

29. Engström G, Janzon L. Risk of developing diabetes is inversely related to lung function: a population-based cohort study. *Diabetic Medicine*. 2002;19(2):167-70.

30. Masmoudi K, Choyakh F, Zouari N. Ventilatory mechanics and alveolo-capillary diffusion in diabetes. *Tunisie Medicale*. 2002;80(9):524-30.

31. Koroleva OS, Zateyshchikov DA. Biomarkers in cardiology: registration of intravascular inflammation. *Farmateka*. 2007;(8/9):30-6. (In Russian)

32. Kremser CB, O'Toole MF, Leff AR. Oscillatory hyperventilation in severe congestive heart failure secondary to idiopathic dilated cardiomyopathy or to ischemic cardiomyopathy. *American Journal of Cardiology*. 1987;59(8):900-5.

33. McMurray JJ, Stewart S. Epidemiology, aetiology and prognosis of heart failure. *Heart*. 2000;83:596-602. DOI:10.1136/heart.83.5.596

34. Bazdyrev ED, Bayrakova YuV, Polikutina OM, Bezdenezhnykh NA, Slepynina YuS, Barbarash OL. Relationship between respiratory function and myocardial structure and function in patients with type 2 diabetes mellitus and ischemic heart disease. *Kardiologija*. 2015;55(1):4-8. DOI: http://dx.doi.org/10.18565/cardio.2015.1.4-8 (In Russian)

35. Barbarash OL, Rutkovskaya NV, Smakotina SA, Chesnokova YuL, Bazdyrev ED, Chernyavskaya EYu, Kudryavtseva IA. Lung injury in patients with hypertensive disease. *Kardiologija*. 2010;(3):31-6. (In Russian)

36. Barbarash OL, Rutkovskaya NV, Smakotina SA. Lung function in young and middle-aged patients with hypertensive disease. *Siberian Medical Review*. 2009;(2):19-27. (In Russian)

37. Bazdyrev ED, Ivanov SV, Pavlova VYu, Barbarash OL. Prevention of respiratory complications in patients with coronary heart disease when performing planned coronary artery bypass grafting. *Kompleksnye Problemy Serdechno-Sosudistyh Zabolevanij*. 2016;(1):37-50. DOI: http://dx.doi.org/10.17802/2306-1278-2016-1-37-50 (In Russian)

38. Panova EI, Martyshina OV, Danilov VA. Associated pathology with obesity: frequency, character and some formation mechanisms. *Sovremennye Tehnologii v Medicine*. 2013;5(2):108-15. (In Russian)

### Сведения об авторах

Баздырев Евгений Дмитриевич, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний; адрес: Российская Федерация, 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6; тел.: +7(906)9249350; e-mail: edb624@mail.ru

Поликутина Ольга Михайловна, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний; адрес: Российская Федерация, 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6; тел.: +7(905)9002055; e-mail: ompol@rambler.ru

Каличенко Надежда Анатольевна, Кемеровский кардиологический госпиталь; адрес: Российская Федерация, 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6; тел.: +7(904)9979032; e-mail: ms.kalichenko@mail.ru

Слепынина Юлия Сергеевна, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний; адрес: Российская Федерация, 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6; тел.: +7(905)9625954; e-mail: Yulia42@rambler.ru

Барбараш Ольга Леонидовна, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний; адрес: Российская Федерация, 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6; Кемеровский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 650029, Кемерово, ул. Ворошилова, г. 22а; тел.: +7 (3842) 643308; e-mail: olb61@mail.ru

### Information about the authors

Bazdyrev Evgeny Dmitrievich, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases; Address: 6, Sosnoviy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation; Phone: +7(906)9249350; e-mail: edb624@mail.ru

Polikutina Olga Mikhailovna, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases; Address: 6, Sosnoviy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation; Phone: +7(905)9002055; e-mail: mailto:ompol@rambler.ru

Kalichenko Nadezhda Anatolievna, Kemerovo Cardiology Dispensary; Address: 6, Sosnoviy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation; Phone: +7(904)9979032; e-mail: ms.kalichenko@mail.ru

Slepynina Yulia Sergeevna, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases; Address: 6, Sosnoviy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation; Phone: +7(905)9625954; e-mail: Yulia42@rambler.ru

Barbarash Olga Leonidovna, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases; Address: 6, Sosnoviy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation; Kemerovo State Medical University; Address: 22a, Voroshilov Str., Kemerovo, Russian Federation 650029; Phone: +7 (3842) 643308; e-mail: olb61@mail.ru

Поступила 25.01.2017 г.

Принята к печати 26.04.2017 г.

## Экология человека



© РЕВИЧ Б. А., ШАПОШНИКОВ Д. А.

УДК 504.75

DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90

## ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН ХОЛОДА И ЖАРЫ НА СМЕРТНОСТЬ В ГОРОДАХ С РЕЗКО-КОНТИНЕНТАЛЬНЫМ КЛИМАТОМ

Б. А. Ревич, Д. А. Шапошников

Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва 117418, Российская Федерация

**Цель исследования.** Выбор наилучшего предиктора смертности во время волн жары и холода в условиях резко-континентального климата. Стратификация рисков смертности во время таких волн в Красноярске по основным причинам и возрастным группам для выявления основных температурных факторов повышенной смертности. Сравнение рисков с аналогичными результатами, полученными в южных городах России.

**Материал и методы.** Метеоданные по 6 выбранным городам Сибири с резко-континентальным климатом получены с сайта Росгидромета. Для анализа воздействия продолжительных периодов экстремальных температур воздуха на смертность выбран Красноярск как крупнейший из изученных городов; данные о ежедневной смертности в Красноярске предоставлены Росстатом. Для вычисления относительных рисков смертности во время волн жары и холода использовалась Пуассоновская регрессионная модель суточной смертности с поправками на многолетние и сезонные тенденции смертности, день недели и суточный перепад температур.

**Результаты.** За период 1999-2014 гг. в Братске, Барнауле, Иркутске, Кемерово, Красноярске и Чите идентифицировано суммарно 73 волны жары и 83 волны холода. Для жары эффективная температура воздуха является лучшим предиктором смертности, чем температура сухого термометра, а для холода наилучшим предиктором является ветро-холодовой индекс. Для большинства изученных показателей получены статистически достоверные оценки приростов смертности как во время волн жары, так и во время волн холода и показано, что во время жары они более значительны.

**Заключение.** Основной вклад в повышенную смертность во время экстремальных температур дают цереброваскулярные заболевания. Риски от воздействия волн жары в Красноярске менее выражены, чем в южных городах Европейской части России; по волнам холода достоверных различий не выявлено.

**Ключевые слова:** здоровье, цереброваскулярные заболевания, болезни органов дыхания, Красноярск, резко-континентальный климат, планы действий во время жары.

**Для цитирования:** Ревич БА, Шапошников ДА. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко-континентальным климатом. Сибирское медицинское обозрение. 2017;(2):84-90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90

## INFLUENCE FEATURES OF COLD AND HEAT WAVES TO THE POPULATION MORTALITY - THE CITY WITH SHARPLY CONTINENTAL CLIMATE

B. A. Revich, D. A. Shaposhnikov

Institute of Economic Forecasting of Russian Academy of Sciences, Moscow 117418, Russian Federation

**The aim of the research.** The choice of the best predictor of mortality during the heat and cold waves in a sharply continental climate. Stratification of mortality risks during such waves in Krasnoyarsk for the main reasons and age groups for revealing the main temperature factors of increased mortality. Comparison of risks with similar results obtained in the southern cities of Russia.

**Material and methods.** Meteorological data for 6 selected cities in Siberia with sharply continental climate were obtained from the site of Roshydromet. To analyze the impact of long periods of extreme air temperatures on mortality, Krasnoyarsk was chosen as the largest of the studied cities; data on the daily mortality in Krasnoyarsk were provided by Rosstat. To calculate the relative risks of mortality during heat and cold waves, the Poisson regression model of daily mortality was used, corrected for the long-term and seasonal mortality trends, day of the week and daily temperature difference.

**Results.** For the period 1999-2014 in Bratsk, Barnaul, Irkutsk, Kemerovo, Krasnoyarsk and Chita, a total of 73 waves of heat and 83 cold waves were identified. For heat, the effective air temperature is a better predictor of mortality than the temperature of a dry thermometer, and for the cold, the best predictor is the wind-cold index. For the majority of the studied indicators, statistically reliable estimates of the death rate increases were obtained both during the heat waves and during the cold waves and it was shown that during the heat they were more significant.

**Conclusion.** The main contribution to increased mortality during extreme temperatures is provided by cerebrovascular diseases. The risks from heat waves in Krasnoyarsk are less pronounced than in the southern cities of the European part of Russia; on the waves of cold there were no significant differences.

**Key words:** health, cerebrovascular diseases, respiratory diseases, Krasnoyarsk, sharply continental climate, action plans during the heat wave.

**Citation:** Revich BA, Shaposhnikov DA. Influence features of cold and heat waves to the population mortality – the city with sharply continental climate. Siberian Medical Review. 2017;(2):84-90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90

### Введение

Во всех климатических зонах мира происходит потепление, сопровождаемое увеличением частоты волн жары и холода, т.е. периодов с экстремально высокой и низкой температурой. В России в ближайшие 30-40 лет произойдет дальнейшее потепление климата, причем «его скорость существенно превышает среднюю скорость мирового потепления» [1]. Негативные последствия воздействия изменений климата на здоровье человека стало причиной формирования нового направления деятельности ВОЗ – создания планов действий по адаптации систем здравоохранения к климатическим изменениям, разработка профилактических мер по защите здоровья от воздействия этого фактора. В исследованиях по общественному здоровью, эпидемиологии инфекционных и неинфекционных заболеваний оценивается как воздействие климатических изменений на распространенность инфекционных заболеваний, в первую очередь малярии, других геморрагических лихорадок, клещевого энцефалита, так и воздействие температурных волн жары и холода на показатели здоровья населения крупных городов. Многоэтажная застройка мегаполисов, интенсивная транспортная нагрузка, недостаточная площадь зеленых насаждений ведет к формированию в мегаполисах нагревающего микроклимата, приводящего во время волн жары к значительным нарушениям системы кровообращения, провоцируя развитие инсультов [2]. Значительные нарушения здоровья во время жары приводят не только к тяжелым утратам здоровья, происходит и снижение числа здоровых лет жизни, что отражается и на экономических показателях – страновом и региональном валовом продукте. Для своевременной мобилизации и координации действий различных секторов городского

управления при наступлении температурных волн необходимы определенные численные критерии – температурные пороги для идентификации волн жары и холода. Целесообразно установить такие пороги не с синоптических позиций, а исходя из опасности жары и холода для здоровья населения. В ряде мультицентровых исследований [3-6], проведенных в различных странах мира, определены такие температурные пороги, превышение которых приводит к дополнительной смертности населения, особенно старших возрастов. Планы действий по защите здоровья населения от воздействия климатических изменений разработаны во многих странах мира и для европейских стран обобщены в публикации ВОЗ [7]. В России работы в этом направлении были нами начаты 15 лет назад и были определены пороги волн жары и холода в городах с умеренно континентальным климатом (Москва, Архангельске, четырех южных городах) и в Якутске [8-12]. Результаты этих работ были использованы при разработке плана действий по адаптации системы здравоохранения к климатическим изменениям в Архангельской области в рамках проекта ВОЗ и в Москве после аномального жаркого лета 2010 г.

Особенности резко-континентального климата многих городов Сибири, оказывающего значительное влияние на состояние здоровья населения, послужили причиной проведения данного исследования, при этом оценивалось не только влияние температуры воздуха, но и совместное воздействие жары, влажности, инсоляции и ветра через эффективную температуру, агрегирующую эти четыре переменные. Этот показатель был предложен Стедменом [13] на основе изучения скорости испарения влаги с поверхности тела человека и в дальнейшем усовершенствован Ротфуцом [14] и Андерсоном [15]. Идентификация волн жары с

использованием критерия эффективной температуры воздуха сегодня является стандартным методом во многих зарубежных работах [16, 17].

Еще одной задачей данного исследования была оценка информативности ветро-холодового индекса в качестве предиктора дополнительной смертности населения во время волн холода. Для учета влияния ветра во время морозов метеорологи Великобритании, США и Канады в 2001г. согласились использовать формулу (1) для вычисления ветро-холодового индекса; исчерпывающий обзор различных подходов к вычислению этого индекса см. в [18]. Этот индекс сейчас используется в Канаде (вместо обычной температуры) для предупреждения населения о возможных рисках для здоровья во время сильных холодов [19]. В данной работе использован этот показатель для оценки опасности волн холода, как было ранее предложено [20-22].

### Материал и методы

**Идентификация температурных волн.** Города для данного исследования выбирались нами как из соображений характерного для них климата, так и численности населения — мы были заинтересованы в крупнейших городах для целей последующей оценки риска. Температурные волны были изучены в четырех городах Восточной Сибири (Братск, Чита, Красноярск, Иркутск) и двух городах Западной Сибири (Барнаул и Кемерово). Для всех выбранных городов характерен резко-континентальный климат (табл. 1). Данные 8-срочных наблюдений температуры и влажности воздуха, а также скорости ветра за период исследования, который составил 16 лет с 1999 г. по 2014 г., были выкопированы с вебсайта ВНИИГМИ <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> и прошли простейшие процедуры контроля качества: проверку на полноту массива и выпадающие значения. Недостающих данных и выпадающих значений нами не было обнаружено, поэтому качество данных было признано удовлетворительным. Из данных 8-срочных наблюдений вычислены средние, максимальные и минимальные суточные значения соответствующих метеопараметров.

Пороги холода и жары выбраны на уровне 3-го и 97-го процентилей многолетнего распределения среднесуточных температур в каждом городе за период исследования. Также было принято, что *короткая волна* должна составлять от 5 до 7 последовательных дней со среднесуточными температурами ниже порогового значения (для холода) и выше порогового значения (для жары), а *длинная волна* должна продолжаться от восьми дней и дольше. В дальнейшем эти определения были модифицированы с использованием эффективных температур для жары и ветро-холодового индекса для холода, но лишь в одном из городов — в Красноярске, который был выбран в качестве «пилотного» для оценки риска смертности. Волны продолжительностью менее 5 дней не рассматривались из-за недостаточной статистической значимости результатов оценки риска для таких волн. Определенный интерес для исследователей температурных волн представляет отношение числа дней в ансамбле всех волн к общему числу дней с температурами ниже (или выше) установленного порога за период исследования. Чем менее вариабельна, более устойчива погода, тем больше должно быть это отношение. Это отношение условно названо термином «волновая доля» (табл. 1).

**Эффективная температура и ветро-холодовой индекс.** Эффективная температура  $AT$  вычислялась по формуле Стедмена:

$$AT = T_a + 0,348E - 0,70v + 0,70 \frac{Q}{v+10} - 4,25,$$

где  $T_a$  — температура по сухому термометру;  $E$  — давление водяного пара [гПа], связанное с относительной влажностью  $rh$  [%] формулой  $E = 6,105 \frac{rh}{100} \exp\left(\frac{17,27T_a}{237,7+T_a}\right)$ ;  $Q$  — солнечное излучение [Вт/м<sup>2</sup>], поглощаемое единицей площади поверхности — в данной

работе не учитывалось, что эквивалентно предположению о пребывании в тени;  $v$  — скорость ветра [м/с] на высоте анемометра.

Эффективная температура используется только при температуре воздуха выше 20°C. Для идентификации волн жары по эффективной температуре она была вычислена для всех дней со среднесуточной  $T \geq 20^\circ\text{C}$  и определено такое ее пороговое значение, чтобы выше этого порога оказалось такое же число дней, как и при идентификации волн жары по обычной температуре, а именно  $3\% \times (\text{число дней периода исследования})$ . Затем из всех дней с  $AT$  выше порогового значения выбирались последовательности длиной 5-7 дней и  $\geq 8$  дней, в соответствии с принятыми в данной работе определениями волн жары.

Ветро-холодовой индекс  $T_{wc}$  вычислялся по формуле:

$$T_{wc} = 13,12 + 0,6215T_a - 13,96v^{0,16} + 0,4867T_a v^{0,16} \quad (1)$$

Эта формула применяется при температурах ниже +10°C и скоростях ветра более 1,3 м/с. Процедура идентификации волн холода по новому показателю изменилась так же, как и при использовании эффективной температуры для жары.

**Расчет рисков смертности во время волн жары и холода** был выполнен только в крупнейшем из шести выбранных городов — Красноярске (население 924 тыс. на 2006 г. — середину периода исследования), период исследования в Красноярске составил 17 лет (1999 — 2015). Всего было проанализировано 187531 случаев смерти в возрастах старше 30 лет. Расчеты рисков были выполнены для восьми показателей смертности: новообразования, гипертония, ишемическая болезнь сердца (ИБС), цереброваскулярные заболевания, другие болезни системы кровообращения (БСК), болезни органов дыхания (БОД), все естественные причины, все внешние причины, в двух возрастных группах: смертность в возрасте 30-64 года и в возрасте от 65 лет. Стоит отметить, что такая группа причин смерти, как новообразования, также является метеозависимой — исследователи отмечали рост смертности в этой категории во время холода [23] и жары [11]. Связано это с условиями микроклимата в госпитальных или домашних условиях.

Для расчета рисков смертности во время волн жары или холода использовалась Пуассоновская обобщенная линейная регрессия суточной смертности, подробно описанная в [8], с поправкой на суточный перепад температур, зависимость логарифма смертности от которого предполагалась линейной. Относительный риск смертности во время ансамбля волн жары (холода) интерпретировался как отношение средней суточной смертности во время ансамбля волн жары (холода), при учете возможного лага между ходом температуры и откликом смертности, к средней суточной смертности во все остальные дни периода исследования. При изучении влияния суточного перепада температур и волн жары на смертность исследовались лаги от нуля до шести дней, а при вычислении рисков волн холода допускался лаг до трех недель, поскольку многие исследователи отмечали отсроченный характер влияния холода на смертность [23].

### Результаты и обсуждение

Важнейшие характеристики ансамблей коротких и длинных волн жары и холода в шести выбранных для исследования городах за период 1999-2014гг. представлены в таблице 1. Для характеристики климата этих городов приведены абсолютные минимумы ( $T_{min}$ ) и максимумы ( $T_{max}$ ) температур воздуха по трехчасовым срокам за период исследования. Все температуры указаны в градусах Цельсия.

Максимальная амплитуда годовых перепадов температуры позволяет судить о величине «температурных нагрузок», которым подвергается население данных городов.

Температурные пороги жары гомогенны для всех шести городов — они варьируются в небольших пределах: от 21 до 23°C. Наоборот, температурные пороги для холода гораздо более гетерогенны — они

**Температурные волны в шести городах  
с резко-континентальным климатом**

Таблица 1

	Показатель	Барнаул	Братск	Иркутск	Кемерово	Красноярск	Чита
	$T_{min}$	-47,6	-45,6	-42,6	-45,9	-43,4	-46,1
	$T_{max}$	38,2	31,9	35,4	35,2	36,2	38,5
	Амплитуда, $T_{max} - T_{min}$	85,8	77,5	78	81,1	79,6	84,6
Жара	Порог жары ( $T_{97\%}$ )	23,0	21,0	20,9	21,9	21,8	21,9
	Число волн (коротких/длинных)	8/3	2/8	8/7	4/8	5/7	6/7
	Ср. длина волн (коротких/длинных), дней	6/12	6/12	6/11	6/12	6/11	6/11
	Сумма дней всех волн	82	107	121	116	104	109
	Волновая доля	0,46	0,58	0,65	0,63	0,58	0,61
Холод	Порог холода ( $T_{3\%}$ )	-26,5	-29	-24,9	-28,9	-27,3	-30,8
	Число волн (коротких/длинных)	6/6	8/7	12/5	5/7	8/7	6/6
	Ср. длина волн (коротких/длинных), дней	6/11	6/11	6/10	6/9	6/11	6/12
	Сумма дней всех волн	99	126	120	93	120	102
	Волновая доля	0,56	0,72	0,68	0,53	0,68	0,58

варьируются от  $-25^{\circ}\text{C}$  в Иркутске до  $-31^{\circ}\text{C}$  в Чите. Естественно, каждую из идентифицированных волн холода или жары можно изучать отдельно. Из наиболее продолжительных волн отметим 20-дневную жару в Братске летом 1999 г. и почти столь же длинную (19 дней) волну холода в Чите в январе 2000 г. В Сибири лето 2010 г. не было аномально жарким (как в Европейской части России) и даже было более холодным, чем обычно: только в Чите была зарегистрирована одна короткая волны жары длительностью 6 дней. При этом различия между городами очень велики. Так, например, в Братске было отмечено всего 2 коротких волны жары, а в Барнауле и Иркутске – целых восемь. В Кемерово за 16 лет периода исследования наблюдалось всего 5 коротких волн холода, а в Иркутске – 12, и этот город является «рекордсменом» как по числу всех волн жары, так и по числу всех волн холода. Однако для исследования типичных волн жары и холода важнее установить усредненные характеристики ансамблей волн. На основании данных таблицы 1 определено, что в среднем на каждый город из изученных шести приходится менее чем по одной волне жары и холода в год. Точнее, каждые четыре года наблюдается в среднем три волны жары, и каждые шесть лет наблюдается пять волн холода.

Информация о числе наблюдавшихся за период исследования коротких и длинных волн позволяет ответить на вопрос, почему именно деление на короткие и длинные волны было выбрано на длительности 7-8 дней. Мы стремились обеспечить максимально возможную в данном исследовании статистическую значимость полученных оценок рисков во время ансамблей коротких и длинных волн. В частности, это важно для таких показателей смертности, для которых среднее ежедневное число случаев в отдельных городах очень мало – иногда много меньше единицы. Из таблицы 1 видно, что всего в шести городах наблюдалось 33 коротких и 40 длинных волн жары, а также 45 коротких и 38 длинных волн холода. То есть числа длинных и коротких волн приблизительно равны, что должно обеспечить сопоставимость результатов оценки рисков во время коротких и длинных волн. Установлено, что волны жары в Сибири в среднем продолжительнее, чем волны холода. Средняя длительность всех волн жары составила 9 дней, а всех волн холода – 8 дней. Вместе с тем, волновая доля в среднем меньше для жары: 0,58 против 0,63 для холода. То есть для жары более характерны одиночные дни и короткие последовательности. При этом более половины всех экстремально жарких дней входят в ансамбль волн жары, а более

половины всех экстремально холодных дней принадлежат одной из волн холода. Эти результаты имеют достаточно общий характер и могут быть использованы для прогнозирования ожидаемых в будущем волн температуры.

Естественно, число дней в ансамблях волн жары на основе эффективной температуры несколько отличалось от числа дней в ансамблях волн жары на основе обычной температуры. Порог волн жары по эффективной температуре в Красноярске составил  $22,4^{\circ}\text{C}$ . Среднее значение эффективной температуры для всех дней выше данного порога составило  $24,4^{\circ}\text{C}$ . Для сравнения, среднее значение обычной температуры для всех дней выше порога жары, вычисленного по обычной температуре, составило  $23,3^{\circ}\text{C}$ . Максимальная из

среднесуточных эффективных температур за период исследования была равна  $29,7^{\circ}\text{C}$ ; в тот день обычная температура воздуха была  $26,6^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности всего 66 %. В Красноярске за 1999-2015 гг. было зафиксировано всего 10 волн эффективной температуры длиной от 5 дней и больше, общей длительностью 91 день, из которых только 10 дней не входили в волны «обычной» жары.

Порог холода по ветро-холодовому индексу за период исследования в Красноярске составил  $-28,9^{\circ}\text{C}$ , а порог холода по обычной температуре был равен  $-27,3^{\circ}\text{C}$ , что значительно ниже порогов холода в Москве и южных городах. Примерно такая же разница наблюдалась между средними температурами для ансамблей волн холода, вычисленных по ветро-холодовому индексу и по обычной температуре ( $-33,3^{\circ}\text{C}$  и  $-32,1^{\circ}\text{C}$ ). Столь незначительная разница объясняется тем, что в Красноярске морозные эпизоды почти всегда безветренны. Так, если средняя скорость ветра за весь период исследования составила 2,1 м/с, то средняя скорость ветра во время волн холода продолжительностью от 5 дней и более составила всего 0,4 м/с, причем скорость ветра во время морозов почти никогда не превышала 2,0 м/с. В Красноярске наблюдалось всего 14 волн холода, вычисленных по ветро-холодовому индексу, общая длительность этих волн составила 115 дней. Из этих 115 дней лишь 19 не входили в ансамбль всех волн холода, вычисленный по критерию «обычной» температуры воздуха.

На этапе выбора модели для расчета рисков было установлено, что суточный перепад температур сильнее всего влияет на смертность с лагом в один день; эффективная температура теснее связана со смертностью во время волн жары, чем обычная температура; а ветро-холодовой индекс является лучшим предиктором смертности во время волн холода, чем обычная температура воздуха. Поэтому было принято решение использовать эффективную температуру для идентификации волн жары и ветро-холодовой индекс для идентификации волн холода.

*Влияние суточного перепада температур.* Результаты оценки риска удобнее представить в виде прироста смертности, который соответствует межквартильному диапазону (IQR); для суточного перепада температур в Красноярске он равен  $6^{\circ}\text{C}$ . В возрастной группе 30-64 лет не была доказана связь между суточным перепадом температур и смертностью. В возрастной группе  $\geq 65$  лет эта связь достоверно установлена для четырех из восьми причин (для ИБС, инсультов, других БСК и всех естественных причин).

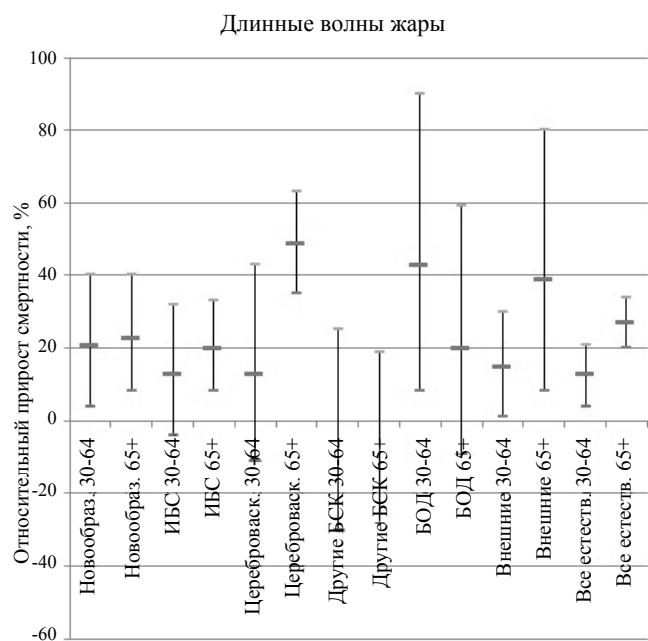


Рисунок 1. Относительные приросты смертности во время волн жары в Красноярске

Наибольший прирост был установлен для показателя «другие БСК» и составил 3,8 % на IQR (95 % ДИ 0,18-7,8;  $p=0,041$ ). Для показателя «все причины, кроме внешних» аналогичный прирост смертности составил 2,5 % на IQR (1,6-3,5),  $p<0,001$ . Полученные результаты доказывают, что пожилые люди больше страдают от перепадов температуры.

Относительные приросты смертности с 95% ДИ во время волн жары и холода в Красноярске демонстрируют рис. 1 и 2. На этих рисунках отсутствует показатель «гипертоническая болезнь», поскольку в возрастной группе 30-64 он был исключен из анализа из-за чрезвычайно малого числа случаев, а в возрастной группе  $\geq 65$  лет риски смертности от гипертонии оказались несоизмеримо большими и не могли быть отражены на этих рисунках с сохранением удобного масштаба отображения остальных показателей смертности. Поэтому приведем эти результаты отдельно. Относительные приросты смертности от гипертонической болезни в возрастной группе  $\geq 65$  лет: во время коротких волн жары 71 %; 95 % доверительный интервал (ДИ) (-20 % – 266 %);  $p=0,163$ ; во время длинных волн жары 84 % (8 – 212);  $p=0,024$ ; во время всех волн жары 84 % (18 – 186);  $p=0,007$ . Аналогичные результаты для холода: во время коротких волн 207 % (85 – 409);  $p<0,001$ ; во время длинных волн -34 % (-69 – 41);  $p=0,284$ ; во время всех волн 54 % (0,2 – 138);  $p=0,049$ . Результаты оценки влияния волн жары на показатели смертности от гипертонии достоверны, но по волнам холода виден большой разброс, что, вероятнее всего, связано с очень малым числом случаев. Так, во время ансамбля коротких волн холода (всего 40 дней) ожидаемая смертность от гипертонической болезни в возрастной группе  $\geq 65$  лет составила 6 случаев, а для ансамбля длинных волн (всего 75 дней) 10 случаев.

**Влияние волн жары.** Во время коротких волн жары только один показатель (новообразования в старшей возрастной группе) показал достоверный при-

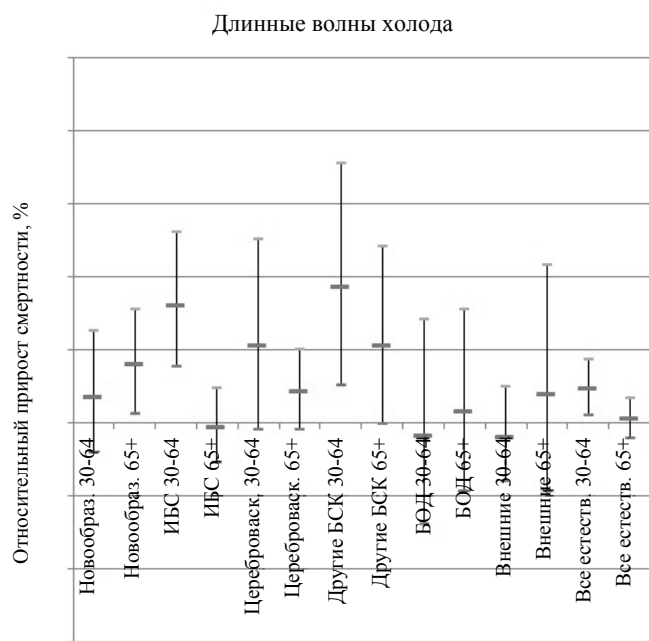


Рисунок 2. Относительные приросты смертности во время волн холода в Красноярске

рост смертности. Отсюда следует, что короткие волны жары практически не влияют на смертность. Поэтому ансамбль всех волн слабее связан со смертностью, чем ансамбль длинных волн жары. Как видно из рисунка 1, для ансамбля всех волн было получено всего 8 достоверных оценок риска, а для ансамбля длинных волн было получено 10 достоверных оценок (из 15 проанализированных показателей). Такой результат может быть связан с тем, что в Красноярске ансамбль коротких волн жары содержал всего 25 дней, а ансамбль длинных волн 66 дней (по показателю эффективной температуры). Наибольшие по абсолютной величине риски были установлены для смертности пожилых людей от гипертонической болезни (прирост 84 %) и инсультов (прирост 49 %) во время длинных волн жары, подтверждает повышенную чувствительность пожилых людей к метеофакторам – именно пожилые люди входят в группу высокого риска при воздействии температурных волн.

**Влияние волн холода.** Во время коротких волн холода было получено больше статистически-достоверных оценок риска, чем во время длинных волн холода, хотя, как указано выше, ансамбль длинных волн содержал почти в два раза больше дней (рис. 2). Достоверные оценки риска смертности во время коротких волн были получены для 6 показателей смертности, а во время длинных волн – всего для

Таблица 2

### Сравнение достоверных рисков всех волн холода и жары в Красноярске

Причины смерти и возрастная группа	Жара	Холод	Разность	
	$RR_{\text{heat}}$	$RR_{\text{cold}}$	$\ln(RR_{\text{heat}}) - \ln(RR_{\text{cold}})$	$s(\text{diff})$
Все естественные причины, возраст 30-64 лет	1,095	1,073	0,020	0,044
Новообразования, возраст $\geq 65$ лет	1,25	1,123	0,107	0,074
Гипертоническая болезнь, возраст $\geq 65$ лет	1,84	1,540	0,178	0,309
Инсульты, возраст $\geq 65$ лет	1,44	1,110	0,260	0,060*
Все естественные причины, возраст $\geq 65$ лет	1,22	1,063	0,138	0,032*

Примечание:  $RR$  – относительный риск;  $s(\text{diff})$  – стандартное отклонение разности логарифмов; именно логарифмы рисков (а не сами риски) в рамках Пуассоновской модели распределены по нормальному закону.

\*Разность статистически значима,  $p<0,001$ .

4 показателей из 15. Причина такого выявленного нами различия вероятнее всего связана с тем, что повышенная смертность в конце длинных волн гасится эффектом жатвы — кратковременным смещением дополнительной смертности в начале волны.

*Что сильнее влияет на смертность — жара или холод?* Такое сравнение лучше всего сделать для ансамблей всех волн холода и жары: для ансамблей всех волн мощность статистических тестов больше и поэтому число доступных пар рисков для сравнения больше. Сравнить численные значения рисков корректно лишь в том случае, когда обе оценки статистически значимы. Таких пар всего пять, в том числе два важнейших показателя — смертность от всех естественных причин в обеих возрастных группах (табл. 2).

Все пары рисков в таблице 2 показали одинаковый результат: для населения сибирских городов с резко-континентальным климатом волны жары представляют большую опасность, чем волны холода, причем для двух последних показателей (инсульты и все причины, кроме внешних, в старшей возрастной группе) разность рисков статистически значима.

### Заключение

Идентификация температурных волн основывается на значениях температурных порогов, при превышении которых в течение нескольких последовательных дней необходимы определенные профилактические мероприятия. С целью своевременного осуществления комплекса профилактических мероприятий местными органами исполнительной власти и системы здравоохранения для практических целей защиты населения могут быть использованы пороговые значения среднесуточной температуры воздуха или эффективной температуры, определенные как 3-й и 97-й процентиля соответствующих многолетних распределений. Порог волн жары по эффективной температуре в Красноярске составил 22,4°C, а порог холода по ветро-холодовому индексу -28,9°C.

Смертность от всех естественных причин в Красноярске во время волн жары длительностью от 5 дней и выше возрастала в среднем на 9,5 % в день (95 % ДИ 2,5-17) в возрастной группе 30-64 года и на 22% (17-28) в возрастной группе от 65 лет. Аналогичные приросты смертности при воздействии волн холода составили 7,3 % (1,1-13,8) и 6,3 % (1,7-11,2). Воздействие волн жары в этом городе приводит к более тяжелым последствиям, чем воздействие волн холода, причем наиболее высоки показатели дополнительной смертности от инсультов (44 %) и гипертонии (84 %) в возрасте от 65 лет.

Сравнение средневзвешенных рисков температурных волн в южных городах, вычисленных в наших предыдущих работах [8-9], с аналогичными результатами, полученными в Красноярске, показало, что риски воздействия волн жары в Красноярске менее выражены, чем в южных городах, в отношении волн холода до-стоверные различия не выявлены.

Результаты данной работы можно считать доказательным обоснованием необходимости разработки и внедрения в городах Сибири систем раннего оповещения населения о наступлении температурных волн и комплекса профилактических мер индивидуального и популяционного характера по защите населения во время экстремальной жары и холода. Индивидуальные меры защиты при воздействии волн жары (холода) включают прием определенных медикаментов, рекомендуемых кардиологами, использование кондиционеров, соблюдение должного питьевого режима [2]. Как показало прямое эпидемиологическое исследование в Красноярске, описанное в данной работе, лица пожилого возраста являются группой повышенного риска, поэтому и защищать их следует в первую очередь.

### Литература

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: техническое резюме. М.: Росгидромет; 2014. 93 с.
2. Агеев ФТ, Смирнова МД, Роденков ОВ. Жара и сердечно-сосудистая система. М.: Практика; 2015. 184 с.
3. Baccini M, Biglieri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Anderson HR, Bisanti L, D'Ippoliti D, Danova J, Forsberg B, Medina S, Paldy A, Rabaczenko D, Schindler C, Michelozzi P. Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*. 2008;19(5):711–9. DOI:10.1097/EDE.0b013e318176bfcd.
4. Leone M, D'Ippoliti D, De Sario M, Analitis A, Menne B, Katsouyanni K, de' Donato FK, Basagana X, Salah AB, Casimiro E, Dörtbudak Z, Iñiguez C, Peretz C, Wolf T, Michelozzi P. A time series study on the effects of heat on mortality and evaluation of heterogeneity into European and Eastern-Southern Mediterranean cities: results of EU CIRCE project. *Environ Health*. 2013;12:55. DOI:10.1186/1476-069X-12-55.
5. Ma W, Chen R, Kan H. Temperature-related mortality in 17 large Chinese cities: How heat and cold affect mortality in China. *Environmental Research*. 2014;134:127–33. DOI:10.1016/j.envres.2014.07.007.
6. Heo S, Lee E, Kwon BY, Lee S, Jo KH, Kim J. Long-term changes in the heat–mortality relationship according to heterogeneous regional climate: a time-series study in South Korea. *BMJ Open*. 2016;6(8):e011786. DOI:10.1136/bmjopen-2016-011786.
7. Implementing the European Regional Framework for Action to protect health from climate change: A status report / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen: World Health Organization; 2015. 50 p.
8. Revich BA, Shaposhnikov DA, Podol'naya MA, Khor'kova TL, Kvasha EA. Heat waves on Southern Cities of European Russia as a Risk a Risk Factor for Premature Mortality. *Studies on Russian Economic Development*. 2015;26(2):142-50. DOI: 10.1134/S1075700715020100.
9. Revich BA, Shaposhnikov DA. Cold waves in Southern Cities of European Russia and Premature Mortality. *Studies on Russian Economic Development*. 2016;27(2):210–5. DOI:10.1134/S107570071602012X.
10. Revich B, Shaposhnikov D. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occupational and Environmental Medicine*. 2008;65:691–6. DOI:10.1136/oem.2007.033944.
11. Shaposhnikov D, Revich B, Bellander T, Bedada GB, Bottai M, Kharkova T, Kvasha E, Lezina E, Lind T, Semutnikova E, Pershagen G. Mortality related to interactions between heat wave and wildfire air pollution during the summer of 2010 in Moscow. *Epidemiology*. 2014;25:359–64. DOI:10.1097/ede.0000000000000090.
12. Shaposhnikov D, Revich B. Toward meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North. *Urban Climate*. 2016;15:16–24. DOI:10.1016/j.uclim.2015.11.007.
13. Steadman RG. Norms of apparent temperature in Australia. *Australian Meteorological Magazine*. 1994;43:1–16.
14. Rothfusz LP. The heat index equation. NWS Southern Region Technical Attachment, SR/SSD 90–23. Fort Worth, Texas; 1990.
15. Anderson GB, Bell ML, Peng RD. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. *Environ Health Perspect*. 2013;121:1111–9. DOI:10.1289/ehp.1206273.
16. D'Ippoliti D, Michelozzi P, Marino C, de' Donato F, Menne B, Katsouyanni K, Kirchmayer U, Analitis A, Medina-Ramón M, Paldy A, Atkinson R, Kovats S, Bisanti L, Schneider A, Lefranc A, Iñiguez C, Perucci C. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environ Health*. 2010;9:37. DOI:10.1186/1476-069X-9-37.
17. Almeida SP, Casimiro E, Calheiros J. Effects of apparent temperature on daily mortality in Lisbon and Oporto, Portugal. *Environ Health*. 2010;9:12. DOI:10.1186/1476-069X-9-12.
18. Report on Wind Chill Temperature and extreme heat indices: Evaluation and improvement projects. U.S. Department of Commerce / National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, FCM-R19-2003. Washington D.C.; 2003. 75 p.
19. Toronto Public Health. Health Impacts of Cold Weather. Technical Report. June 2014 [Internet]. Available from: <http://www.mississauga.ca/file/COM/Health%20Impacts%20of%20Cold%20Weather.pdf> (cited 2016 Dec 4).
20. Kunst AE, Groenof F, Mackenbach JP. The association between two windchill indices and daily mortality variation in The Netherlands. *American Journal of Public Health*. 1994;84(11):1738–42. DOI:10.2105/AJPH.84.11.1738.
21. Eng H, Mercer JB. The relationship between mortality caused by cardiovascular diseases and two climatic factors in densely populated areas in Norway and Ireland. *Journal of Cardiovascular Risk*. 2000;7:369–75. DOI:10.1177/204748730007005107(5):369-75.
22. Carder M, McNamee R, Beverland I, Elton R, Cohen GR, Boyd J, Agius RM. The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland. *Occupational and Environmental Medicine*. 2005;62:702–10. DOI:10.1136/oem.2004.016394
23. Deschênes O, Moretti E. Extreme Weather Events, Mortality, and Migration. *The Review of Economics and Statistics*. 2009;91:659–81. DOI:10.3386/w13227.

## References

1. The Second Assessment Report of Rosgidromet on climate change and their impact on the territory of the Russian Federation, the Technical Summary. M.: Rosgidromet; 2014. 93 p. (In Russian)
2. Ageev FT, Smirnova MD, Rodnenkov OV. The heat and the cardiovascular system. M.: Praktika; 184 p. (In Russian)
3. Baccini M, Biggeri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Anderson HR, Bisanti L, D'Ippoliti D, Danova J, Forsberg B, Medina S, Paldy A, Rabcenko D, Schindler C, Michelozzi P. Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*. 2008;19(5):711–9. DOI:10.1097/EDE.0b013e318176bfcd.
4. Leone M, D'Ippoliti D, De Sario M, Analitis A, Menne B, Katsouyanni K, de' Donato FK, Basagana X, Salah AB, Casimiro E, Dörtbudak Z, Iñiguez C, Peretz C, Wolf T, Michelozzi P. A time series study on the effects of heat on mortality and evaluation of heterogeneity into European and Eastern-Southern Mediterranean cities: results of EU CIRCE project. *Environ Health*. 2013;12:55. DOI:10.1186/1476-069X-12-55.
5. Ma W, Chen R, Kan H. Temperature-related mortality in 17 large Chinese cities: How heat and cold affect mortality in China. *Environmental Research*. 2014;134:127–33. DOI:10.1016/j.envres.2014.07.007.
6. Heo S, Lee E, Kwon BY, Lee S, Jo KH, Kim J. Long-term changes in the heat – mortality relationship according to heterogeneous regional climate: a time-series study in South Korea. *BMJ Open*. 2016;6(8):e011786. DOI:10.1136/bmjopen-2016-011786.
7. Implementing the European Regional Framework for Action to protect health from climate change: A status report / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen: World Health Organization; 2015. 50 p.
8. Revich BA, Shaposhnikov DA, Podol'naya MA, Khor'kova TL, Kvasha EA. Heat waves on Southern Cities of European Russia as a Risk a Risk Factor for Premature Mortality. *Studies on Russian Economic Development*. 2015;26(2):142-50. DOI: 10.1134/S1075700715020100.
9. Revich BA, Shaposhnikov DA. Cold waves in Southern Cities of European Russia and Premature Mortality. *Studies on Russian Economic Development*. 2016;27(2):210–5. DOI:10.1134/S107570071602012X.
10. Revich B, Shaposhnikov D. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occupational and Environmental Medicine*. 2008;65:691–6. DOI:10.1136/oem.2007.033944.
11. Shaposhnikov D, Revich B, Bellander T, Bedada GB, Bottai M, Kharkova T, Kvasha E, Lezina E, Lind T, Semutnikova E, Pershagen G. Mortality related to interactions between heat wave and wildfire air pollution during the summer of 2010 in Moscow. *Epidemiology*. 2014;25:359–64. DOI:10.1097/ede.0000000000000090.
12. Shaposhnikov D, Revich B. Toward meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North. *Urban Climate*. 2016;15:16–24. DOI:10.1016/j.uclim.2015.11.007.
13. Steadman RG. Norms of apparent temperature in Australia. *Australian Meteorological Magazine*. 1994;43:1–16.
14. Rothfus LP. The heat index equation. NWS Southern Region Technical Attachment, SR/SSD 90 – 23. Fort Worth, Texas; 1990.
15. Anderson GB, Bell ML, Peng RD. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. *Environ Health Perspect*. 2013;121:1111–9. DOI:10.1289/ehp.1206273.
16. D'Ippoliti D, Michelozzi P, Marino C, de' Donato F, Menne B, Katsouyanni K, Kirchmayer U, Analitis A, Medina-Ramón M, Paldy A, Atkinson R, Kovats S, Bisanti L, Schneider A, Lefranc A, Iñiguez C, Perucci C. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environ Health*. 2010;9:37. DOI:10.1186/1476-069X-9-37.
17. Almeida SP, Casimiro E, Calheiros J. Effects of apparent temperature on daily mortality in Lisbon and Oporto, Portugal. *Environ Health*. 2010;9:12. DOI:10.1186/1476-069X-9-12.
18. Report on Wind Chill Temperature and extreme heat indices: Evaluation and improvement projects. U.S. Department of Commerce / National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, FCM-R19-2003. Washington D.C; 2003. 75 p.
19. Toronto Public Health. Health Impacts of Cold Weather. Technical Report. June 2014 [Internet]. Available from: <http://www.mississauga.ca/file/COM/Health%20Impacts%20of%20Cold%20Weather.pdf> (cited 2016 Dec 4).
20. Kunst AE, Groenhof F, Mackenbach JP. The association between two wind-chill indices and daily mortality variation in The Netherlands. *American Journal of Public Health*. 1994;84(11):1738–42. DOI:10.2105/AJPH.84.11.1738.
21. Eng H, Mercer JB. The relationship between mortality caused by cardiovascular diseases and two climatic factors in densely populated areas in Norway and Ireland. *Journal of Cardiovascular Risk*. 2000;7:369–75. DOI:10.1177/204748730000700510 7(5):369-75.
22. Carder M, McNamee R, Beverland I, Elton R, Cohen GR, Boyd J, Agius RM. The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland. *Occupational and Environmental Medicine*. 2005;62:702–10. DOI:10.1136/oem.2004.016394
23. Deschênes O, Moretti E. Extreme Weather Events, Mortality, and Migration. *The Review of Economics and Statistics*. 2009;91:659–81. DOI:10.3386/w13227.

## Сведения об авторах

Ревич Борис Александрович, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук; адрес: Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47; тел. +7(499)1291800; e-mail: revich@yeandex.ru

Шапошников Дмитрий Анатольевич, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук; адрес: Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47; тел. +7(499)1291800; e-mail: dshap@newmail.ru

## Information about the authors

Revich Boris Aleksandrovich, Institute of Economic Forecasting of Russian Academy of Sciences; Address: 47 Nakhimovsky Prospect, Moscow 117418, Russian Federation; Phone +7(499)1291800; e-mail: revich@yeandex.ru

Shaposhnikov Dmitry Anatolievich, Institute of Economic Forecasting of Russian Academy of Sciences; Address: 47 Nakhimovsky Prospect, Moscow 117418, Russian Federation; Phone +7(499)1291800; e-mail: dshap@newmail.ru

Поступила 14.12.2016 г.

Принята к печати 26.04.2017 г.

© ЦЫГАНКОВА Д. П., МУЛЕРОВА Т. А., ОГАРКОВ М. Ю., СААРЕЛА Е. Ю., КУЗЬМИНА А. А., КАЗАЧЕК Я. В., БАРБАРАШ О. Л.

УДК 616.12:616.153:616-054(-056)

DOI: 10.20333/2500136-2017-2-90-97

## ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ФАКТОРОВ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СРЕДИ ШОРЦЕВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНИВШИХСЯ УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ

Д. П. Цыганкова<sup>1,2</sup>, Т. А. Мулерова<sup>1</sup>, М. Ю. Огарков<sup>1,3</sup>, Е. Ю. Саарела<sup>2</sup>, А. А. Кузьмина<sup>1</sup>, Я. В. Казачек<sup>1</sup>, О. Л. Барбараш<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово 650002, Российская Федерация

<sup>2</sup>Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово 650002, Российская Федерация

<sup>3</sup>Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, Новокузнецк 654000, Российская Федерация

**Цель исследования.** Оценить динамику показателей основных факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (гиперхолестеринемия, гипергликемия, артериальная гипертензия, ожирение, курение и злоупотребление алкоголем) в период последнего десятилетия у коренных жителей Горной Шории, в связи с изменившимися условиями проживания.

**Материал и методы.** Исследование проводилось в экспедиционных условиях сплошным методом в два этапа. Первый этап – в период 1998–2002 гг., второй – 2012–2015 гг. Было осмотрено 631 и 434 коренных жителя, соответственно. Осмотры проводились по единой программе и стандартным методикам на фельдшерско-акушерских пунктах и в амбулаториях участковых больниц.