосудистые заболевания обуславливали весь прирост смертности от всех естественных причин, то для длинных холодных волн прирост всей естественной смертности был бы равен  $0,40 \times 0,30 + 0,41 \times 0,31 = 0,25$ , а для всех холодных волн  $0,28 \times 0,30 + 0,42 \times 0,31 = 0,22$ .

Риски смертности от внешних причин, полученные в данном исследовании, оказались сравнимы с рисками инсультов: для коротких тепловых волн  $RR_{\text{внеш.}} = 1,39 \pm 0,14$  и  $RR_{\text{ИБС}} = 1,44 \pm 0,17$ , а для всех тепловых волн  $RR_{\text{внеш.}} = 1,34 \pm 0,09$  и  $RR_{\text{ИБС}} = 1,35 \pm 0,11$ . Важным результатом следует признать и то, что дополнительная смертность от внешних причин во время холодных волн была статистически значима только в одном городе – Архангельске, поэтому совокупная оценка риска оказалась недостоверной.

**Влияние численности населения на достоверность оценки риска.** Определена минимальная численность населения, для которой можно установить достоверные эффекты температурных волн. Статистическая чувствительность примененного в данном исследовании критерия равна

$$RR_c = 1 + t_c \frac{RSD}{\sqrt{n(w-1)}},$$

где  $RR_c$  – минимальная величина риска, который может быть статистически значимым;  $t_c = 1,96$  – критическое значение двустороннего теста Стьюдента с уровнем значимости  $p = 0,05$  и числом степеней свободы  $DF = \infty$ ;  $RSD$  – относительная стандартная ошибка ежедневной смертности в данном городе;  $n$  – число волн, включенных в тестовую выборку;  $w$  – средняя длина волны в днях. В данном случае  $RSD$ , которая служит мерой вариабельности ежедневной смертности, быстро увеличивается по мере снижения численности популяции, соответственно растет «пороговое» значение риска, ниже которого прирост смертности не может быть признан статистически значимым. Поэтому при численности населения ниже определенного порога вероятность обнаружения статистически значимых приростов смертности равна нулю. Этот вывод подтверждается результатами анализа влияния численности населения на число достоверных оценок риска длинных холодных волн. Число обнаруженных статистически значимых эффектов составило в Архангельске 6, в Мурманске 2, в Якутске 2 и в Магадане 1 (из 10 возможных по каждому городу). Целесообразно рассматривать именно длинные холодные волны, так

как выше было показано, что они более сильно влияют на смертность, чем короткие волны. Общее число достоверных эффектов волн жары оказалось слишком мало, чтобы установить зависимость от численности населения. Таким образом, результаты мета-анализа подтверждают, что чувствительность примененного критерия очень зависит от численности населения города. Численность населения Магадана (100 тыс.) близка к минимальной, ниже которой примененный в данной работе статистический метод уже не может дать значимых результатов.

**Планы и меры по защите здоровья населения от воздействия температурных волн и прогнозы изменения уровней смертности в связи с глобальным потеплением.** После осознания трагических последствий жары в Европе в 2003 г. Европейской комиссией был инициирован проект «Изменение климата и стратегии адаптации для здоровья человека» (проект cCASHh), поставивший задачи: оценить риски для здоровья населения, обусловленные неблагоприятными последствиями изменения климата; выявить меры, технологии и направления политики, которые являются наиболее эффективными и подходящими для успешной адаптации европейского населения к изменению климата; оценить пользу, которую могут принести конкретные стратегии адаптации уязвимых категорий населения при различных сценариях изменения климата; оценить затраты (на ликвидацию ущерба, связанного с изменением климата, и на осуществление мер по адаптации) и выгоды (как от изменения климата, так и от стратегий адаптации), в том числе дополнительные выгоды, не зависящие от изменения климата.

В европейских странах создается единая информационная база, включающая данные по метеорологии (средняя температура воздуха за каждые три часа, влажность, скорость ветра, направление ветра, высота над уровнем моря, площадь снегового покрова, уровень солнечной радиации, загрязнение атмосферного воздуха «классическими веществами»), данные о смертности и рассчитанные потерянные годы жизни. Для европейских городов определен температурный порог, выше которого начинает расти смертность населения. Для Хельсинки он равен  $+23,6^{\circ}\text{C}$ , для средиземноморских городов он, естественно, намного выше и в среднем составляет  $+28^{\circ}\text{C}$ . Предварительные результаты, полученные в рамках этого проекта, свидетельствуют о том, что увеличение температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  выше определенного порога приводит к увеличению смертности населения на 1,8-3,0% (без учета внешних причин). Это совпадает с нашими данными по Твери и Москве [15, 26]. В ходе проекта cCASHh обсуждалась необходимость использования и других метеорологических показателей – максимальной и минимальной суточной температуры, перепадов температуры в течение дня.

Для каждого климатического сценария можно выполнить оценочный прогноз дополнительной смертности, зная температурную зависимость смертности и прогнозируемую динамику численности населения. Так, по одному из сценариев к 2080 г. в Лондоне дополнительная смертность людей в возрасте 75+ может достигнуть 9 тыс. в год, причем большая часть случаев смерти будет связана с низкими температурами. Однако другие исследователи считают, что в зоне умеренного климата негативное влияние холодных волн уменьшится, а увеличение связанной с жарой смертности превысит снижение обусловленной холодом смертности, особенно в странах с низким уровнем доходов и ограниченным адаптационным потенциалом [27].

Региональные климатические модели были применены в Канаде и США для прогнозирования изменений уровней смертности, ожидаемых в связи с изменением температурного режима. В трех городах канадской провинции Квебек исследовали изменения сезонной и годовой смертности. Из-за потепления климата к 2020 г. прогнозируется увеличение летней смертности на 2%, а среднегодовой – на 0,5%. К 2080 г. прогнозируется увеличение летней смертности на 10%, а среднегодовой –

на 3% [28]. Аналогичные оценки были получены в Нью-Йорке, но авторы американского исследования рассчитали не прирост сезонной смертности, а только прирост дополнительной смертности, обусловленной жарой в летние месяцы. Они прогнозируют, что к 2050 г. обусловленная стрессом из-за жаркой погоды смертность возрастет на 47-95% по сравнению с уровнем 1990-х годов, в зависимости от сценария выбросов парниковых газов и предположений об акклиматизации населения к зною [29]. Как считают авторы этого исследования, за счет акклиматизации населения к жаре можно снизить ожидаемый относительный прирост дополнительной смертности примерно на 25%.

Подобная оценка была получена нами в Архангельске на основе данных о приросте смертности во время волн жары и регионального климатического прогноза. Регионализация ансамбля климатических моделей, проведенная в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, показала, что за прогнозный период 2041-2060 гг. число волн жары в Архангельске должно возрасти в 1,8 [95% ДИ 1,0-2,6] раза по сравнению с базовым периодом 1980-1999 гг. Соответственно дополнительная смертность, обусловленная этими волнами, в предположении об отсутствии адаптации и акклиматизации должна возрасти в среднем на 80% [95% ДИ 0-160%]. Однако если за 100% взять не дополнительную смертность во время волн жары, а всю годовую смертность, прирост будет не столь значительным. Для такого пересчета следует знать среднее число дней в году, во время которых ожидаются волны жары. В Архангельске в результате учащения таких волн относительный прирост смертности в среднем за период 2041-2060 гг. по сравнению с 1980-1999 гг. прогнозируется на уровне 0,5% [95% ДИ 0-1,0%] для цереброваскулярных болезней в возрастной группе от 65 лет и старше и 0,22% [95% ДИ 0-0,44%] – для всей естественной смертности в этой же возрастной группе. Заметим, что только для этих двух показателей смертности в Архангельске были установлены достоверные приросты смертности во время волн жары. Возможно, что смертность во время волн жары может возрасти не только в центральных и северных, но и в южных регионах России. Превышение многолетних среднемесячных температур воздуха летом 2010 и 2011 гг. произошло в Астраханской, Волгоградской, Воронежской, Оренбургской, Самарской, Саратовской областях, Ставропольском и Краснодарском краях, в Калмыкии, Башкортостане, республиках Северного Кавказа [30]. На этих территориях проживает более 45 млн. чел., т. е. практически каждый третий житель страны.

Одним из наиболее эффективных методов по защите здоровья населения от климатических изменений является внедрение систем раннего предупреждения о наступлении жары. Они разработаны в США, Канаде, Франции, Чехии и других странах мира как средство предупреждения органов здравоохранения о появлении нового риска. Например, во Франции в 2006 г. благодаря активной работе системы здравоохранения, получившей вовремя информацию о наступающей жаре, удалось на 30% снизить прогнозируемое число дополнительных случаев смерти из-за жары [31].

В России на федеральном уровне зафиксирована необходимость оценки социальных последствий изменения климата в Климатической доктрине РФ, но на региональном уровне она еще плохо осознается. Однако именно на региональном уровне в отдельных населенных пунктах важно определить, насколько опасны климатические изменения, регистрируемые метеослужбой, для здоровья различных возрастных, социальных и этнических групп населения (особенно для коренных малочисленных народов). Кроме того, необходимо разработать рекомендации по внедрению системы организационных и медицинских мер по предупреждению негативных последствий для здоровья в связи с наступлением сильной жары, резким похолоданием или другими существенными изменениями климата. Предупре-



ждения медицинских работников наряду с прогнозами погоды способны смягчить негативное воздействие экстремальных погодных явлений на здоровье. Вместе с тем не совсем ясно, каким образом существующие прогнозы погоды могут предупредить о столь аномальных явлениях, как жара 2010 г. и соответственно быть основой мероприятий по защите здоровья населения. Для этого необходим государственный системный подход, опирающийся на инициативу региональных и местных органов власти, а также самого населения.

### Литература

1. *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC.* Cambridge. NY. 2007.
2. Parry M.L. et al. *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of IPCC* // Cambridge. UK: Cambridge University Press, 2007.
3. [www.meteor.ru](http://www.meteor.ru)
4. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. *Экологическая эпидемиология.* М.: Изд. центр «Академия», 2004.
5. Keatinge W.R., Donaldson G.C. *Mortality Related to Cold and Air Pollution in London after Allowance for Effects of Associated Weather Patterns.* Environ Res Sect. 2001. A 86.
6. Kysely J. *Mortality and Displaced Mortality during Heat Waves in the Czech Republic* // Int J. Biometeorol. 2004. 49.
7. *Air Quality Monitoring in Moscow, 2010 News Letter WHO collaborating Centre for quality management and air pollution control at the Federal Environment Agency, Germany.* 2010. (460).
8. Кузнецова И.Н., Звягинцев А.М., Семутникова Е.Г. *Экологические последствия погодных аномалий летом 2010 года. Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года* / Сб. докл. под. ред. д-ра физ.-мат. наук проф. Н.П. Шакиной. ГУ «Росгидромет России». М.: Триада, ЛТД, 2011.
9. Гречко Е.И., Горчаков Г.И., Джоза А.В. и др. *Результаты измерений содержания загрязняющих веществ в атмосфере Московского региона в период пожаров 2010 г.* // В кн. Тезисы докладов на конференциях и семинарах по научным направлениям Программы «Фундаментальные науки – медицине в 2010 г.». М.: Слово, 2010.
10. Величковский Б.Т. *Патогенетическое значение пиковых подъемов среднесуточных концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе населенных мест* // Гигиена и санитария. 2002. №6.
11. *Air Quality Guidelines Global. Update 2005.* WHO, 2006.
12. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. *The Effects of Particulate and Ozone Pollution on Mortality in Moscow* // Russia Air Qual. Atmos. Health. 2010. Vol. 3.
13. *Периоды сильной жары: угрозы и ответные меры.* ВОЗ, 2005.
14. Ревич Б.А. *Изменение здоровья населения России в условиях меняющегося климата* // Проблемы прогнозирования. 2003. № 3.
15. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Семутникова Е.Г. *Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы в 2000-2006 гг.* // Медицина труда и промышленная экология. 2008. №9.
16. *Демографический ежегодник России 2010.* М.: Росстат, 2010.
17. *Население России. 2006. Четырнадцатый ежегодный демографический доклад* Под ред. А.Г. Вишневецкого. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2006.
18. Hajat Page S., Kovats S. *Relationship between Daily Suicide Counts and Temperature in England and Wales* // The British Journal of Psychiatry: The Journal of Mental Science. 2007. (191).
19. Kim Y, Kim H., and Kim D.S. *Association between Daily Environmental Temperature and Suicide Mortality in Korea (2001-2005).* Psychiatry Res. 2010. 186(2-3).
20. Likhvar V, Honda Y, and 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(1).
21. Ревич Б.А. *Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010* // Экология человека // 2011. № 7.
22. Куликов В.Ю. *Клинические аспекты полярной медицины.* М.: Медицина, 1986.
23. Исаев А.А. *Экологическая климатология.* М: Научный мир, 2003.
24. Варакина Ж.Л., Юрасова Е.Д., Ревич Б.А. и др. *Оценка влияния температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999-2008 годах* // Экология человека. 2011. №6.
25. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. *Extreme Temperature Episodes and Mortality in Yakutsk, East Siberia Rural and Remote Health* 2010. (10): 1338 (online).
26. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Галкин В.Т. и др. *Воздействие высоких температур атмосферного воздуха на здоровье населения в Твери* // Гигиена и санитария. 2005. №2.
27. Wilkinson P., Smith K.R., Joffe M., Haines A. *A Global Perspective on Energy: Health Effects and Injustices.* Lancet. 2007. Sep. 15; 370 (9591): 965-78.
28. Doyon D., Belanger O., Gosselin P. *The Potential Impact of Climate Change on Annual and Seasonal Mortals to Three Cities in Quebec.* Canada. 2008.
29. Knowlton K, B. Lynn B., Goldberg R.A., Rosenzweig C., Hogrefe C., Rosenthal J.K., Kinney P.L. *Projecting Heat-Related Mortality Impacts Under a Changing Climate in the New York City region* // American Journal of Public Health. 2007. 97(11).
30. <http://pogoda.ru/net>
31. Fouillet A., Rey G., Wagner V., Laaidi K., Empereur-Bissonnet P., Le Tertre A. et al. *Has the Impact of Heat Waves on Mortality Changed in France Since the European Heat Wave of Summer 2003? A Study of the 2006 Heat Wave* // International Journal of Epidemiology. 2008. 37(2).