

Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников

ВОЛНЫ ХОЛОДА В ЮЖНЫХ ГОРОДАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И ПРЕЖДЕВРЕМЕННАЯ СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

В статье представлены результаты очередного этапа работ по оценке воздействий температурных волн на показатели смертности населения. Впервые оценена опасность волн холода для здоровья населения южных городов европейской части России. Изучены волны холода длительностью от 5 до 20 дней, во время которых температура воздуха превышала пороговое значение, установленное на основе вероятностных характеристик многолетнего распределения среднесуточных температур в каждом городе. Приведены пороги холода, определенные на основании этого подхода (в Волгограде $-12,6^{\circ}\text{C}$, Ростове-на-Дону и Астрахани $-9,4^{\circ}\text{C}$, в Краснодаре $-4,4^{\circ}\text{C}$). Исчислены показатели преждевременной смертности на 100 тыс. населения в год из-за воздействия волн холода в южных городах России. Мета-анализ риска по 4-м южным городам показал статистически значимые результаты совокупной оценки риска практически для всех изученных причин смерти, наиболее высокие значения риска установлены для заболеваний системы кровообращения в возрасте 65 лет и старше.

Введение. Современное изменение глобального климата сопровождается увеличением повторяемости (частоты) и силы волн как жары, так и холода, т.е. периодов (в пределах сезона) с экстремально высокой или низкой температурой. В последние годы после публикации доказательных эффектов волн жары на здоровье населения, особенно после жары в Европе в 2003 г. и аномальной жары в Москве и других городах европейской части России в 2010 г., это природное явление стало объектом пристального внимания специалистов в различных странах мира. В Пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [1] и Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории РФ [2] приведены результаты отечественных работ в этом направлении. Воздействие волн жары на показатели смертности населения Москвы, ряда северных и южных городов России рассмотрены во многих наших предыдущих публикациях [3-10]. На некоторых территориях (Москва, Воронежская, Самарская области) изучены не только показатели смертности, но и данные о заболеваемости, обращаемости за скорой медицинской помощью, доказывающие негативный эффект этого природного явления [11-13]. В последние годы к данной проблематике обратились и кардиологи. Ведущими российскими кардиологическими институтами – Российским кардиологическим научно-производственным комплексом Минздрава России и Государственным научно-исследовательским центром профилактической медицины – проведены исследования по воздействию жары на различные показатели сердечно-сосудистой системы [14], опубликована монография «Жара и сердечно-сосудистая система» [15].

Одновременно также проводились исследования и по оценке волн холода как фактора риска преждевременной смертности в Москве и северных городах России, проведена сравнительная оценка опасности этих двух типов волн. Известно, что аномально холодная погода стимулирует развитие заболеваний органов дыхания, особенно у детей и лиц пожилого возраста. Для ряда городов Севера России доказаны связи между смертностью от отдельных причин (заболеваний системы кровообращения, органов дыхания, пищеварения, нервной системы, травм, утопления и само-

убийств) с одной стороны, и температурой воздуха в зимнее время года [3-4; 8; 10]. За рубежом исследования по оценке воздействия низких температур проводились преимущественно в Канаде, Великобритании, Северной Европе [16, 17]. Однако в 2015 г. было опубликовано масштабное исследование по 13-ти странам (384 территории), включая и южные страны (Южную Корею, Тайвань, Таиланд, Австралию, Бразилию), результаты которого выявили более значительный риск волн холода, чем жары. Число дополнительных случаев смерти достигло 7,3% (7,02-7,49) при аномально холодной погоде и 0,42% (0,39-0,44) при жаре [18]. Поэтому задачей настоящего исследования была проверка гипотезы о влиянии волн холода на показатели смертности населения в наиболее крупных южных городах европейской части России.

Результаты расчетов. Волны холода определялись на основании метеорологических данных о среднесуточных температурах за 1999-2011 гг. по Астрахани, Волгограду, Краснодару и Ростову-на-Дону, опубликованные Росгидрометом (сайт <http://cliware.meteo.ru/meteo/>). Методы статистического анализа влияния температурных волн на показатели смертности населения и модель для определения рисков описаны в наших предыдущих статьях [8-9]. Для идентификации холодных волн использовался 3-й процентиль распределения среднесуточных температур, короткие холодные волны составили от 5 до 7 дней; длинные от 8 дней и более. Порог холода, определенный на основании этого подхода, составил: в Волгограде $-12,6^{\circ}\text{C}$, Ростове-на-Дону и Астрахани $-9,4^{\circ}\text{C}$, в Краснодаре $-4,40^{\circ}\text{C}$. Известно, что чем более континентальный климат, тем длиннее волны холода. В Краснодаре самый теплый, морской климат (пороговая $T = -4,4^{\circ}\text{C}$) и наименьшая средняя длина длинных волн: 10 дней. В Волгограде самый холодный, континентальный климат (пороговая $T = -12,6^{\circ}\text{C}$) и наибольшая средняя длина длинных волн: 14 дней. Ростов и Астрахань занимают промежуточное положение.

Мета-анализ влияния температурных волн холода на смертность населения южных городов. Результаты расчета рисков методами мета-анализа показали, что среди изученных причин смертей по основным классам (цереброваскулярные болезни, гипертония, ишемическая болезнь сердца (ИБС), другие болезни системы кровообращения (БСК), болезни органов дыхания (БОД), новообразования, внешние причины) только возрастание смертности от новообразований в возрасте выше 65 лет во время коротких волн холода было статистически недостоверно. Во время длинных волн и для ансамбля всех волн холода все оценки рисков оказываются статистически значимы, в том числе и для новообразований. Наиболее высокие риски зафиксированы для гипертонической болезни. Во время ансамбля длинных и ансамбля всех волн холода наибольший относительный риск смертности был установлен для гипертонии: смертность во время волн холода была примерно в два раза выше фонового уровня – т.е. ожидаемого в данные календарные даты в отсутствие волн холода. На втором месте по величине риска (после гипертонической болезни) оказались болезни органов дыхания: в возрастной группе 30-64 смертность от этих причин во время коротких волн холода на 70% выше фонового уровня (табл. 1).

Различия в воздействии длинных и коротких волн холода. Оценка различий в «откликах» смертности на длинные и короткие волны холода позволяет сделать определенные выводы об «эффекте жатвы» – кратковременном смещении смертности после холодных волн. Для этого сравнены риски смертности во время коротких и длинных волн холода по 8 причинам смерти в двух возрастных группах (табл. 2). В подавляющем большинстве случаев средневзвешенные риски во время коротких волн (в расчете на день холода) оказались выше, чем во время длинных волн. Исключением являются лишь показатели: «другие БСК, возраст 65+» и «все естественные причины, возраст 65+».

Таблица 1

Результаты мета-анализа рисков смертности от различных причин при воздействии волн холода в южных городах европейской части России

Возраст	Причина смерти	Относительный риск		
		<i>RR</i> mean*	<i>RR</i> lb**	<i>RR</i> ub***
30-64	Короткие волны			
	Новообразования	1,21	1,06	1,39
	Гипертоническая болезнь			
	ИБС	1,31	1,17	1,47
	Цереброваскулярные	1,39	1,19	1,64
	Другие БСК	1,45	1,17	1,78
	БОД	1,69	1,36	2,11
	Внешние	1,22	1,07	1,39
Все естественные	1,16	1,09	1,24	
65+	Новообразования	1,11	0,99	1,24
	Гипертоническая болезнь			
	ИБС	1,22	1,14	1,31
	Цереброваскулярные	1,15	1,07	1,23
	Другие БСК	1,25	1,01	1,54
	БОД	1,47	1,16	1,88
	Внешние	1,53	1,21	1,94
	Все естественные	1,11	1,07	1,16
30-64	Длинные волны			
	Новообразования	1,09	1,00	1,19
	Гипертония	1,87	1,24	2,80
	ИБС	1,20	1,12	1,29
	Цереброваскулярные	1,26	1,13	1,40
	Другие БСК	1,42	1,23	1,63
	БОД	1,18	1,02	1,37
	Внешние	1,16	1,07	1,26
Все естественные	1,11	1,07	1,16	
65+	Новообразования	1,08	1,01	1,16
	Гипертоническая болезнь	2,06	1,08	3,93
	ИБС	1,12	1,08	1,17
	Цереброваскулярные	1,12	1,08	1,17
	Другие БСК	1,27	1,13	1,44
	БОД	1,36	1,17	1,59
	Внешние	1,31	1,13	1,53
	Все естественные	1,11	1,09	1,14
30-64	Все волны			
	Новообразования	1,09	1,01	1,17
	Гипертоническая болезнь	1,82	1,28	2,60
	ИБС	1,15	1,08	1,23
	Цереброваскулярные	1,25	1,14	1,37
	Другие БСК	1,25	1,02	1,53
	БОД	1,24	1,09	1,42
	Внешние	1,16	1,08	1,25
Все естественные	1,10	1,07	1,14	
65+	Новообразования	1,07	1,02	1,11
	Гипертоническая болезнь	1,94	1,09	3,45
	ИБС	1,13	1,09	1,17
	Цереброваскулярные	1,14	1,06	1,21
	Другие БСК	1,21	1,08	1,35
	БОД	1,33	1,16	1,52
	Внешние	1,26	1,10	1,44
	Все естественные	1,10	1,06	1,15

* *RR* mean – центральная оценка.
 ** *RR* lb – нижняя граница 95% ДИ.
 *** *RR* ub – верхняя граница 95% ДИ.

Почему же короткие волны сопряжены с более высокими рисками в расчете на один день волны? Возможным объяснением является краткосрочное смещение смертности после холодных волн, которое «гасит» дальнейший прирост смертно-

сти после нескольких первых дней холода. Средняя длина короткой волны холода составила 6 дней, длинной волны - 12 дней.

Таблица 2

Сравнение рисков смертности от различных причин при воздействии коротких и длинных волн холода в южных городах европейской части России*

Возраст	Причина смерти	S_{short}	ϑ_{short}	S_{long}	ϑ_{long}	$\vartheta_{short}-\vartheta_{long}$	Стандартное отклонение разности S_{diff}
30-64	Новообразования	0,066	0,194	0,043	0,087	0,107	0,079
	Гипертония			0,203	0,625		
	ИБС	0,059	0,271	0,036	0,182	0,088	0,069
	Цереброваскулярные	0,081	0,332	0,054	0,229	0,103	0,097
	Другие БСК	0,105	0,369	0,070	0,347	0,021	0,126
	БОД	0,111	0,526	0,073	0,166	0,360**	0,133
	Внешние	0,065	0,197	0,041	0,148	0,049	0,077
Все естественные	0,032	0,152	0,020	0,106	0,046	0,038	
65+	Новообразования	0,056	0,101	0,034	0,080	0,021	0,065
	Гипертония			0,322	0,724		
	ИБС	0,035	0,198	0,021	0,118	0,080**	0,040
	Цереброваскулярные	0,034	0,137	0,020	0,116	0,021	0,040
	Другие БСК	0,105	0,220	0,062	0,243	-0,023	0,122
	БОД	0,122	0,388	0,077	0,309	0,079	0,144
	Внешние	0,119	0,427	0,077	0,273	0,154	0,142
Все естественные	0,021	0,105	0,012	0,108	-0,003	0,024	

* Здесь и далее в таблицах ϑ, s – логарифм риска и его стандартное отклонение.

** Разность статистически значима.

Оценка временных лагов. Для выяснения наиболее вероятного лага между воздействием холода и возрастанием смертности проведен анализ лагов, полученных для статистически значимых рисков в каждом из городов. Гистограмма для коротких волн, составленная в ходе исследования, очень близка к равномерному распределению на отрезке от нуля до 30 дней, т.е. лаг, сопряженный с максимальным эффектом, в случае коротких волн почти равномерно распределен на отрезке от нуля до максимально возможного, однако для длинных волн картина совершенно иная – лаги сильно сконцентрированы в начале волны (0-5 дней). Различия в характере гистограмм можно объяснить большим числом длинных волн и соответственно большим числом случаев смерти, т.е. более мощной выборкой. Поэтому результаты моделирования для длинных волн содержат больше информации о наиболее вероятном лаге и обладают более высокой статистической значимостью. Столь же информативны лаги для ансамбля всех волн, для которых гистограмма лагов по своему виду напоминает распределение Пуассона с $1 < \lambda < 2$. Большинство лагов составляют 2-3 дня, а для внешних причин смерти наиболее вероятный лаг еще меньше – от 0 до 1 дня.

Возрастные различия воздействия волн холода на смертность населения южных городов европейской части России. Для пяти причин смерти из восьми средневзвешенный риск для четырех городов оказался больше в средней возрастной группе 30-64 и лишь в трех случаях он оказался больше в старшей группе 65+. Величина разностей во всех случаях недостаточна, чтобы быть значимой. Таким образом, нет оснований считать, что риск умереть от холода для пожилых людей выше, чем для группы трудоспособного населения (табл. 3). В статье о влиянии волн жары на смертность населения южных городов европейской части России [9] было определено, что число значимых рисков для пожилых людей значительно превышало число значимых рисков для возрастной группы 30-64 года и был сделан

вывод о том, пожилые люди сильнее реагируют на воздействие жары. Для волн холода такая закономерность не подтверждена.

Таблица 3

Сравнение рисков для двух возрастных групп, для ансамбля всех волн

Причина смерти	Возраст				Разность	
	30-64		65+		s(diff)	g ₃₀₋₆₄ - g ₆₅₊
	s	g	s	g		
Новообразования	0,037	0,084	0,022	0,064	0,043	0,020
Гипертония	0,178	0,599	0,287	0,663	0,337	-0,064
ИБС	0,031	0,144	0,018	0,120	0,036	0,024
Цереброваскулярные	0,046	0,220	0,033	0,127	0,057	0,094
Другие БСК	0,101	0,221	0,056	0,190	0,116	0,031
БОД	0,067	0,218	0,067	0,282	0,095	-0,064
Внешние	0,036	0,152	0,067	0,232	0,076	-0,080
Все естественные	0,017	0,099	0,020	0,096	0,026	0,003

Сравнение рисков волн жары и холода в южных городах европейской части России. Сравнение рисков от всех волн жары и холода, вычисленных в результате мета-анализа данных о смертности, полученных в четырех южных городах, корректно, так как для идентификации волн жары и холода приняты симметричные определения – порог холода установлен на уровне 3-го перцентиля, а порог жары – на уровне 97-го перцентиля многолетнего распределения среднесуточных температур (табл. 4). Это значит, что за период исследования число дней с температурами ниже порога холода должно быть равно числу дней с температурами выше порога жары. Однако ансамбль всех волн состоит не из всех таких дней, а только из последовательностей от пяти дней подряд и более. Поэтому число дней в ансамбле волн жары будет отличаться от числа дней в ансамбле волн холода. Это связано с изменчивости погоды зимой и летом: волны холода длятся дольше, а дни с жарой, наоборот, более разрознены, что было учтено при расчете ущерба – дополнительной смертности от волн жары и холода в расчете на один год.

Таблица 4

Сравнение рисков смертности от волн жары и холода

Возраст	Причина смерти	Жара			Холод			g (heat)- g (cold)	s(diff)
		s	g	RR	s	g	RR		
30-64	Новообразования	0,046	0,187	1,206	0,037	0,084	1,088	0,103	0,059
	Гипертония								
	ИБС	0,040	0,246	1,279	0,031	0,144	1,155	0,102*	0,051
	Цереброваскулярные	0,051	0,365	1,440	0,046	0,220	1,247	0,144*	0,069
	Другие БСК	0,071	0,226	1,253	0,101	0,221	1,247	0,005	0,124
	БОД	0,080	0,286	1,331	0,067	0,218	1,243	0,068	0,104
	Внешние	0,041	0,241	1,273	0,036	0,152	1,165	0,089	0,055
	Все естественные	0,019	0,222	1,248	0,017	0,099	1,104	0,123*	0,025
65+	Новообразования	0,033	0,119	1,127	0,022	0,064	1,066	0,055	0,040
	Гипертония	0,126	0,628	1,874	0,287	0,663	1,941	-0,035	0,313
	ИБС	0,021	0,352	1,421	0,018	0,120	1,127	0,232*	0,028
	Цереброваскулярные	0,036	0,505	1,658	0,033	0,127	1,135	0,379*	0,048
	Другие БСК	0,065	0,361	1,435	0,056	0,190	1,209	0,171*	0,086
	БОД	0,081	0,417	1,518	0,067	0,282	1,325	0,136	0,105
	Внешние	0,088	0,153	1,165	0,067	0,232	1,262	-0,080	0,111
	Все естественные	0,012	0,380	1,462	0,020	0,096	1,101	0,284*	0,024

* Разность статистически значима.

В подавляющем большинстве случаев риски волн жары выше, чем риски волн холода. Гипотеза о значимости различий проверяется по величинам s и g, сами же

относительные риски приведены только для информации. Это имеет место для 13-ти показателей из 15-ти, причем для самых значимых показателей разница в рисках оказалась статистически значимой: для ИБС, цереброваскулярных и всех естественных причин в обеих возрастных группах. Это убедительный результат, который нельзя объяснить случайностью. Можно предположить, что число дополнительных смертей для населения южных городов европейской части России от волн жары будет больше, чем от волн холода. Для точного расчета фонового (ожидаемого в отсутствие волн жары или холода) уровня учтено, что смертность зимой несколько больше, чем летом, т.е. определены средняя летняя смертность с июня по август и средняя зимняя смертность с декабря по февраль. Число дополнительных смертей от волн жары в два раза больше, чем от волн холода – 8,2 (76-88) и 3,3 (95% ДИ 24-43) дополнительных смертей соответственно на 100 тыс. чел. в год.

Сравнение воздействия волн холода на смертность населения северных и южных городов. Статистическая достоверность результатов оценки рисков холодных волн для четырех южных городов европейской части России была выше, чем для четырех северных городов [8]. В определенной степени это связано с увеличением размеров выборки. Суммарное население четырех южных городов – 3,38 млн., а четырех северных городов – 1,04 млн. чел. По пяти причинам смерти (ИБС, инсульты, БОД, все внешние и все естественные причины) в двух возрастных группах сопоставлены результаты на 95-процентном уровне достоверности (табл. 5).

Таблица 5

Количество статистически значимых результатов по пяти причинам смерти в двух возрастных группах населения северных и южных городов России

Город	Ансамбли волн		
	короткие	длинные	все
Архангельск	0	6	7
Мурманск	0	2	1
Якутск	3	2	5
Магадан	1	1	2
Всего, север	4	11	15
Ростов	7	8	10
Волгоград	5	6	6
Краснодар	5	7	7
Астрахань	8	6	6
Всего, юг	25	27	29

Сопоставление эффектов разных типов температурных волн демонстрирует большую для здоровья населения опасность длинных волн. Статистически достоверные различия между рисками волн холода на севере и на юге для изученных причин смерти не выявлены.

Выводы.

1. Влияние волн холода в южных городах европейской части России на показатели смертности населения статистически достоверно по всем восьми изученным причинам смерти в двух возрастных группах.

2. Влияние коротких волн холода оказывает более сильное воздействие при расчете на день волны, чем влияние длинных волн, что, вероятно, объясняется краткосрочным смещением смертности, наступающим в конце длинных волн холода.

3. Наиболее вероятный лаг между наступлением холода и откликом смертности составляет 2-3 дня.

4. Основной вклад в дополнительную смертность во время волн холода вносят заболевания сердечно-сосудистой системы.

5. Относительный прирост естественной смертности во время волн холода составляет 10% в расчете на каждый день волны, что значительно меньше, чем во время волн жары. Дополнительная смертность от воздействия волн холода в южных городах европейской части России составила 33 случая в год на миллион населения, что в 2,5 раза меньше, чем от воздействия волн жары.

Литература

1. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part 1: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change* // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1132 p.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 1007.
3. Revich B., Shaposhnikov D. Excess Mortality During Heat Waves and Cold Spells in Moscow, Russia // *Occupational and Environmental Medicine*. 2008. Vol. 65. № 10. P. 692-696.
4. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Extreme Temperature Episodes and Mortality in Yakutsk, Eastern Siberia // *Rural and Remote Health*. 2010. 10:1338 (online).
5. Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки // *Экология человека*. 2011. № 7. С. 3-9.
6. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России // *Проблемы прогнозирования*. 2012. № 2. С.122-138.
7. Shaposhnikov D., Revich, B., Bellander T., Bedada G., Bottai M., Kharkova T., Kvasha E., Lezina E., Lind T., Semutnikova E., Pershagen G. Heat Wave and Wildfire Air Pollution related Mortality in the Summer of 2010 in Moscow // *Epidemiology*. 2014. Vol. 25. № 3. P. 359-364.
8. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Харькова Т.Л., Кваша Е.А. Температурные волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения городов в различных климатических зонах России // В монографии «Здоровье населения России: влияние окружающей среды в условиях изменяющегося климата» / Под общ. ред. акад. А.И. Григорьева. М.: Наука, 2014. С. 49-70.
9. Ревич Б.А., Шапошников Д.В., Подольная М.А., Харькова Т.Л., Кваша Е.А. Волны жары в южных городах Европейской части России как фактор риска преждевременной смертности населения // *Проблемы прогнозирования*. 2015. № 2. С. 55-67.
10. Варакина Ж. Л., Юрасова Е. Д., Ревич Б. А. и др. Оценка влияния температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999-2008 гг. // *Экология человека*. 2011. № 6. С. 28-36.
11. Гамбурцев А.Г., Сигачев А.В. Динамика вызовов скорой помощи Москвы за последние пять лет // *Вестник Российской академии наук*. 2012. Т. 82, № 5. С. 415-424.
12. Куролап С.А. Региональные особенности и прогнозные оценки влияния климатических изменений на здоровье населения Центрального Черноземья. Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): Материалы международной научной конференции. Воронеж: Научная книга, 2012. С.403-409.
13. Лифиренко Д.В. Анализ роста числа умерших среди населения Самарской области в августе 2010 г. Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Окружающая среда и здоровье». М, ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н.Сысина». М., 2012. С. 201-204.
14. Чазов Е.И., Бойцов С.А. Влияние повышения температуры воздуха на смертность населения // *Терапевтический архив*. 2012. № 1. С. 29-36.
15. Агеев Ф.Т., Смирнова М.Д., Родненков О.В. Жара и сердечно-сосудистая система. М.: Практика, 2015. С. 184.
16. Analitis A., Katsouyanni K., Biggeri A. et al. Effect of Cold Weather on Mortality: Results from 15 European Cities within the PHEWE Project. *Am. J Epidemiology*. 2008. P. 168-1397.
17. Huynen M.M., Martens A.J., Schram D. et al. The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch population. *Environ. Health Perspect*. 2001. № 109. P. 463-470.
18. Gasparrini A., Yuning G., Hashizume M. et al. Mortality Risk Attributable to High and Low Ambient Temperature: a Multicountry Observational Study. *Lancet*. Published online May 21, 2015 doi.prg/10.1016/S0140-6736(14)62114-0.