

# Влияние погодно-климатических и социальных факторов на смертность населения от болезней системы кровообращения на территории России

А.Н. ЗОЛОТОКРЫЛИН, Т.Б. ТИТКОВА, Д.Д. БОКУЧАВА

Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

## Резюме

**Цель.** Изучить связи между стандартным коэффициентом смертности населения от болезней системы кровообращения (БСК) с факторами: погодно-климатическим (междусуточные скачки температуры воздуха и атмосферного давления по сезонам и за год) и социальным (среднегодовой доход на человека и число врачей всех специальностей) на территории России за период 1995–2015 гг.

**Материалы и методы.** По станционным данным и данным реанализа рассчитывали сезонные и годовые суммы междусуточных скачков температуры воздуха больше по абсолютной величине 4° и 6°С и атмосферного давления больше по абсолютной величине 8 гПа. Связи между климатическими переменными и коэффициентом смертности населения, с учетом социальных факторов, исследовали с помощью факторного анализа, включающего регрессионный и дисперсионный анализы.

**Результаты.** Годовые суммы скачков температуры (давления) разного знака сильно варьируют на территории: максимальные суммы в 3–4 раза превышают минимальные. Географическое распределение скачков температуры воздуха отличается от распределения скачков атмосферного давления. Суммы скачков температуры по абсолютной величине более 6°С примерно в два раза меньше суммы скачков более 4°С, но для них характерно сходство географического распределения. Сумма скачков температуры (давления) снижается летом примерно в два раза по сравнению с зимой. Максимальные суммы скачков наблюдаются преимущественно в северных регионах с низкой плотностью населения, но с высоким среднедушевым доходом, в то же время как минимальные наблюдаются в юго-западных районах Европейской части страны с высокой плотностью населения, а также со средним и низким доходом. Глобальное потепление не значимо влияет на уменьшение годовых сумм скачков температуры (давления). Факторный анализ социальных и климатических переменных на территории за каждый год свидетельствует о доминировании влияния социального фактора (среднедушевого дохода) на смертность населения от БСК.

**Заключение.** Факторный анализ интегрированных в годовом масштабе климатических и социальных переменных показал доминирующее воздействие на коэффициент смертности населения от БСК, фактора уровня жизни (среднедушевой доход населения). Затем значимость факторов воздействия последовательно понижается: отрицательные скачки атмосферного давления, среднее сезонное давление, уровень здравоохранения, положительные скачки давления. Значимость температурных переменных наименьшая.

*Ключевые слова:* болезни системы кровообращения, скачки температуры воздуха (атмосферного давления), коэффициент смертности населения, изменение климата, регионы России.

## The influence of weather-climatic and social factors on population mortality from circulatory diseases in Russia

A.N. ZOLOTOKRYLIN, T.B. TITKOVA, D.D. BOKUCHAVA

Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

## Summary

**Aim.** To study the links between the standard mortality rate of the population from circulatory system diseases (CSD) with factors: weather-climatic (inter-day jumps in air temperature and atmospheric pressure by seasons and for the year) and social (average annual income per person and the number of doctors of all specialties) in Russia for the period 1995–2015.

**Materials and methods.** According to station data and data of reanalysis, seasonal and annual amounts of day-to-day jumps in air temperature were calculated more than the absolute value of 4° and 6°С and the atmospheric pressure more than the absolute value of 8 GPa. The links between climate variables and the mortality rate of the population, taking into account social factors, were investigated using factor analysis, including regression and variance analyses.

**Results.** Annual amounts of temperature (pressure) jumps of different signs vary greatly on the territory: the maximum amounts are 3–4 times higher than the minimum ones. The geographical distribution of air temperature fluctuations differs from the distribution of atmospheric pressure fluctuations. The sum of temperature jumps in the absolute value of more than 6°С is about twice less than the sum of jumps more than 4°С, but they are characterized by similarity of geographical distribution. The sum of the jumps of temperature (pressure) is reduced during the summer is approximately two times compared to the winter. The maximum jumps are observed mainly in the Northern regions with low population density, but with high per capita income, while the minimum is observed in the South-Western parts of the European part of the country with high population density, as well as middle and low income. Global warming does not significantly affect the reduction of annual amounts of temperature (pressure) jumps. Factor analysis of social and climatic variables in the territory for each year indicates the dominance of the influence of the social factor (per capita income) on the mortality rate from CSD.

**Conclusion.** Factor analysis is integrated in the annual scale climatic and social variables showed a dominant effect on the coefficient of mortality from CSD, the factor of standard of living (per capita income of the population). Then the significance of the impact factors is consistently reduced: negative atmospheric pressure jumps, average seasonal pressure, health care level, positive pressure jumps. The significance of temperature variables is the smallest.

*Keywords:* diseases of the circulatory system, air temperature (atmospheric pressure) jumps, mortality rate, climate change, regions of Russia.

Согласно многим исследованиям, ведущей причиной смертности и утраты трудовой деятельности как в России, так и в США являются заболевания сердечно-сосудистой системы [1–5]. Температура воздуха и атмосферное давление отличаются от других метеорологических переменных существованием подтвержденных воздействий на течение сердечно-сосудистых заболеваний [6–12]. Воздействие ассоциируется не только с аномалиями (отклонение от среднего многолетнего значения) этих переменных, но и их междусуточными скачками. В.И. Русанов установил достоверную связь между скачками температуры разного знака более  $4^\circ\text{C}/\text{сут}$ , давления более  $8\text{ гПа}/\text{сут}$  и ростом частоты сердечно-сосудистых катастроф в Екатеринбурге (Свердловск) [6]. По данным этого автора, коэффициент корреляции составил соответственно в случаях инфаркта миокарда  $0,689\pm 0,153$ , инсульта и тромбоза  $0,760\pm 0,127$ , гипертонического криза  $0,721\pm 0,145$  [6].

Результаты более поздних работ в разных странах подтвердили зависимость течения сердечно-сосудистых заболеваний от междусуточных скачков температуры и давления воздуха. Исследование М. Saez и соавт. показало, что периоды повышения температуры в Барселоне (Испания) влияют на изменение показателей смертности в большую сторону [13].

Количество смертельных случаев в результате сердечно-сосудистых заболеваний достоверно возросло в период отрицательной температуры (междусуточное понижение составило  $4^\circ\text{C}$ ) в Центральной Европе зимой [15].

В исследовании чешских ученых Е. Plavcova и соавт. рассматривалась взаимосвязь между резкими изменениями погодных условий в летний период, в результате (1) внезапного изменения температуры воздуха, (2) резкого изменения атмосферного давления и (3) прохода сильных атмосферных фронтов и вариациями суточной смертности среди населения Чешской Республики [16]. Ученые выяснили, что увеличение смертности обнаруживается после значительного повышения температуры и в дни значительного падения давления; снижение смертности происходит в результате понижения температуры и повышения давления, а также во время прохождения сильных холодных фронтов.

Позднее, на примере таких городов, как Брисбан (Австралия) и Лос-Анджелес (США), было установлено, что изменение температуры воздуха более чем на  $3^\circ\text{C}$  в течение нескольких дней, будь то положительное или отрицательное, оказывает неблагоприятное влияние на смертность [17].

Выявлена значимая статистическая связь числа госпитализаций больших и междусуточных скачков температуры воздуха, как в сторону ее повышения, так и в сторону снижения летом [5]. Максимальное число случаев соответствует повышению и снижению в течение одного дня среднесуточной температуры летом на  $4\text{--}6^\circ\text{C}$  ( $p < 0,00005$ ). Осенью отмечается отрицательная связь числа госпитализаций мужчин с уровнем среднесуточного атмосферного давления ( $p = 0,04$ ).

Исследователи из Кореи J. Kim и соавт. предположили связь между суточным диапазоном температур (СДТ) и смертностью [18]. В ряде городов Восточной Азии отмечен эффект влияния изменения СДТ на  $1^\circ\text{C}$  на смертность от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний.

Отдельно нужно отметить вопрос о вариациях показателей смертности по сезонам. Сезонный характер заболеваемости острым коронарным синдромом и смертности от ишемической болезни сердца с максимальным числом случаев зимой и минимальным летом отмечен на разных широтах [8, 19, 20]. Ученые из Швеции J. Rocklöv и соавт. установили, что смертность в Стокгольме имела сезонный характер, с пиком в зимний сезон [14]. При этом результаты исследования показывают, что повышение температуры имеет большее влияние на здоровье и смертность человека, нежели чем события похолодания.

Е. Plavcova и соавт. изучали взаимосвязь между летними/зимними сезонами и положительными и отрицательными изменениями давления в Праге в течение 16 лет (1994–2009) [21]. Они обнаружили, что резкие отрицательные скачки давления в зимний период связаны со значительным ростом числа госпитализаций и повышением смертности от сердечно-сосудистых заболеваний.

Таким образом, рассмотренные выше локальные исследования свидетельствуют о высокой вероятности воздействия междусуточных скачков температуры (давления) на сердечно-сосудистые заболевания. При этом влияние социальных факторов на смертность не учитывалось. Также недостаточно освещены воздействия скачков температуры (давления), интегрированных по времени и на территории, особенно в современный период интенсивного глобального потепления.

Изменение климата является существенной угрозой здоровью людей [22, 23]. Начиная с середины 1970-х годов средняя температура приземного воздуха на территории России повышается со средней скоростью  $0,43^\circ\text{C}$  за десятилетие, что более чем в два раза превышает скорость глобального потепления [22]. Приземное давление понизилось на значительной части территории России во второй половине XX века. Воздействие глобального потепления на изменение годовой суммы скачков температуры (давления) на территории России в условиях сильно меняющейся социальной обстановки остается пока малоисследованным.

Гипотеза о достоверности воздействия накопленных сезонных и годовых положительных и отрицательных междусуточных скачков температуры воздуха и атмосферного давления воздуха на повышение смертности населения от болезней системы кровообращения (БСК) на территории России рассматривается в данной статье. Особенность данной гипотезы заключается в том, что анализируется связь годовой смертности населения на уровне субъекта Российской Федерации с сезонной и годовой суммами междусуточных скачков температуры воздуха и атмосферного давления разного знака с учетом показателей уровня жизни и развития здравоохранения.

**Цель** данной работы состояла в изучении связи между стандартным коэффициентом смертности населения от БСК с факторами: погоднo-климатическим (междусуточные скачки температуры воздуха и атмосферного давления по сезонам и за год) и социальным (среднегодовой доход на человека и число врачей всех специальностей) на территории России за период 1995–2015 гг.

Данное исследование допускает некоторую неопределенность. Она связана с недостатком локальных экспериментальных данных для статистического анализа дискретной последовательности скачков и смертности в течение

#### Сведения об авторах:

Золотокрылин Александр Николаевич – г.н.с., д.г.н., проф., лаборатория климатологии

Титкова Татьяна Борисовна – с.н.с., к.г.н., лаборатория климатологии

#### Контактная информация:

Бокучава Дарья Дмитриевна – м.н.с. лаборатории климатологии,

e-mail: d.bokuchava@gmail.com; тел.: +7(926)229-92-06

года. Поэтому мы использовали накопленные суммы скачков за сезон и год в предположении их аддитивности к годовому коэффициенту смертности. Это предположение позволяет допустить линейную модель связи между скачками температуры (давления) и коэффициентом смертности населения.

## Материалы и методы

В работе использованы стационарные среднесуточные температуры из архива ВНИИГМИ-МЦД (<http://meteo.ru/>) для всей территории России (458 станций) за период 1961–2015 гг. Анализ приземного давления велся по архиву реанализа NCEP/NCAR с пространственным разрешением  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  ([http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep\\_reanalysis.html](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep_reanalysis.html)) и с временным разрешением 6 ч. Срочные данные по давлению были приведены к среднесуточным значениям.

По стационарным данным и данным реанализа рассчитывали сезонные и годовые суммы междусуточных скачков температуры более  $4^\circ$  и более  $6^\circ\text{C}$  и давления более 8 гПа, как в положительную, так и в отрицательную сторону. Ниже они для краткости обозначаются как скачки температуры (давления). Далее сезонные и годовые суммы скачков температуры (давления) осреднялись за общий период 1961–2015 гг. и отдельно за 1961–1990 гг. (норма) и 1991–2015 гг. (период интенсивного глобального потепления) и анализировали их географическое распределение на территории России.

Изменение среднегодовой суммы скачков температуры и давления в 1991–2015 гг. по сравнению с 1961–1990 гг. анализировали отдельно для положительных и отрицательных значений в среднем для  $30^\circ$  долготных секторов. По критерию Стьюдента проведена оценка значимости изменений между периодами 1961–1990 и 1991–2015 гг.

По данным Федеральной службы Государственной статистики (Росстат) (<http://www.gks.ru/>), в работе использовался годовой стандартизованный коэффициент смертности населения в трудоспособном возрасте на уровне субъекта Российской Федерации (кратко индекс), показывающий число умерших от БСК. Индекс рассчитывается как отношение числа умерших от указанных причин смерти, по текущей оценке, к среднегодовой численности населения на 100 тыс. человек в трудоспособном возрасте. В число умерших от БСК входят: умершие от гипертонической болезни с преимущественным поражением сердца и/или почек, от ишемической болезни сердца, от инфаркта миокарда, от других болезней сердца, от cerebrovasкулярных болезней. Индекс для 85 субъектов РФ анализировался за период 1995–2015 гг.

Дополнительно подготовлены статистические ежегодные данные для 85 субъектов РФ, характеризующие уровень жизни населения (среднегодовой доход на человека), уровень развития здравоохранения (количество врачей всех специальностей) за период 1995–2015 гг.

В работе для изучения взаимосвязей между значениями исследуемых переменных использован факторный анализ – методика комплексного и системного изучения воздействия факторов на величину результирующего показателя (коэффициент смертности от БСК). Факторный анализ позволяет ранжировать влияние исследуемых факторов на коэффициент смертности населения по степени убывания их значимости [24]. Анализ выполнен в программном пакете MatLab.

Из климатических переменных выбраны сезонные и годовые суммы междусуточных скачков температуры боль-

ше  $4$  и  $6^\circ\text{C}$  по абсолютной величине, значения средней сезонной и среднегодовой температуры воздуха, сезонные и годовые суммы междусуточных скачков давления больше 8 гПа по абсолютной величине, средние сезонные и среднегодовые значения атмосферного давления. Дополнительно рассматривались социальные факторы: уровень жизни населения (среднегодовой доход на человека), уровень развития здравоохранения (количество врачей всех специальностей).

Предварительный анализ временных рядов за период 1995–2015 гг. показал, что ряды социальных переменных в отличие от климатических рядов характеризуются значимым вкладом линейного тренда в дисперсию ряда и незначительной межгодовой изменчивостью. В то же время ряды климатических переменных имеют высокую межгодовую изменчивость на фоне не значимого линейного тренда. Это обстоятельство не позволяет корректно провести факторный анализ пространственно-временных данных климатических и социальных переменных, поскольку вклад социальных переменных будет всегда доминировать в общей вариации коэффициента смертности населения.

Следующий подход предложен, чтобы уменьшить искажающее влияние трендов социальных переменных при факторном анализе и тем самым оценить их вклад в результирующую вариацию коэффициента смертности. Для этого на первом этапе факторный анализ проводили по данным за один год, т.е. только для пространственных данных социальных и климатических переменных. Тогда искажающее влияние трендов социальных переменных было минимизировано. На втором этапе осуществляли факторный анализ только для пространственно-временных климатических переменных за период 1995–2015 гг.

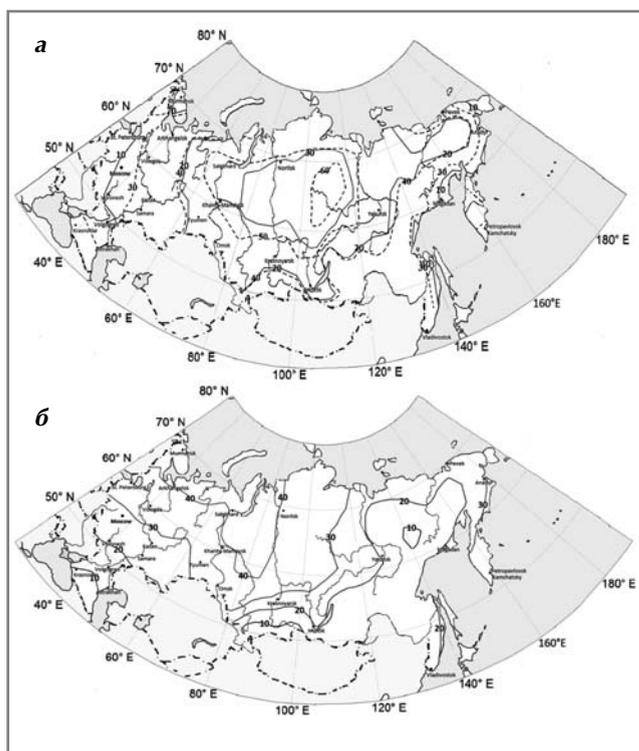
Степень точности описания моделью процесса влияния климатических и социальных факторов на коэффициент смертности населения от БСК оценивали с помощью критерия R-квадрат ( $R^2$ ). Точность принималась удовлетворительной, если  $R^2$  менялся от 0,3 до 0,5. Модель считалась значимой и достоверной, если критерий Фишера (F) значительно больше F критического.

В факторном анализе  $p$ -коэффициент показывает, как соответствующая независимая переменная влияет на зависимую переменную – коэффициент смертности населения от БСК. Влияние считается значимым при  $p$ -коэффициенте  $< 0,05$ . По результатам факторного анализа за каждый год периода 1995–2015 гг. вычислена повторяемость (%) числа лет со значимым по  $p$ -коэффициенту зависимости коэффициента смертности населения от БСК за весь период.

## Результаты

Сначала рассмотрим географическое распределение годовой суммы скачков температуры (давления) на территории России (рис. 1, а). Предварительно отметим, что распределение суммы отрицательных скачков температуры удовлетворительно соответствует распределению положительных скачков. Как видно из рис. 1, а, максимум суммы скачков температуры по абсолютной величине более  $4^\circ\text{C}$  ограничивается изолинией 60 случаев/год (сл/год), который расположен над Средней Сибирью. Сумма скачков уменьшается в западном, восточном и южном направлении до 30 сл/год. Уменьшение суммы скачков в северном направлении более слабое – до 45 сл/год. Суммы скачков температуры по абсолютной величине более  $6^\circ\text{C}$  примерно в два раза меньше суммы скачков более  $4^\circ\text{C}$ , но для них характерно сходное географическое распределение.

Географическое распределение скачков давления отличается от распределения скачков температуры (рис. 1, б).



**Рис. 1.** Годовая сумма междусуточных скачков температуры воздуха и атмосферного давления в период 1961–2013 гг. (случаев/год): а) температуры меньше -6°C и температуры меньше -4°C; б) атмосферного давления меньше - 8 гПа.

Сходство географии характерно также для годовых сумм отрицательных и положительных скачков давления. Географическое распределение имеет широтный характер на европейской части России: максимальные суммы отмечаются на арктическом побережье (более 40 сл/год), а минимальные на юге территории (менее 10 сл/год). Сумма скачков возрастает до 40 сл/год в Западной Сибири, которая затем уменьшается в восточном и южном направлениях до 10–20 сл/год. Максимальная сумма скачков за год наблюдается в регионах с низкой плотностью населения и суровыми климатическими условиями, в то время как минимальная – с высокой плотностью и мягким климатом.

Суммы положительных и отрицательных скачков температуры практически одинаковы на всей территории (табл. 1). То же самое относится и к скачкам давления разного знака. Изменение скачков температуры ( $\pm 4^\circ\text{C}$ ) и давления оказалось незначимым.

Как видно из табл. 1, число скачков температуры  $\pm 4^\circ\text{C}$  в сумме больше в 1,5 – 3 раза, чем  $\pm 6^\circ\text{C}$  (в зависимости от

района). Характерно, что статистические значимые изменения сумм скачков между заданными периодами наблюдались для скачков температуры  $\pm 6^\circ\text{C}$  (изменения значимы в Западной Сибири с вероятностью 0,8), а изменения температуры  $\pm 4^\circ\text{C}$  не значимы на всей территории с вероятностью 0,8 (3 дня на 30–40 случаев). Также не значимы изменения скачков давления  $\pm 8$  гПа. Таким образом, можно говорить о тенденции снижения годовой суммы скачков на территории России только с точностью до знака.

Представляет интерес рассмотрение географического распределения сезонных сумм скачков температуры (давления) на территории России (рис. 2). Как видно на рис. 2, сумма скачков температуры максимальна зимой (центральная часть Средней Сибири) и уменьшается летом примерно в 2 раза. При этом максимальные суммы смещаются к побережью моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Снижение сумм летом характерно также и для скачков давления. Зимой максимальные суммы скачков локализованы на севере Европейской части страны и в Западной Сибири, а летом преимущественно в Арктической зоне Российской Федерации.

Факторный анализ социальных и климатических переменных на территории за каждый год свидетельствует о доминировании влияния социального фактора (среднедушевого дохода) на смертность населения от БСК. Ранжированное влияние исследуемых факторов на смертность по значениям  $r$ -коэффициентов по степени убывания значимости представлено в табл. 2. Среднедушевой доход по значимости воздействия стоит на первом месте во все годы (100%). Отрицательные скачки давления занимают второе место по значимости (76%). Атмосферное давление по значимости стоит на третьем месте (43%). Четвертое место соответствует социальному фактору – количеству врачей (33%). Ниже по значимости следуют последовательно положительные скачки давления, температура воздуха и отрицательные (положительные) скачки температуры. Таким образом, факторный анализ социальных и климатических переменных на территории России выделяет в годовом масштабе ведущее воздействие на смертность населения уровня жизни населения. Второе по значимости воздействия принадлежит отрицательным скачкам давления, наблюдаемым при циклонических вторжениях. Влияние скачков давления и сезонного давления превалирует над влиянием сезонной температуры и скачков температуры.

Рассмотрим результаты факторного анализа сезонных и годовых климатических переменных на территории России без учета социальных переменных (табл. 3). Регрессионный и дисперсионный анализ зависимости коэффициента смертности от БСК от сезонных и годовых климатических переменных за период 1995–2015 гг. свидетельствует об удовлетворительной степени точности описания моделью процесса (см. табл. 3). По критерию Фишера модель

**Таблица 1.** Годовые суммы скачков температуры ( $\Delta T$ ) и давления ( $\Delta P$ ) в разные периоды

Сектор	1961–1990 гг.				1991–2015 гг.				(1991–2015) – (1961–1990)									
	$\Delta T > +4^\circ\text{C}$	$\Delta T > +6^\circ\text{C}$	$\Delta T < -4^\circ\text{C}$	$\Delta T < -6^\circ\text{C}$	$\Delta P > +8$ гПа	$\Delta P < -8$ гПа	$\Delta T > +4^\circ\text{C}$	$\Delta T > +6^\circ\text{C}$	$\Delta T < -4^\circ\text{C}$	$\Delta T < -6^\circ\text{C}$	$\Delta P > +8$ гПа	$\Delta P < -8$ гПа	$\Delta T > +4^\circ\text{C}$	$\Delta T > +6^\circ\text{C}$	$\Delta T < -4^\circ\text{C}$	$\Delta T < -6^\circ\text{C}$	$\Delta P > +8$ гПа	$\Delta P < -8$ гПа
31°–60° E	29	13	26	14	30	29	31	11	28	12	29	29	-3	-2	-3	-2	-1	0
61°–90° E	46	24	43	26	31	30	49	22	46	24	30	29	-3	-2*	-3	-3*	-1	-1
91°–120° E	43	22	41	25	25	24	47	20	44	22	23	22	-3	-2	-3	-2	-2	-1
121°–150° E	31	14	29	15	21	22	34	12	31	13	21	22	-2	-1	-2	-2	0	0
East 150°	32	16	29	14	36	37	31	14	28	12	36	36	-3	-2	-3	-2	0	0

\*Изменения значимы с вероятностью 0,8 по критерию Стьюдента.

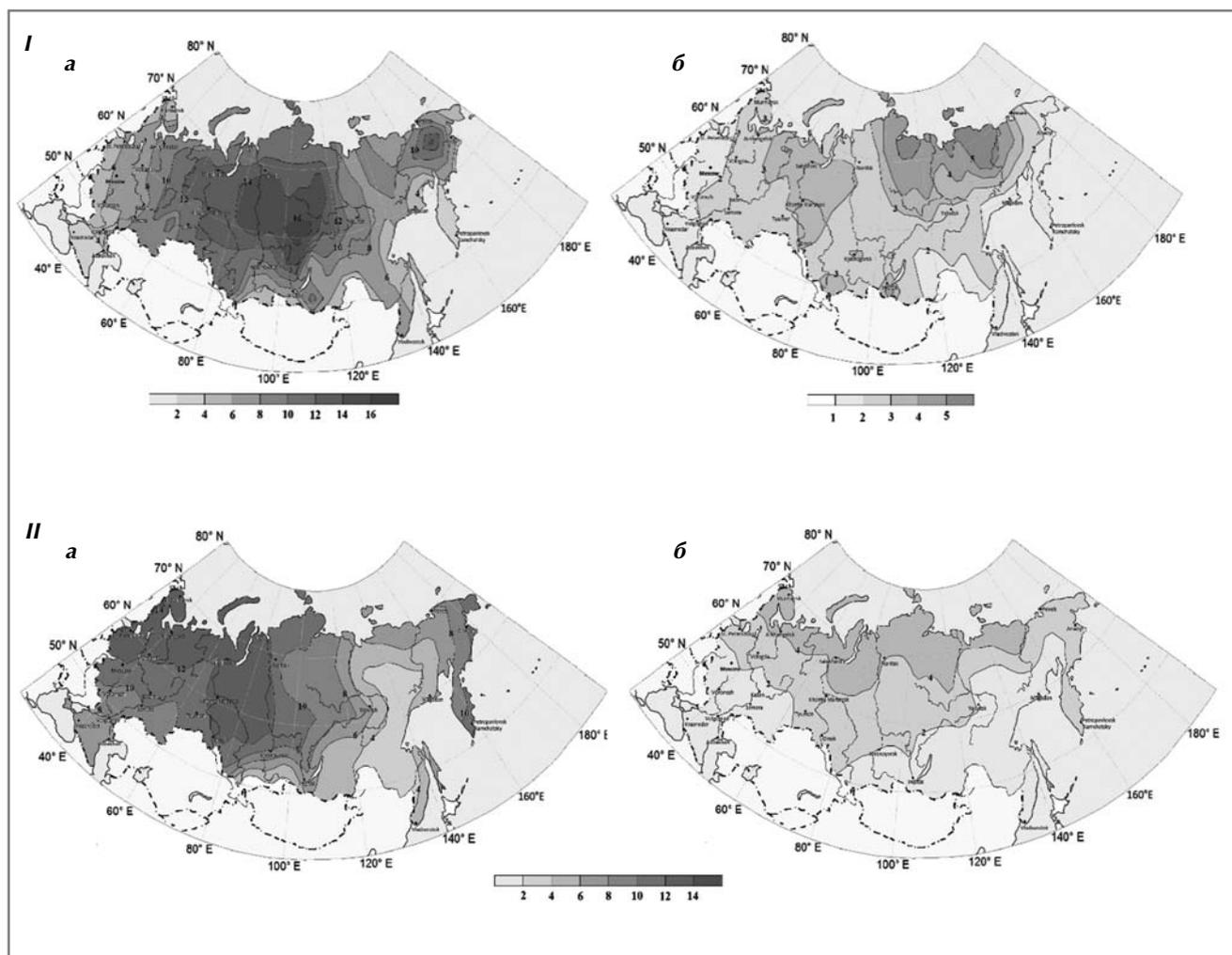


Рис. 2. Географическое распределение суммы скачков температуры воздуха ( $-6^{\circ}\text{C}$ ) и атмосферного давления (8 гПа) на территории России по сезонам за период 1961–2015 гг. I – температура воздуха; II – атмосферное давление: а) зима, б) лето.

Таблица 2. Повторяемость (в %) значимости по  $r$ -коэффициенту факторного анализа зависимости коэффициента смертности населения (БСК) от социальных и климатических переменных за период за 1995–2015 гг. в среднем за год

Показатель	Число лет	%
Среднедушевой доход	21	100
$\Delta P < -8$ гПа	16	76
Атмосферное давление	9	43
Количество врачей	7	33
$\Delta P > 8$ гПа	5	20
Температура воздуха	4	19
$\Delta T < -6^{\circ}\text{C}$	3	14
$\Delta T < -4^{\circ}\text{C}$	3	14
$\Delta T > 6^{\circ}\text{C}$	3	14
$\Delta T > 4^{\circ}\text{C}$	2	10

значима и достоверно описывает результирующий параметр во все сезоны.

Исключение из анализа социальных переменных увеличивает значимость влияния на коэффициент смертности температурных переменных по отношению к переменным давления. Как видно из табл. 3, значимость влияния клима-

тических переменных на смертность населения меняется в зависимости от сезона: зимой – это средняя сезонная температура воздуха, отрицательные скачки температуры ( $\Delta T < -6^{\circ}$ ) и положительные скачки давления ( $\Delta P > 8$ ), характерные для антициклональной погоды. Весной, когда происходит смена зимних процессов на летние, возрастает роль положительных (резкое потепление) и отрицательных (возвраты холодов) скачков температуры. Летом повышается значимость отрицательных скачков температуры, положительных давления и самого среднего давления. Осенью возрастает значимость положительных скачков температуры и отрицательных давления. В целом за год на смертность значимо влияют средняя температура и отрицательные скачки температуры.

В то же время исключение социальных переменных из анализа не одинаково проявляется в субъектах РФ с разным уровнем среднедушевых доходов (табл. 4). Корреляция между скачками температуры (давления) в субъектах с низким душевым доходом положительна во все сезоны. Связь теснее со скачками давления, чем температуры. Также более тесная связь наблюдается для положительных скачков температуры, чем для отрицательных, особенно для сильных скачков. Таким образом, увеличение количества скачков температуры (давления) вызывает увеличение смертности населения в субъектах, к которым относятся

**Таблица 3. Факторный анализ зависимости коэффициента смертности от БСК от климатических переменных в среднем за 1995–2015 гг.**

	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
R <sup>2</sup>	0,35	0,46	0,33	0,38	0,36
F	2,93	7,55	4,28	5,44	4,98
Значимость F	0,00692	0,00001	0,00031	0,00002	0,000065
Значимые переменные	<i>p</i> < 0,05 Температура $\Delta T < -6^{\circ}\text{C}$ $\Delta P > 8$	$\Delta T > 6^{\circ}\text{C}$ $\Delta T < -4^{\circ}\text{C}$ $\Delta T < -6^{\circ}\text{C}$ Давление	$\Delta T < -4^{\circ}\text{C}$ $\Delta T < -6^{\circ}\text{C}$ Давление $\Delta P > 8$	$\Delta T > 4^{\circ}\text{C}$ $\Delta T > 6^{\circ}\text{C}$ $\Delta P < -8$	Температура $\Delta T < -4^{\circ}\text{C}$ $\Delta T < -6^{\circ}\text{C}$

**Таблица 4. Коэффициент корреляции коэффициента смертности от БСК с климатическими переменными для субъектов РФ с низким (до 8000 руб/год), средним (8000–14000 руб/год) и высоким (более 14000 руб/год) среднедушевым доходом за период 1995–2015 гг.**

Уровень дохода	Параметр/ Сезон	$\Delta T > 4^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < -4^{\circ}\text{C}$	$\Delta T > 6^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < -6^{\circ}\text{C}$	$\Delta P > 8$	$\Delta P < -8$
Субъекты с низким доходом	Весна	0,2	0,1	0,1	0,1	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>
	Лето	<b>0,3</b>	0,1	<b>0,4</b>	0,1	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>
	Осень	<b>0,3</b>	0,1	<b>0,3</b>	0,1	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>
	Зима	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>
	Год	<b>0,4</b>	0,2	<b>0,5</b>	0,2	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>
Субъекты со средним доходом	Весна	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	0	0,1
	Лето	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>
	Осень	-0,2	-0,2	<b>-0,3</b>	<b>-0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
	Зима	<b>-0,3</b>	-0,2	<b>-0,3</b>	<b>-0,3</b>	0,1	0,1
	Год	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
Субъекты с высоким доходом	Весна	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,3</b>	<b>-0,3</b>
	Лето	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,3</b>	<b>-0,4</b>	-0,2	-0,1
	Осень	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>
	Зима	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	0,1	-0,2
	Год	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	-0,1	-0,1

Примечание. Жирным выделены коэффициенты, значимые с вероятностью 0,8 по критерию Стьюдента.

Алтайский край, Ивановская область, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Кемеровская область, Кировская область, Республика Алтай, Республика Ингушетия, Республика Калмыкия, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Тыва, Саратовская область, Чувашская Республика. Все эти субъекты расположены вне территорий с наибольшим количеством скачков температуры (давления).

Повышение уровня среднедушевого дохода в остальных субъектах меняет вначале знак связи коэффициента смертности с температурными скачками, а при высоком уровне доходов в субъектах – со скачками атмосферного давления.

## Заключение

Факторный анализ интегрированных в годовом масштабе климатических и социальных переменных показал

доминирующее воздействие на коэффициент смертности населения от БСК фактора уровня жизни (среднедушевой доход населения). Далее значимость факторов воздействия последовательно понижается: отрицательные скачки атмосферного давления, среднее сезонное давление, уровень здравоохранения, положительные скачки давления. Значимость температурных переменных наименьшая.

Установлено, что от фактора уровня жизни населения зависят знак и теснота связи коэффициента смертности со среднесуточными скачками температуры (давления), что необходимо учитывать при трактовке результатов.

**Конфликт интересов. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 16-17-10236).**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ощепкова Е.В. Смертность населения от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации в 2001-2006 гг. и пути по ее снижению. *Кардиология*. 2009; 2:62-72. [Oshchepkova EV. Cardiovascu-

lar disease mortality of population in Russian Federation in 2001-2006 and ways of its lowering. *Kardiologiya*. 2009; 2:62-72. (In Russ.)]. PMID: 19254221

2. Мироновская А.В., Унгурияну Т.Н., Гудков А.Б. Роль природно-климатических и экологических факторов в возникновении неотложных состояний сердечно-сосудистой системы: анализ временного ряда. *Экология человека*. 2010; 9:13-17. [Mironovskaya AV, Unguryanu TN, Gudkov AB. The role of natural climatic and environmental factors in the occurrence of emergency conditions on the part of the circulatory organs: time series analysis. *Ekologiya cheloveka*. 2010; 9:13-17. (In Russ.)].
3. Ревич Б.А., Малеев В.В. Изменения климата и здоровье населения России: Анализ ситуации и прогнозные оценки. ЛЕНАНД. 2011; 208. [Revich BA, Maleev VV. Climate change and human health in Russia: situation Analysis and forecast evaluation. LENAND. 2011; 208. (In Russ.)].
4. Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, Benjamin EJ, Berry JD, Borden WB, Bravata DM, Dai S, Ford ES, Fox CS, Fullerton HJ, Gillespie C, Hailpern SM, Heit JA, Howard VJ, Kissella BM, Kittner SJ, Lackland DT, Lichtman JH, Lisabeth LD, Makus DM, Marcus GM, Mareilly A, Matchar DB, Moy CS, Mozaffarian D, Mussolino ME, Nichol G, Paynter NP, Soliman EZ, Sorlie PD, Sotoodehnia N, Turan TN, Virani SS, Wong ND, Woo D, Turner MB; on behalf of the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics – 2012 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2012; 125:2-220. doi: <http://dx.doi.org/10.1161/CIR.0b013e3182456d46>
5. Козловская И.Л., Булкина О.С., Лопухова В.В., Колмакова Т. Е., Карпов Ю.А., Старостин И.В., Бараташвили В.Л., Рубинштейн К.Г., Емелина С.В., Боровиков В.П. Динамика госпитализаций больных с острым коронарным синдромом и показатели состояния атмосферы в Москве в 2009–2012 гг. *Терапевтический архив*. 2014; 12:20-26. [Kozlovskaya IL, Bulkina OS, Lopuhova VV, Kolmalova TE, Karpov YA, Starostin IV, Baratashvili VL, Rubinshtein KG, Emelina SV, Borovikov VP. Dynamics of hospitalizations in patients with acute coronary syndrome and indicators of the state of the atmosphere in Moscow in 2009–2012. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2014; 12:20-26. (In Russ.)]. doi:10.17116/terarkh2014861220-26.
6. Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей. Издательство Томского университета. 1973; 191. [Rusanov VI. Methods of research of climate for the medical purposes. Tomsk. Univ. press. 1973; 191. (In Russ.)]
7. Danet S, Richard F, Montaye M. Unhealthy Effects of Atmospheric Temperature and Pressure on the Occurrence of Myocardial Infarction and Coronary Deaths. A 10-Year Survey: The Lille-World Health Organization MONICA Project (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease). *Circulation*. 1999; 100 (1): 1-7. doi: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.100.1.e1>
8. Kloner RA, Poole WK, Perritt RL. When Throughout the Year Is Coronary Death Most Likely to Occur? A 12-Year Population Based Analysis of More Than 220 000 Cases. *Circulation*. 1999; 100: 1630-1634. doi: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.100.15.1630>
9. Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: A review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev*. 2002; 24:190-202. doi: 10.1093/epirev/mxf007
10. Panagiotakos C, Chrysohoou C, Tentoliotis C. Climatological variations in daily hospital admissions for acute coronary syndromes. *Int J Cardiol*. 2004; 94: 229-233. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2003.04.050>
11. Hopstock LA, Fors AS, Børnaa KH, Mannsverk J, Njølstad I, Wilsgaard T. The effect of daily weather conditions on myocardial infarction incidence in a subarctic population: the Tromsø Study 1974–2004. *J Epidemiol Community Health*. 2011; 66:815-820. doi:10.1136/jech.2010.131458.
12. Wasserman EB, Zareba W, Utell MJ. Acute changes in ambient temperature are associated with adverse changes in cardiac rhythm. *Air Qual Atmos Health*. 2014; 7 (1): 215-224. doi: 10.1007/s11869-014-0244-0
13. Saez M, Sunyer J, Tobias A, Ballester F, Antó JM. Ischaemic heart disease and weather temperature in Barcelona, Spain. *European Journal of Public Health*. 2000; 10: 58-63. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/eurpub/10.1.58>
14. Rocklöv J, Forsberg B. The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998–2003: a study of lag structures and heatwave effects. *Scand J Public Health*. 2008; 36(5):516-23. doi: 10.1177/1403494807088458.
15. Kysely J, Pokorna L, Kyncl J, Kriz B. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health*. 2009; 9:19. doi:10.1186/1471-2458-9-19.
16. Plavcová E, Kysely J. Relationships between sudden weather changes in summer and mortality in the Czech Republic, 1986–2005. *Int J Biometeorol*. 2010; 54:539. doi:10.1007/s00484-010-0303-7.
17. Guo Y, Barnett AG, Yu W, Pan X, Ye X. A Large Change in Temperature between Neighbouring Days Increases the Risk of Mortality. *PLoS ONE*. 2011; 6 (2): 16511. doi:10.1371/journal.pone.0016511.
18. Kim J, Shin J, Lim YH, Honda Y, Hashizume M, Guo YL, Kan H, Yi S, Kim H. Comprehensive approach to understand the association between diurnal temperature range and mortality in East Asia. *Sci Total Environ*. 2015; 539:313-321. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.134.
19. Freeman JW, McGlashan ND, Loughhead MG. Temperature and the incidence of acute myocardial infarction in a temperate climate. *Am Heart J*. 1976; 92(3): 405-407. doi:10.1016/S0002-8703(76)80124-X.
20. Spencer FA, Goldberg RJ, Becker RC, Gore JM. Seasonal distribution of acute myocardial infarction in the Second National Registry of Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol*. 1998; 31 (6): 1226-1233. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(98\)00098-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(98)00098-9)
21. Plavcová E, Kysely J. Effects of sudden air pressure changes on hospital admissions for cardiovascular diseases in Prague, 1994–2009. *Int J Biometeorology*. 2014; 58(6):1327-37. doi: 10.1007/s00484-013-0735-y.
22. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2014; 1003. [Roshydromet second assessment report on climate change and its consequences in the Russian Federation, 2014. The Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of Russia. 2014; 1003 p. (In Russ.)]
23. Balbus JA, Crimmins JL, Gamble DR, Easterling KE, Kunkel SSaha, Sarofim MC. Ch. 1: Introduction: Climate Change and Human Health. *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. 2016;25-42. doi: <http://dx.doi.org/10.7930/JOVXODFW>.
24. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У. Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы / сборник работ «Факторный, дискриминантный и кластерный анализ». Под ред. И.С. Енюкова. *Финансы и статистика*. 1989; 215. [Kim J, Mueller CW. Factor analysis: statistical methods and practical issues/ Collection of works «Factor, discriminant and cluster analysis». Ed. Yenyukova I.S. *Finances and Statistics*. 1989; 215. (In Russ.)]

Поступила 12.11.2016