

## ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ Г. МОСКВЫ; ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ РИСКОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Бойцов С. А.<sup>1</sup>, Лукьянов М. М.<sup>1</sup>, Деев А. Д.<sup>1</sup>, Кляшторный В. Г.<sup>1</sup>, Иваненко А. В.<sup>2</sup>, Волкова Н. С.<sup>2</sup>, Кузнецов А. С.<sup>2</sup>, Скворцов А. С.<sup>2</sup>, Соловьев Д. В.<sup>2</sup>

**Цель.** Оценить влияние температуры, влажности, загрязнения воздуха на смертность населения г. Москвы в 2007-2014гг, определить возможность прогнозирования последней с помощью метода математического моделирования.

**Материал и методы.** За каждые сутки 2007-2014гг проанализированы данные о смертности населения г. Москвы, температуре, влажности и загрязнении (PM<sub>10</sub>) воздуха. Число случаев смерти составило 956436 (48,1% мужчин и 51,9% женщин), из них от БСК — 536625. Использовался метод многофакторного регрессионного анализа с применением обобщенной логистической регрессии, оценкой отношения рисков (ОР), 95% доверительного интервала. Применены прогностические модели, разработанные на основании нелинейного многофакторного анализа.

**Результаты.** Фактор "волна жары" повышал ОР смерти от всех причин и от БСК в 1,43 и 1,65 раза. Волны жары в большей степени повышали риск смерти от всех причин, от БСК у женщин ( $p < 0,005$ ), увеличение загрязненности воздуха (PM<sub>10</sub>) — у мужчин ( $p < 0,005$ ). Наибольшее возрастание риска смерти при аномально высокой температуре и загрязнении воздуха выявлено у лиц возраста 70 лет и старше, дополнительно увеличивало риск смерти повышение влажности воздуха. Точность прогнозирования смертности была выше для лета 2010г, чем для такового 2014г (корреляция 90,1% и 45,1%), т.е. периода с большей выраженностью аномальных отклонений температуры и загрязнения воздуха. При применении многофакторной прогностической модели для периода 2007-2014гг с дополнительной оценкой влияния факторов погоды за последние 4 суток и смертности от всех причин за предыдущий месяц корреляция была выше для прогнозирования смертности на 1-3 суток (88,0%), чем на месяц (45,2%).

**Заключение.** Волны жары, возрастание температуры и загрязнения воздуха повышают риск смерти населения от всех причин, особенно от БСК, у лиц возрастной группы 70 лет и старше. Аномальное повышение температуры воздуха в большей степени увеличивает риск смерти у женщин, возрастание загрязненности воздуха — у мужчин. Прогнозирование смертности населения на 1-3 суток с использованием многофакторной модели характеризуется более высокой корреляцией, чем прогнозирование на месяц.

Российский кардиологический журнал 2016, 6 (134): 34–40

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2016-6-34-40>

**Ключевые слова:** смертность населения, оценка рисков, прогнозирование, температура воздуха, загрязнение воздуха, влажность воздуха.

<sup>1</sup>ФГБУ Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины Минздрава России, Москва; <sup>2</sup>ФБУЗ Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве, Москва, Россия.

Бойцов С. А. — д.м.н., профессор, директор, Лукьянов М. М.\* — к.м.н., в.н.с. отдела клинической кардиологии и молекулярной генетики, Деев А. Д. — к.ф.м.н., руководитель лаборатории биостатистики, Кляшторный В. Г. — к.б.н., н.с. лаборатории биостатистики, Иваненко А. В. — д.м.н., главный врач, Волкова Н. С. — зав. отделом обеспечения эпидемиологического надзора и ведения социально-гигиенического мониторинга, Кузнецов А. С. — врач по коммунальной гигиене отделения мониторинга здоровья населения и системного эпидемиологического анализа, Скворцов А. С. — к.м.н., врач по коммунальной гигиене отделения мониторинга здоровья населения и системного эпидемиологического анализа, Соловьев Д. В. — к.м.н., зав. отделением мониторинга здоровья населения и системного эпидемиологического анализа.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

[loukmed@gmail.com](mailto:loukmed@gmail.com)

БСК — болезни системы кровообращения, ОР — отношения рисков, ДИ — доверительный интервал.

Рукопись получена 27.05.2016

Рецензия получена 29.05.2016

Принята к публикации 06.06.2016

## THE INFLUENCE OF ECOLOGICAL RISK FACTORS ON MORTALITY IN MOSCOW POPULATION. RISK EVALUATION AND PREDICTION

Boytsov S. A.<sup>1</sup>, Lukyanov M. M.<sup>1</sup>, Deev A. D.<sup>1</sup>, Klyashtorny V. G.<sup>1</sup>, Ivanenko A. V.<sup>2</sup>, Volkova N. S.<sup>2</sup>, Kuznetsov A. S.<sup>2</sup>, Skvortsov A. S.<sup>2</sup>, Solovyev D. V.<sup>2</sup>

**Aim.** To assess the influence of temperature, humidity, air pollution on the mortality of Moscow inhabitants in 2007-2014, to evaluate the possibility of mortality prediction by mathematic modelling.

**Material and methods.** For each day of 2007-2014 years, the data was analyzed for Moscow inhabitants mortality, temperature, humidity and air pollution (PM<sub>10</sub>). Number of deaths was 956436 (48,1% of men and 51,9% women), of those from cardiovascular disorders (CVD) — 536625. Multifactorial regression analysis was done with generalized logistic regression, evaluation of risks ratios (RR), 95%, confidence analysis. The prognostic modelling applied, based on non-linear multifactorial analysis.

**Results.** The factor "heat wave" increased RR for the death from all cases and from CVD by 1,43 and 1,65 times. Heat waves mostly increased all-cause mortality, and from CVD in women ( $p < 0,005$ ), the increase of air pollution (PM<sub>10</sub>) — in men ( $p < 0,005$ ). The highest increase of death risk was found for those 70 years and older, higher humidity worsened it. For the summer 2010 prediction was finer than for 2014 (correlation 90,1% and 45,1%), e.g. for the period of more significant anomalies of temperature and air pollution. Applying multifactorial prediction model

for 2007-2014 period with additional evaluation of weather factors influence for last 4 days and all-cause mortality for the last month, correlation was higher for death risk prediction for 1-3 days (88,0%), than for month (45,2%).

**Conclusion.** Heat waves, increase of air temperature and pollution do increase the risk of all-cause mortality, especially from CVD, in those 70 y.o. and older. Anomal heat increases death risk for women higher than for men. Prediction of mortality by 1-3 days with multifactorial model show better correlation than prediction for month.

Russ J Cardiol 2016, 6 (134): 34–40

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2016-6-34-40>

**Key words:** mortality, risk assessment, prediction, air temperature, pollution, humidity.

<sup>1</sup>National Research Center for Preventive Medicine of the Ministry of Health, Moscow; <sup>2</sup>Center of Hygiene and Epidemiology of Moscow city, Moscow, Russia.

Влияние погодных факторов, изменений климата на здоровье населения является актуальной проблемой современной науки, требующей комплексного междисциплинарного подхода к ее решению [1, 2]. Температура воздуха, особенно аномальное ее повышение в виде волн жары, а также загрязнение воздуха, в частности, мелкодисперсными взвешенными веществами ( $PM_{10}$ ) представляют собой факторы, существенно воздействующие не только на здоровье населения, но и на его смертность. Опубликованы данные ряда исследований, посвященных влиянию на смертность населения аномального повышения температуры и загрязнения воздуха, в т.ч. в Москве [3-14]. Однако, комплексного анализа влияния температуры, влажности, загрязнения воздуха на смертность населения г. Москвы с учетом соответствующих данных за каждые сутки анализируемого длительного периода до настоящего времени выполнено не было.

Цель исследования: оценить влияние температуры, влажности и загрязнения воздуха на смертность населения г. Москвы в 2007-2014гг и определить возможность ее прогнозирования с помощью метода математического моделирования.

#### Материал и методы

Проанализированы данные о смертности населения г. Москвы за каждые сутки в период с 01 января 2007г по 31 декабря 2014г (по информации Управления ЗАГС г. Москвы и ФБУЗ ЦГиЭ в городе Москве). За каждые сутки анализируемого периода были учтены данные о температуре, влажности и загрязнении ( $PM_{10}$ ) воздуха. Общее число случаев смерти за 2007-2014гг составило 956436 (48,1% мужчин и 51,9% женщин); число случаев смерти с указанием кодировки по международной классификации болезней (МКБ-10) было 913112 (95,5%), из них смертей от болезней системы кровообращения (БСК) — 536625 (58,8% от всех кодированных случаев). Использовались данные о температуре и влажности воздуха, зарегистрированные метеорологической станцией “Москва, ВДНХ” ([www.rp5.ru](http://www.rp5.ru)), о загрязнении воздуха (показатель  $PM_{10}$ ) зафиксированные 8 постами ГПБУ “Мосэкомониторинг” (автоматическими станциями контроля загрязнения атмосферы): Шаболовка (пост 5), Марьино (пост 8), Зеленоград (пост 13), МГУ (пост 19), Новоскино (пост 24), Спиридоновка (пост 35), Останкино (пост 43), Кожухово (пост 47). Волной жары считали период времени, когда максимальная суточная температура ( $T_{\max}$ ) была  $\geq 28^{\circ}C$  в течение  $\geq 4$  суток подряд. Использовался метод многофакторного регрессионного анализа с использованием обобщенной логистической регрессии с оценкой отношения рисков (ОР), а также 95% доверительного интервала (ДИ) для ОР. Проводился анализ смертности от всех причин, от БСК за все месяцы изучаемого периода (2007-

2014гг) с учетом фактора динамики численности населения. Кроме того, анализ выполнялся со стратификацией групп по полу и возрасту (моложе 25 лет, 25-49 лет, 50-69 лет, 70 лет и старше), а также для периодов май-сентябрь 2007-2014гг. При расчете риска смерти все факторы модели ( $T_{\max}$  — максимальная температура воздуха за сутки,  $T_{\min}$  — минимальная температура воздуха за сутки,  $PM_{10}$  — концентрация в воздухе взвешенных мелкодисперсных частиц размером до 10 мкм, относительная влажность воздуха) и моделируемая переменная (смертность, выраженная в числе случаев на 100 тыс человеко-лет наблюдения) анализировались за сутки. С учетом множественности сравнения достоверными считались различия при  $p \leq 0,005$ , значения  $p$  в интервале от 0,05 до 0,005 трактовали как наличие тенденции. Применены прогностические модели, разработанные на основании нелинейного многофакторного анализа. При определении зависимости суточной смертности от погоды (с расчетом коэффициента корреляции  $R$ , а также коэффициента множественной корреляции  $R^2$ ) учитывали температуру, загрязнение ( $PM_{10}$ ) и относительную влажность воздуха. Использовали систему статистического анализа SAS 9.3 и ее процедуры PROC GLM, PROC LOGISTIC и PROC POLREG.

#### Результаты и обсуждение

При анализе данных о смертности населения г. Москвы в летние периоды 2007-2014гг выявлено что наличие значений  $T_{\max}$ , превышающих пороговый уровень  $27-30^{\circ}C$  в течение 2 суток, приводило к повышению базового уровня смертности на 20-50% (рис. 1). Превышение базового уровня смертности

Таблица 1

**Влияние волн жары, максимальной и минимальной суточной температур, загрязнения ( $PM_{10}$ ) и влажности воздуха на риск смерти населения г. Москвы от всех причин, от болезней системы кровообращения (по данным за все месяцы 2007-2014гг)**

Факторы риска	Риск смерти от всех причин	Риск смерти от БСК
Волна жары	1,43 (1,41-1,45) $p < 0,0001$	1,65 (1,62-1,67) $p < 0,0001$
$T_{\max}$	1,00 (0,999-1,000) $p = 0,24$	0,998 (0,997-0,999) $p < 0,0001$
$T_{\min}$	0,998 (0,997-0,998) $p < 0,0001$	0,997 (0,996-0,998) $p < 0,0001$
$PM_{10}$	1,081 (1,077-1,085) $p < 0,0001$	1,100 (1,096-1,105) $p < 0,0001$
Влажность воздуха	1,001 (1,001-1,001) $p < 0,0001$	1,001 (1,000-1,001) $p < 0,0001$

**Примечание:** указаны отношение рисков (ОР) и 95% доверительный интервал. Значения ОР приведены для изменения  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$  на  $1^{\circ}C$ ;  $PM_{10}$  — на величину предельно допустимой суточной концентрации ( $0,06 \text{ мг/м}^3$ ); влажности воздуха на 1%.

Таблица 2

**Влияние волн жары и загрязнения (PM<sub>10</sub>) воздуха на риск смерти мужчин и женщин г. Москвы от всех причин, от болезней системы кровообращения (по данным за все месяцы 2007-2014гг)**

Факторы риска	Риск смерти от всех причин		Риск смерти от БСК	
	Мужчины (n=459556)	Женщины (n=496840)	Мужчины (n=225999)	Женщины (n=310607)
Волна жары	1,32* (1,30-1,35) p<0,0001	1,54 (1,51-1,56) p<0,0001	1,49* (1,45-1,53) p<0,0001	1,76 (1,72-1,80) p<0,0001
PM <sub>10</sub>	1,081* (1,077-1,085) p<0,0001	1,069 (1,063-1,075) p<0,0001	1,093* (1,085-1,100) p<0,0001	1,105 (1,100-1,111) p<0,0001

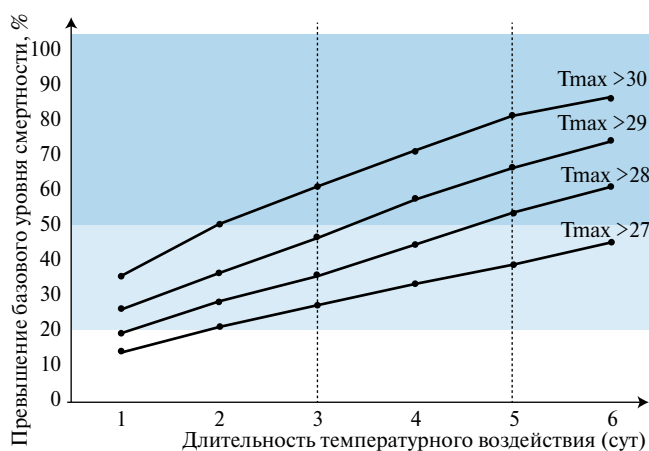
**Примечание:** указаны отношение рисков и 95%-й доверительный интервал. Значения ОР приведены для изменения: T<sub>макс</sub> и T<sub>мин</sub> на 1°С; PM<sub>10</sub> — на величину предельно допустимой суточной концентрации (0,06 мг/м<sup>3</sup>); влажности воздуха — на 1%. \* — достоверные различия между мужчинами и женщинами (p<0,005), n — число случаев смерти за все месяцы 2007-2014гг.

Таблица 3

**Влияние волн жары и загрязнения (PM<sub>10</sub>) воздуха на риск смерти в различных возрастных группах населения г. Москвы от всех причин, от болезней системы кровообращения (по данным за все месяцы 2007-2014гг)**

Возрастная группа	Риск смерти от всех причин		Риск смерти от БСК	
	Волна жары	PM <sub>10</sub>	Волна жары	PM <sub>10</sub>
Моложе 25 лет (n=26783)	1,21 (1,11-1,32) p<0,0001	0,992 (0,962-1,023) p=0,60	1,57 (1,21-2,04) p=0,0006	1,029 (0,951-1,112) p=0,47
25-49 лет (n=117947)	1,21 (1,17-1,26) p<0,0001	1,042 (1,030-1,055) p<0,0001	1,31 (1,21-1,41) p<0,0001	1,075 (1,053-1,098) p<0,0001
50-69 лет (n=259365)	1,24 (1,20-1,27) p<0,0001	1,066 (1,058-1,074) p<0,0001	1,37 (1,31-1,42) p<0,0001	1,086 (1,075-1,098) p<0,0001
70 лет и старше (n=552341)	1,58 (1,55-1,61) p<0,0001	1,095 (1,090-1,010) p<0,0001	1,75 (1,71-1,78) p<0,0001	1,105 (1,100-1,111) p<0,0001

**Примечание:** указаны отношение рисков и 95%-й доверительный интервал. Значения ОР приведены для изменения: T<sub>макс</sub> и T<sub>мин</sub> на 1°С; PM<sub>10</sub> — на величину предельно допустимой суточной концентрации (0,06 мг/м<sup>3</sup>); влажности воздуха — на 1%. n — число случаев смерти за все месяцы 2007-2014гг.



**Рис. 1.** Превышение базового уровня смертности (%) при различной длительности воздействия повышенной температуры воздуха (данные 2007-2014гг).

более, чем на 50% регистрировалось при пороговых значениях T<sub>макс</sub> свыше 28-30°С и длительности температурного воздействия более 3-5 суток. Представленные на рисунке 1 графики имеют описательный характер (без оценки доверительного интервала), при расчетах учитывался только факт превышения максимальной суточной температуры указанного порогового значения.

По результатам многофакторного анализа данных за все месяцы 2007-2014гг определено, что фактор “волна жары” повышал относительный риск смерти от всех причин и от БСК в 1,43 и 1,65 раза, соответственно. Отношение рисков показывает во сколько раз увеличивается смертность в расчете на 100 тыс человеко-лет наблюдения при изменении фактора риска на указанную единицу его оценки, а также при условии, что все остальные факторы остаются неизменными (табл. 1). Эти результаты подтвердили данные ряда исследователей о неблагоприятном влиянии волн жары на смертность населения [5, 7, 8, 11, 12]. Необходимо отметить, что увеличение загрязненности воздуха (PM<sub>10</sub>), его влажности, а также более низкие значения T<sub>мин</sub>, приводили к достоверному (p<0,0001) увеличению риска смерти как от всех причин, так и от БСК. Более высокие значения T<sub>макс</sub> достоверно влияли только на риск смерти от БСК (p<0,003). Из данных, представленных в таблице 2, следует, что волны жары в большей степени повышали риск смерти от всех причин и от БСК у женщин (p<0,005), однако, повышение загрязненности воздуха (PM<sub>10</sub>) более значимо повышало риск смерти у мужчин (p<0,005).

Таким образом, получены данные о более высокой метеочувствительности женщин к фактору повы-

Таблица 4

**Влияние волн жары и загрязнения (PM<sub>10</sub>) воздуха на риск смерти мужчин и женщин  
г. Москвы от всех причин, от болезней системы кровообращения в периоды май-сентябрь 2007-2014гг**

Факторы риска	Риск смерти от всех причин			Риск смерти от БСК		
	Мужчины	Женщины	Все случаи	Мужчины	Женщины	Все случаи
Волна жары	1,29* (1,27-1,32) p<0,0001	1,48 (1,45-1,51) p<0,0001	1,39 (1,37-1,41) p<0,0001	1,44* (1,40-1,49) p<0,0001	1,68 (1,64-1,72) p<0,0001	1,58 (1,55-1,61) p<0,0001
T <sub>макс</sub>	1,000 (0,999-1,001) p=0,74	1,002 (1,001-1,003) p=0,003	1,001 (1,000-1,001) p=0,06	0,999 (0,997-1,000) p=0,10	1,001 (1,000-1,003) p=0,03	1,000 (0,999-1,001) p=0,62
PM <sub>10</sub>	1,073* (1,067-1,079) p<0,0001	1,089 (1,084-1,094) p<0,0001	1,082 (1,078-1,086) p<0,0001	1,096 (1,088-1,104) p<0,0001	1,103 (1,097-1,109) p<0,0001	1,100 (1,095-1,105) p<0,0001

**Примечание:** указаны отношение рисков и 95%-й доверительный интервал. Значения ОР приведены для изменения: T<sub>макс</sub> и T<sub>мин</sub>, на 1°С; PM<sub>10</sub> — на величину предельно допустимой суточной концентрации (0,06 мг/м<sup>3</sup>); влажности воздуха — на 1%. \* — достоверные различия между мужчинами и женщинами (p<0,005).

Таблица 5

**Влияние волн жары и загрязнения (PM<sub>10</sub>) воздуха на риск смерти в различных возрастных группах населения  
г. Москвы от всех причин, от болезней системы кровообращения в периоды май-сентябрь 2007-2014гг**

Возрастная группа	Риск смерти от всех причин		Риск смерти от БСК	
	Волна жары	PM <sub>10</sub>	Волна жары	PM <sub>10</sub>
Моложе 25 лет	1,17 (1,07-1,28) p=0,0007	1,008 (0,977-1,041) p=0,60	1,51 (1,13-2,02) p=0,0049	1,063 (0,987-1,144) p=0,11
25-49 лет	1,14 (1,09-1,19) p<0,0001	1,044 (1,030-1,057) p<0,0001	1,21 (1,11-1,31) p<0,0001	1,079 (1,056-1,102) p<0,0001
50-69 лет	1,23 (1,19-1,26) p<0,0001	1,070 (1,061-1,078) p<0,0001	1,35 (1,30-1,41) p<0,0001	1,089 (1,078-1,101) p<0,0001
70 лет и старше	1,53 (1,50-1,56) p<0,0001	1,093 (1,089-1,098) p<0,0001	1,67 (1,64-1,71) p<0,0001	1,104 (1,098-1,109) p<0,0001

**Примечание:** указаны отношение рисков и 95%-й доверительный интервал. Значения ОР приведены для изменения: T<sub>макс</sub> и T<sub>мин</sub>, на 1°С; PM<sub>10</sub> — на величину предельно допустимой суточной концентрации (0,06 мг/м<sup>3</sup>); влажности воздуха — на 1%.

шенной температуры воздуха и более высокой чувствительности мужчин к повышенному загрязнению воздуха.

При сравнительной оценке данных о влиянии волн жары и повышения загрязнения воздуха на смертность в различных возрастных группах населения (табл. 3) наиболее выраженное повышение риска смерти выявлено у лиц возраста 70 лет и старше, а наименее выраженное — в возрастной группе моложе 25 лет (у лиц данной группы достоверным было влияние лишь волн жары). Из вышеизложенного следует, что лица пожилого возраста (особенно старше 70 лет) являются группой высокого риска неблагоприятного воздействия аномального повышения температуры и загрязнения воздуха. При этом, дополнительным фактором, увеличивающим риск смерти, является повышение влажности воздуха. Результаты анализа изучаемых показателей за 5 наиболее теплых месяцев года (май-сентябрь) в целом подтвердили таковые для всего периода наблюдения. При анализе данных за периоды май-сентябрь 2007-2014гг (табл. 4, 5) выявлено достоверное повышение риска смерти от всех причин, от БСК под воздействием факторов волны жары, повышения загрязнения воздуха (наиболее выраженное у лиц возраста 70 лет и старше). У женщин, по сравнению с мужчинами, возрастание риска смерти от всех причин, обусловленное волной жары, также было более выра-

женным, а обусловленное повышением загрязнения воздуха — менее выраженным. Выявлено, что в период май-сентябрь, в отличие от данных за все 12 месяцев года, фактор T<sub>макс</sub> в большей степени влиял на риск смерти от всех причин, причем у женщин — достоверно (табл. 4).

Проведен сравнительный анализ данных смертности за два наиболее жарких летних периода (2010г и 2014г) с учетом различий не только выраженности температурного воздействия, но и показателей загрязнения и влажности воздуха. Из результатов, представленных в таблице 6, следует, что летом 2010г, по сравнению с летним периодом 2014г, смертность населения была в 1,48 раз выше (p<0,0001). Кроме того, были достоверно выше температура, влажность и загрязнение воздуха. Важно отметить, что различия загрязненности воздуха в сравниваемые периоды были более выраженными, чем различия температуры и влажности воздуха (средние значения концентрации в воздухе PM<sub>10</sub> были выше в 2010г в 2,8 раза, а температуры и относительной влажности воздуха — на 2,7°С и на 7,2%, соответственно). Следует отметить, что летом 2010г, в соответствии с принятыми в исследовании критериями, было зафиксировано две волны жары (6 и 40 суток) общей длительностью 46 суток. В 2014г было зарегистрировано три волны жары (5, 4 и 12 суток), общей продолжительностью 21 сутки. Таким образом, суммарная длительность волн

Таблица 6

**Сравнение смертности населения, температуры, загрязнения и влажности воздуха в Москве за периоды июнь-август 2010 и 2014гг**

Параметр	2010г M±SD	2014г M±SD	95% ДИ для разности	P
Tmax, °C	27,2±6,8	24,5±5,2	(1,0-4,5)	0,0023
Влажность, %	59,0±12,1	51,8±14,0	(3,4-11,0)	0,0002
PM <sub>10</sub>	0,071±0,12	0,025±0,01	(0,021-0,070)	0,0004
Смертность фактическая, на 100 тыс человеко-лет	1348±530	913±73	(325-545)	<0,0001
Смертность прогнозируемая, на 100 тыс человеко-лет	1298±462	929±126	(271-468)	<0,0001

**Сокращения:** ДИ — доверительный интервал, M — среднее арифметическое значение каждого из показателей за период с 01 июня по 31 августа, SD — стандартное отклонение показателей за сутки в течение указанного периода.



**Рис. 2.** Фактическая и прогнозируемая смертность населения г. Москвы от всех причин в период 01 июня 2010г — 31 августа 2010г (с использованием модели В. Г. Кляшторного и А. Д. Деева).



**Рис. 3.** Фактическая и прогнозируемая смертность населения г. Москвы от всех причин в период 01 июня 2014г — 31 августа 2014г (с использованием модели В. Г. Кляшторного и А. Д. Деева).

жары в 2010г была в 2,2 раза больше и составила 50% от всего летнего периода (в 2014г — 22,8%). Важно подчеркнуть, что максимальная длительность волны жары в 2010г была 40 суток, что в 3,3 раза больше, чем в 2014г (12 суток). Точность прогнозирования смер-

ности с помощью обобщенной модели линейной регрессии (разработана В. Г. Кляшторным и А. Д. Деевым) была значительно выше для летнего периода 2010г, чем для такового 2014г (корреляция 90,1% и 45,1%, соответственно), что указывает на тот факт, что прогнозирование является более точным для тех периодов, когда больше выраженность аномальных отклонений показателей погоды (рис. 2, 3). Таким образом, из вышеизложенного следует, что кроме факторов “волна жары” и T<sub>макс</sub> существенное влияние на смертность оказывают факторы загрязнения и влажности воздуха, а также общая длительность волн жары.

При анализе данных за все 96 месяцев 2007-2014гг с дополнительным учетом в многофакторной прогностической модели влияния фактора погоды за последние 4 суток и фактора инерции, т.е. смертности населения от всех причин за предыдущий месяц, корреляция была значительно выше при прогнозировании на ближайшие 1-3 суток (88,0%), по сравнению с таковой (45,2%) при прогнозировании смертности на весь последующий месяц. Модель прогнозирования с дополнительным использованием этих факторов была разработана и применена В. А. Гординым и Ф. Л. Быковым, предоставивших нам результаты, отраженные на рисунках 4 и 5.

Полученные с помощью прогностических моделей данные подтверждают результаты нашей работы о значимости взаимосвязи смертности населения с показателями температуры и загрязнения воздуха по данным многофакторного регрессионного анализа. Необходимо отметить, что важность разработки моделей для оценки рисков смертности населения и ее прогнозирования с учетом воздействия факторов внешней среды была доказана и другими исследователями, которые также подчеркивали необходимость совершенствования моделей с целью повышения возможности внедрения их в практику [6, 7, 14, 15].

Таким образом, результаты, полученные при помощи математических моделей прогнозирования,

дополняют количественные данные многофакторного регрессионного анализа о воздействии факторов температуры, загрязнения и влажности воздуха на смертность населения, дают возможность качественной оценки влияния сочетания ряда факторов на динамику смертности, позволяют с высокой корреляцией прогнозировать в краткосрочном периоде (1-3 суток) изменения смертности населения. Однако, следует отметить, что наличие данных о смертности населения за каждые сутки в настоящее время доступно лишь после истечения текущего месяца. Поэтому практическое использование этой модели для краткосрочного прогнозирования смертности населения будет возможно лишь при условии оперативного доступа к данной информации.

Перспективой дальнейшего продолжения исследования является изучение влияния факторов погоды, загрязнения воздуха на смертность от различных БСК, от заболеваний органов дыхания, болезней почек и другой соматической патологии. Кроме того, важна разработка достаточно точных прогностических моделей на основе легкодоступных данных (температура и влажность воздуха), прежде всего для групп населения высокого риска, повышение доступности и качества данных о смертности за сутки (с рубрификацией причины), о загрязнении воздуха. Принципиальное значение имеют также не только совершенствование методов количественной и качественной оценки влияния изучаемых факторов на смертность населения, но и определение возможностей комплексного использования и внедрения в практику методологии оценки риска и прогнозирования смертности с целью повышения эффективности мероприятий по профилактике негативного воздействия погодных факторов, загрязнения воздуха на здоровье населения.

### Заключение

По результатам анализа данных за каждые сутки 2007-2014гг о смертности населения г. Москвы и о температуре, загрязнении и влажности воздуха выявлено следующее:

- волны жары, возрастание температуры и загрязнения воздуха, а также более низкие минимальные значения температуры воздуха, повышают риск смерти населения от всех причин, особенно от БСК и у лиц возрастной группы 70 лет и старше;
- аномальное повышение температуры воздуха в большей степени увеличивает риск смерти у женщин, а возрастание загрязненности воздуха — у мужчин;
- сочетанное воздействие факторов волн жары, повышения влажности и загрязнения воздуха в лет-



**Рис. 4.** Прогноз смертности населения от всех причин на предстоящие 1-3 суток (с использованием модели В. А. Гордина, Ф. Л. Быкова).

**Примечание:** прогноз с учетом погоды в последние 4 суток, даты и инерции, т.е. фактической смертности за предыдущий месяц.



**Рис. 5.** Прогноз смертности от всех причин на предстоящий месяц (с использованием модели В. А. Гордина, Ф. Л. Быкова).

**Примечание:** прогноз с учетом даты и инерции, т.е. фактической смертности за предыдущий месяц.

ний период 2010г привело к более выраженному повышению смертности населения, чем воздействие только аномального повышения температуры воздуха в виде волн жары в летний период 2014г. Данные особенности летних периодов обусловили более высокую корреляцию между фактической и прогнозируемой смертностью населения в 2010г (90,1%), чем в 2014г (45,1%);

- краткосрочное прогнозирование (на ближайшие 1-3 суток) с использованием в многофакторной модели факторов погоды за предшествующие 4 суток и смертности населения за предшествующий месяц характеризуется значительно более высоким коэффициентом корреляции (88%), чем прогнозирование смертности населения на предстоящий месяц (45,2%).

## Литература

1. United Nations Framework Convention on Climate Change. 12.12.2015. <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/109r.pdf>.
2. Implementing the European regional framework for action to protect health from climate change. World Health organization. Regional office for Europe. 2015. <http://www.euro.who.int/ru/health-topics/environment-and-health/Climate-change/publications/2015/implementing-the-european-regional-framework-for-action-to-protect-health-from-climate-change>.
3. Revich BA. Climate Changes and Russian Population Health. Problems of Forecasting 2010; 3: 140-50. Russian (Ревич Б. А. Изменение здоровья населения России в условиях меняющегося климата. Проблемы прогнозирования", 2010; 3: 140-50).
4. Kontsevaya AV, Lukyanov MM, Khudyakov MB, et al. Seasonal and monthly changes of mortality in Russian Federation regions with different climate and geographic variables. Russ J Cardiol 2014,11(115): 25-30. Russian (Концевая А. В., Лукьянов М. М., Худяков М. Б. Сезонные и месячные изменения смертности в регионах Российской Федерации с различными климато-географическими характеристиками. Российский кардиологический журнал 2014,11(115): 25-30).
5. Revich BA. Heat-wave, air quality and mortality in European Russia in summer 2010: preliminary assessment. Journal Human Ecology Russian 2011, 7: 3-9. Russian (Ревич Б. А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки. Экология человека 2011, 7: 3-9).
6. Boytsov SA, Kuznetsov AS, Lukyanov MM, et al. The impact of abnormally high temperatures and ambient air pollution during summer months on mortality rates in the Moscow population and possibilities of death prediction using linear regression analysis models. Profilakticheskaya Meditsina Journal 2013, 6: 63-70. Russian (Бойцов С. А., Кузнецов А. С., Лукьянов М. М. с соавт. Влияние аномально высоких температур и загрязненности воздуха в летние месяцы на смертность населения г.Москвы и возможности прогнозирования с помощью моделей линейного регрессионного анализа. Профилактическая медицина 2013, 6: 63-70).
7. Shaposhnikov D, Revich B, Bellander T, et al. Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010. Epidemiology 2014, N3, May 2014: 359-64.
8. Gasparrini A, Armstrong B, Kovats S, et al. The effect of high temperatures on cause-specific mortality in England and Wales. Occup Environ Med 2012; 69: 56-61.
9. Hajat S, Kovats RS, Lachowycz K. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? Occupational and Environmental Medicine, 2007, 64: 93-100.
10. Baccini M, Kosatsky T, Analitis A, et al. Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. J Epidemiol Community Health 2011; 65: 64-70.
11. Peng RD, Bobb JF, Tebaldi C, et al. Toward a quantitative estimate of future heat wave mortality under global climate change. Environ Health Perspect 2011; 119: 701-06.
12. Basagana X, Sartini C, Barrera-Gomez J, et al. Heat waves and cause-specific mortality at all ages. Epidemiology 2011; 22: 765-72.
13. Marti-Soler H, Gubelmann C, Aeschbacher S, et al. Seasonality of cardiovascular risk factors: an analysis including over 230 000 participants in 15 countries. Heart 2014; 100: 1517-23 doi:10.1136/heartjnl-2014-305623.
14. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. [www.thelancet.com](http://www.thelancet.com) Published online May 21, 2015 [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0).
15. Gasparrini A. Modeling exposure-lag-response associations with distributed lag non-linear models. Stat Med 2014; 33: 881-99.