

**ВОЛНЫ ЖАРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА РИСК СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ
АРКТИЧЕСКИХ И ПРИАРКТИЧЕСКИХ ГОРОДОВ***

https://doi.org/10.29003/m821.sp_ief_ras2019/269-283

Введение. Изменения климата сопровождаются увеличением числа волн жары, вызывающими негативные эффекты со стороны здоровья населения. Наиболее быстро рост температуры происходит на арктической территории, скорость роста местами достигает $0,8^{\circ}\text{C}$. [1, с. 4]. Аномальная двухмесячная жара, наблюдавшаяся в Северной Европе летом 2018 г., вновь привлекла внимание к пока малоизученным и опасным для здоровья последствиям глобального потепления в Арктике. Основываясь на данных температурных наблюдений, метеорологи оценивают «аномальность» жары 2018 г. в приарктических районах Европы (в Северной Скандинавии) как ожидаемую реже чем один раз в 10 лет [2]. Именно в Арктике (Норвегия, Финляндия, Швеция) были зафиксированы рекордно высокие температуры воздуха за все время метеорологических наблюдений [3]. Сильнейший блокирующий антициклон, ставший причиной этой жары, может быть прямым следствием глобального потепления, поскольку оно ослабляет высотные струйные течения в атмосфере [4; 5]. Климатические модели показывают, что уже сейчас потепление климата вдвое увеличило вероятность возникновения волн жары в среднем по Северной Европе, а в некоторых районах Северной Европы, например, в Дании эта вероятность возросла до пяти раз по сравнению со сценарием без антропогенного потепления [6].

* Исследование выполнено в рамках Программы ФНИ ГАН на 2013-2020 годы. Тема 167 «Исследование динамики соотношения глобального и национального в социально-экономическом развитии и оптимизация участия России в процессах региональной и глобальной интеграции».

В условиях продолжающегося потепления население арктического и приарктического региона будет гораздо чаще страдать от волн жары, чем, скажем, население умеренных широт. Поэтому волны жары и их последствия для здоровья в арктических и субарктических городах требуют детального изучения. К сожалению, исследований волн жары и смертности, которые учитывали бы климатические различия между регионами, немного. Зависимость рисков смертности, обусловленных волнами жары, от географической широты, на которой расположены включенные в исследования города, изучалась в Китае [7]. Аналогичное исследование было предпринято в США, где изучались риски в зависимости от местного климата [8]. В четырех городах Южного Китая изучали зависимость относительных рисков смертности от всех естественных причин при достижении порогов экстремального холода и жары от географической широты. Из сравнений рисков следует, что эффект холода возрастает по направлению на север, по мере похолодания климата, но для жары подобной зависимости обнаружено не было. В США, наоборот, эффект холода не зависел от местного климата, а относительный риск жары увеличивался в тех городах, где более прохладное лето.

Зарубежные территории с субарктическим климатом включают Северную половину Скандинавии, большую часть Аляски и часть Канады к северу от 50°N . Численность населения приполярных районов мира составляет до 13-15 млн. чел. Независимо от применяемых статистических методов при исследовании влияния волн жары на смертность численность исследуемой популяции накладывает важнейшее ограничение на точность результатов оценки риска. Исследования такого рода проводятся лишь в крупных городах, где компактно проживает население, одновременно находящееся под воздействием волн жары, поэтому исследования влияния волн жары на население зарубежных арктических и субарктических территорий немногочисленны. Согласно последнему глобальному обзору опубликованных исследований влияния волн жары на здоровье [9], только в одной работе [10] приведена оценка риска волн жары на смертность населения Анкориджа на Аляске и одно исследование в Осло касалось температурной зависимости смертности [11]. Ис-

следования в Швеции проводились только в Стокгольме [12]. Как и в Швеции, канадские исследования рассматривают лишь крупные города, расположенные на юге страны.

Негативные последствия воздействия волн жары на здоровье имеют и определенное экономическое значение, снижая региональный валовой продукт в результате гибели населения трудоспособного возраста. В России это было наиболее явно показано в Москве, когда продолжительная волна жары привела к дополнительной смертности 11 тыс. человек, в т.ч. и трудоспособного возраста [13; 14]. Экономические потери в результате этого явления были весьма значительны. Используя две разные методики расчета объективной компоненты экономических потерь от одной дополнительной смерти, на основе данных о величинах ВРП Москвы на душу населения, средней заработной платы и среднестатистической продолжительности жизни мужчин и женщин определено, что потери достигли 123-249 млрд. руб., или 1,57-3,17% ВРП [15].

Цель данного исследования – анализ риска смертности от воздействия волн жары в четырех российских городах, расположенных на арктической и приарктической территории – Мурманске, Архангельске, Якутске и Магадане.

Методы. *Первичные данные.* Исследование выполнено по общепринятой в международных исследованиях волн жары методологии с использованием регрессионного анализа временных рядов среднесуточных температур и суточных показателей смертности от климатозависимых причин. Для данного исследования выбраны четыре наиболее крупных арктических и субарктических города на территории Российской Федерации. Данные о среднесуточной температуре воздуха за период исследования, который составил 18 лет с 1999 по 2016 г., были взяты с вебсайта ВНИИГМИ (<http://aisori.meteo.ru/ClimateR>) и прошли процедуры контроля качества: проверку на полноту массива и выпадающие значения.

Деперсонифицированные записи о смертности по каждому городу были получены в Росстате с указанием даты смерти, причины и возраста. В Магадане данные о смертности были доступны лишь за период 1.01.1999 по 31.12.2007. Данные о смертности были сгруппированы в пять групп причин и две возрастные группы, что дало для изучения массив из десяти

показателей. Включенные в исследование «климатозависимые» причины – это инфаркты (ишемическая болезнь сердца, ИБС, коды по МКБ-10 I20-I25), инсульты (цереброваскулярные заболевания, ЦВЗ, I60-I69), болезни органов дыхания (БОД, J00-J99), все внешние причины (V00-Y99) и все естественные причины (т.е. все причины кроме внешних). Две возрастные группы – «работоспособный» возраст от 30 до 64 лет и «пенсионный» от 65 лет и старше – такая дихотомия является общепринятой для изучения возрастных различий в реакции населения на экстремальную жару.

Идентификация волн жары. В каждом из городов был вычислен «порог жары» для среднесуточных температур воздуха и выявлены все непрерывные последовательности дней длительностью от 5 дней и более с температурами выше пороговых, которые и приняты за волны жары. Порог жары выбран на уровне 97-го перцентиля распределения среднесуточных температур за весь период исследования. Этот перцентиль «отсекает» примерно 10 самых жарких дней в году, не все из которых войдут в ансамбль волн жары, поскольку встречаются и короткие последовательности менее 5 дней подряд.

Модель для определения рисков. Величина выборки данных для исследования накладывает важное ограничение на результаты исследования. Современные статистические модели суточной смертности позволяют доказать (в статистическом смысле, разумеется), что в периоды волн жары наблюдается повышенная смертность, даже для таких популяций, в которых *среднее* число смертей в день (μ) гораздо меньше единицы. Более подробно эта модель описана в нашей предыдущей статье [16].

Для примера рассмотрим гипотетический показатель смертности с $\mu=0.4$. Пуассоновское распределение без овердисперсии (именно такое распределение можно ожидать при малых μ) ряда суточных значений почти всё будет состоять из нулей, с небольшим количеством единиц, и крайне редко встречающимися двойками и тройками. Точнее, из таблиц распределения Пуассона следует, что вероятность наблюдения нуля равна 67,0%, единицы 26,8%, двойки 5,4% (в среднем один раз в 18 дней), тройки 0,7% (в среднем один раз в 5 месяцев). Вероятность наблюдения четырех смертей в сутки равна

0,07%, или всего 4 раза за 18-летний период исследования, так что ей вовсе можно пренебречь. Приблизительно таким образом распределена смертность от инсультов в возрастной группе старше 65 лет в Якутске ($\mu = 0,38$, см. рис. 1). Этот пример позволяет представить, с какого рода первичными данными приходится иметь дело исследователю смертности в малых городах. Несмотря на «маломощность» выборки, для этого показателя в Якутске был установлен значимый прирост смертности во время волн жары, относительный прирост составил 61% (95% доверительный интервал (ДИ) 27-103%, см. табл. 2) с использованием статистической модели смертности.

В данной работе оценивались риски не индивидуальных волн жары, а ансамблей волн, в который входили все выявленные волны в данном городе за период исследования. Нулевая гипотеза формулируется относительно среднего значения смертности за все дни, принадлежащие волновому ансамблю: это значение статистически неотлично от среднего, ожидаемого в эти же календарные даты, но в отсутствие волн жары. Ожидаемое значение получается как суперпозиция многолетнего тренда и сезонной составляющей с поправкой на день недели. Многолетний тренд моделируется как сумма линейной и квадратичной функции номера дня (*day*) за весь период исследования. Сезонная составляющая моделируется как кубический сплайн номера дня в году $S(DOY, 8df / year)$ – регулярная функция с периодом в один год, имеющая примерно одну осцилляцию за полтора месяца. Для вычисления риска используется Пуассоновская обобщенная линейная модель для ожидаемого значения ежедневной смертности $E(M)$:

$$\begin{aligned} \log(E(M)) = & \beta_{lin} \times day + \beta_{quad} \times (day)^2 + \\ & + S(DOY, \frac{8df}{year}) + \beta_{DOW} \times DOW + \vartheta \times (L \cdot heat), \end{aligned} \quad (1)$$

где *DOW* и *heat* представляют собой бинарные переменные, маркирующие дни недели и обозначающие принадлежность дня к ансамблю волн жары, причем мы допускали наличие короткого лага *L* от 0 до 4 дней между экспозицией к жаре и откликом населения. Для каждого показателя смертности в каждом городе был найден «наилучший» лаг, соответствующий

максимальной величине регрессионного коэффициента ϑ , который в рамках модели (1) интерпретируются как логарифм относительного риска смертности во время данного ансамбля волн, $\vartheta = \log(RR)$. Поскольку никаких внешних ограничений на величину лага не налагается (он не должен быть одинаков в разных городах и для разных показателей смертности), это ведет к некоторому завышению рисков.

Результаты. В табл. 1 приведена описательная статистика температурного режима выбранных городов, их население и важнейшие характеристики ансамблей волн жары, города расположены с запада на восток.

Таблица 1

Численность населения и метеорологические показатели волн жары в 4-х арктических/приарктических городах

Показатель	Мурманск*	Архангельск	Якутск	Магадан
Население**, тыс. чел.	313	349	260	100
Средняя Т июля, °С	12,9	15,5	19,5	12,2
Порог жары, °С	17,2	20,8	22,9	14,0
Число дней в ансамбле волн жары	40	112	156	42
Число волн жары	6	16	18	6
Волновая доля	0,25	0,57	0,79	0,43
Ср. длина волны, дни	6,7	7	8,7	7

* В Мурманске из периода исследования были исключены 2013 и 2016 гг. из-за проблем с качеством данных о смертности.

** На середину периода исследования.

Первые три города сравнимы по численности населения, Магадан сильно выделяется в меньшую сторону, что значительно уменьшает точность оценки рисков, тем более что период исследования в этом городе был самый короткий. Также в этом городе самое холодное лето, самый низкий порог жары, причем, также самая маленькая разница между средней Т июля и порогом жары – всего около 2°С. Волновая доля – новый показатель, характеризующий «кучность» жарких дней: это отношение числа дней, входящих в ансамбль волн жары, к общему числу дней с Т выше 97-го перцентиля. По определению, эта доля должна находиться в пределах от нуля до единицы. В Мурманске эта доля самая низкая (тип климата морской, последовательности жарких дней короткие, летняя жара нестабильна), а в Якутске эта

доля самая высокая (тип климата континентальный, типичны продолжительные блокирующие антициклоны летом, поэтому жаркие дни группируются в длительные последовательности). Однако это вовсе не означает, что в Якутске и риски волн жары должны быть выше. Результаты оценки рисков волн жары приведены в табл. 2.

Как указывалось выше, чем больше среднее значение суточной смертности μ , тем выше статистическая мощность тестовой выборки и тем легче будет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии влияния волн жары на смертность. Именно поэтому данные значения приведены в Табл. 2 для сравнения рисков между городами. Например, если в Архангельске и Якутске оценочные значения риска для показателя «все естественные причины в старшей возрастной группе» $RR=1,12$ и $1,16$ статистически-значимы, то в Магадане даже более высокая оценка риска для этого показателя $RR=1,20$ оказалась незначимой.

Можно было бы ожидать, что, если расположить города в порядке убывания численности населения, то количество статистически-значимых оценок риска (из десяти полученных в каждом городе) тоже должно убывать. Проверим это, зная число жителей из Табл. 1: Архангельск – 5 значимых рисков, Мурманск – 2, Якутск – 4, Магадан – 2. Эта закономерность в целом выполняется, за исключением Мурманска. В этом городе не было получено ни одной статистически-значимой оценки риска даже для наиболее чувствительной к жаре старшей возрастной группы, но причины этого явления пока не ясны. Мурманск выделяется как город с очень короткими последовательностями жарких дней и наименьшим числом волн жары, в трех других городах возрастные различия одинаковы. В старшей возрастной группе больше значимых рисков, чем в средней: в Архангельске это соотношение равно 4:1; в Якутске 3:1 и в Магадане 1:1. По абсолютной величине риски, как правило, выше в старшей группе, если сравнивать пары рисков для одной и той же причины, но разных возрастов в данном городе. Особенно наглядно для всех пяти причин смертности это видно по Архангельску.

Таблица 2

Средние значения суточной смертности (μ) и относительные риски (RR) во время волн жары

Показатель	Мурманск		Архангельск		Якутск		Магадан	
	μ	RR (95% ДИ)	μ	RR (95% ДИ)	μ	RR (95% ДИ)	μ	RR (95% ДИ)
Возрастная группа 30-64 лет								
ИБС	1,33	1,08 (0,87 1,33)	0,87	1,03 (0,87 1,21)	0,34	1,04 (0,79 1,34)	0,31	1,27 (0,75 2,14)
ЦВЗ	0,57	1,11 (0,78 1,58)	0,30	<1**	0,21	1,27 (0,91 1,77)	0,19	1,34 (0,70 2,54)
БОД	0,25	1,66* (1,09 2,55)	0,23	<1**	0,13	1,33 (0,88 1,99)	0,12	1,33 (0,58 3,03)
Все внешние	0,89	1,32* (1,04 1,67)	0,86	1,18* (1,02 1,36)	0,66	1,27* (1,07 1,50)	0,45	1,04 (0,66 1,63)
Все естеств.	4,41	1,09 (0,95 1,24)	4,53	1,08 (0,98 1,18)	2,07	1,03 (0,92 1,15)	1,35	1,35* (1,06 1,71)
Возрастная группа старше 65 лет								
ИБС	1,75	1,01 (0,79 1,28)	2,53	1,14* (1,01 1,29)	0,77	1,03 (0,83 1,26)	0,31	<1**
ЦВЗ	1,60	1,14 (0,90 1,44)	0,95	1,27* (1,11 1,43)	0,38	1,61* (1,27 2,03)	0,25	1,50 (0,87 2,59)
БОД	0,09	1,39 (0,57 3,41)	0,34	1,54* (1,08 2,19)	0,10	1,59* (1,00 2,55)	0,07	2,55* (1,15 5,60)
Все внешние	0,13	1,63 (0,85 3,12)	0,28	1,26 (0,89 1,77)	0,07	<1**	0,05	1,37 (0,42 4,46)
Все естеств.	5,02	1,03 (0,90 1,19)	6,96	1,12* (1,04 1,20)	2,39	1,16* (1,04 1,28)	1,12	1,20 (0,91 1,57)

* Статистически-значимый риск ($p < 0,05$).

** Моделная оценка риска при всех лагах: меньше единицы, доверительный интервал не вычисляется.

Обозначения: ИБС – ишемическая болезнь сердца, инфаркты; ЦВЗ – цереброваскулярные заболевания, инсульты; БОД – болезни органов дыхания.

Наиболее статистически-значимые оценки рисков дополнительной смертности получены по внешним причинам в возрастной группе 30-64 лет и БОД в возрастной группе ≥ 65 лет для этих двух показателей были получены значимые оценки рисков в трех городах из четырех. По абсолютной величине рисков БОД в возрастной группе ≥ 65 лет дал наибольшие приросты смертности: 54% в Архангельске, 59% в Якутске и даже 155% в Магадане. Это тоже можно считать сходством между городами. Кстати, и в Мурманске риск БОД был максимален, но только в средней возрастной группе: прирост составил 66%. В целом, для болезней органов дыхания получены самые убедительные результаты по доказательству влияния волн жары.

Что касается различий между городами, то наибольшие по величине риски из четырех локальных оценок, как правило, были установлены в Магадане. Конечно, не для всех 10 изученных показателей, но для шести из них: для ИБС, ЦВЗ, БОД и всех естественных причин в возрасте 30-64 года, а также для БОД и всех естественных причин в возрасте ≥ 65 лет. Это весьма убедительный результат, который невозможно объяснить случайными совпадениями. Можно считать, что в Магадане влияние волн жары проявилось сильнее всего. На втором месте по величине рисков стоит Мурманск, но лишь в возрастной группе 30-64 года. При этом речь не идет о статистически-значимых различиях, поскольку доверительные интервалы всех полученных оценок риска недостаточно узки для этого. В условиях высокой неопределенности большое значение приобретает именно количество сообщаемых статистически-независимых оценок рисков. Поэтому в исследование было включено десять показателей смертности.

Обсуждение. В данном исследовании было установлено, что в Магадане и Мурманске риски, как правило, выше, чем в Архангельске и Якутске. В этой связи интересно отметить, что именно в Магадане был установлен самый низкий порог жары (самое холодное лето), а Мурманск на втором месте снизу по этому показателю. Значит ли это, что чем холоднее, тем выше риски жары? Скорее всего, такой вывод был бы преждевременным. Сошлемся на результаты предыдущих исследований

различий реакции «северного» и «южного» городского населения на продолжительные эпизоды экстремальной жары.

Приведем два примера. Замечательное сравнение рисков волн жары в Северной Европе и Средиземноморье было недавно выполнено на примере Стокгольма и Рима [17]. В южных городах риски жары гораздо значительнее. Например, смертность в возрастной группе свыше 50 лет в дни с волнами жары увеличивалась в Стокгольме на 8% (95% ДИ: 3-12%) по сравнению с такими же днями без волн жары. Аналогичный прирост в Риме составил 22% (95% ДИ: 18-26%).

Второй пример касается наших предыдущих работ, где с помощью той же статистической модели были получены оценки относительных приростов смертности во время волн жары в четырех крупнейших городах юга Европейской части России (Ростов-на-Дону, Астрахань, Краснодар, Волгоград). Затем с помощью методов мета-анализа (т.е. с учетом дисперсии локально-специфичных оценок) была получена средневзвешенная оценка [18]. Средневзвешенная оценка (табл. 3) была уместна для южных городов потому, что климат в этих городах не очень существенно различается.

В данной работе выбраны четыре северных города, находящихся в настолько различных природно-климатических зонах, что в табл. 3 приведены только локально-специфические оценки, причем лишь те из них, которые достоверны на 95-процентном уровне. В противном случае, когда оценка риска недостоверна, нулевую гипотезу об отсутствии риска нельзя отвергнуть, и сравнивать величины рисков было бы не вполне корректно.

Как видно из табл. 3, нельзя сделать вывода о каких-либо различиях между севером и югом, Задав вопрос «больше ли риск на юге?», получаем, что количество ответов «нет» примерно равно количеству ответов «да» (6 к 7). В упомянутой выше китайской работе также не было получена зависимость величины рисков жары от географической широты четырех городов, включенных в исследование [7].

В заключение этого раздела обратим внимание на влияние численности населения на достоверность полученных оценок рисков.

Таблица 3

Сравнение оценок рисков, полученных в южных и арктических городах

	Южн. города	Мурманск	Архангельск	Якутск	Магадан	Мурманск	Архангельск	Якутск	Магадан
	<i>Относительный риск смертности (RR)</i>								
ИБС	1,28*								
ЦВЗ	1,44*								
БОД	1,33*	1,66*	1,18*	1,27*	1,35*	нет	да	да	нет
Все внешние	1,27*	1,32*				нет			
Все естеств.	1,25*								
ИБС	1,42*		1,14*	1,61*	2,55*		да	да	нет
ЦВЗ	1,66*		1,27*	1,59*			да	да	нет
БОД	1,52*		1,54*				нет	нет	нет
Все внешние	1,17								
Все естеств.	1,46*		1,12*	1,16*			да	да	да

Для наглядности рассмотрим прирост смертности от всех естественных причин в возрастной группе старше 65 лет во время волн жары в четырех южных городах (Ростов-на-Дону, Астрахань, Краснодар, Волгоград) составила 38% (95% ДИ: 33-43%), а в четырех северных (тех самых, которым посвящена настоящая работа) составила 10% (95% ДИ -4% – 24%). Отрицательная нижняя граница ДИ означает, что риск не значим. Почему даже для совокупного населения четырех северных городов этот риск не достиг значимого уровня? Важнейшая причина этого – недостаточная статистическая мощность выборки данных о суточной смертности населения. Сравнение доверительных интервалов приведенных выше двух оценок показывает, что оценка риска в южных городах достаточно точна, относительная стандартная ошибка (RSE) равна=0,07, а в северных городах, наоборот, неопределенность оценки риска высока (RSE=0,7), в десять раз больше. При этом совокупное население четырех южных городов на середину 13-летнего периода исследования составило 3,38 млн., а совокупное население четырех северных городов на середину 9-летнего периода исследования составило всего 1,04, т.е. было в три раза меньше. Этот результат подтверждает сделанный нами ранее вывод о том, что при сопоставимых периодах исследования $RSE \sim 1/\sqrt{N}$, где N – совокупное население [19, 20].

Негативное воздействие волн жары на здоровье населения требует принятия соответствующих мер защиты. Впервые это было осознано во Франции, когда аномальная жара 2003 г. привела к значительному росту смертности населения, в т.ч. и в Париже. На правительственном уровне был разработан план действий, который на местах должен был быть реализован с учетом особенностей климата. После этой ситуации Всемирная организация здравоохранения открыла новое направление в своей деятельности по защите здоровья населения от климатических рисков, а Европейское Бюро этой организации инициировало серию проектов по различным странам. В России такой проект при финансовой поддержке Европейского Бюро ВОЗ был реализован в Архангельской области и Ненецком автономном округе. Результатом этого проекта стало усиление взаимодействия различных секторов управления, укрепление

лабораторной службы надзорных органов, активная информационная деятельность различных масс-медиа. Для своевременной подготовки к наступлению аномальной жары важное значение имеет развитие ранней системы оповещения и такая работа была начата Гидрометцентром России в 2009 г. В рамках международного консорциума была разработана новая система мезомасштабного численного моделирования погоды, и поэтому реальны прогнозы погоды на срок до 5 суток, то есть будет возможность заблаговременно подготовиться к температурным волнам, опасным для здоровья населения. Более того, к 2025 г. Европейский центр среднесуточных прогнозов погоды планирует подготовить оперативную модель с шагом сетки 2 км [21], что позволит в мегаполисах получить прогнозы погоды по десяткам и сотням территориальных единиц, например, в Москве в пределах МКАД по 220 точкам.

От волн жары в наибольшей степени страдают люди пожилого возраста, особенно с хроническими заболеваниями, инвалиды и другие лица со сниженной мобильностью, группы населения низкого социально-экономического статуса. Поэтому в планы адаптации к неблагоприятным последствиям климата включают целый блок различных медико-организационных мероприятий: создание «горячей» линии, дополнительные экипажи скорой помощи, привлечение волонтеров для посещения жилищ одиноких пожилых людей с хроническими заболеваниями и другие. Особый интерес представляет опыт работы московских кардиологов научного медицинского центра кардиологии Минздрава России, где разработана система комплексной профилактики осложнений сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Эта проблема особо актуальна именно для кардиологов по двум причинам. Во-первых, ССЗ ассоциируются с увеличением риска смертности во время волн жары наряду с психическими заболеваниями и возрастом старше 80 лет. Во-вторых, волны жары ведут к резкому росту сердечно-сосудистых осложнений (ССО). Причем основной вклад в дополнительную заболеваемость и смертность вносят нарушения ритма сердца, гипертонические кризы, декомпенсация хронической сердечной недостаточности. Даже короткие волны жары продолжительностью 3-5 дней, без которых не обходится

ни одно московское лето, приводят к увеличению числа ССО у больных ССЗ в 4,5 раза [22]. На ухудшение самочувствия во время коротких волн жары жалуется почти половина пациентов кардиолога. Поэтому кардиологи предлагают использование во время волн жары препаратов с адаптогенными свойствами: мeldonия, солей калия и магния и т.д. [23].

Выводы. При продолжении работ по установлению различий в реакции местного населения на волны жары в контексте региональных прогнозов глобального потепления, малая численность арктических и приарктических популяций останется важнейшим ограничением. Порог для минимальной численности населения, для которой вообще возможно доказать влияние «обычных» (не аномальных) волн жары, составляет 100 тыс. чел.

Вторым выводом является целесообразность использования локально-специфических (а не абсолютных) порогов жары в такого рода исследованиях. При этом установленные различия в реакциях местного населения, обусловленные множеством причин, затрудняют распространение результатов на всю Арктическую зону РФ.

Литература и информационные источники

1. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Изменения климата в Арктике: место климатической науки в планировании адаптации / Под ред. В.М. Катцова. Росгидромет. Санкт-Петербург: Д АРТ: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2017. 104 с.
2. World Weather Attribution, Heatwave in northern Europe, summer 2018, 28 July 2018 <https://www.worldweatherattribution.org/attribution-of-the-2018-heat-in-northern-europe/>
3. World Meteorological Organization (WMO) press release of July 1, 2018. July sees extreme weather with high impacts. <https://public.wmo.int/en/media/news/july-sees-extreme-weather-high-impacts>
4. Peña Ortiz, C., Gallego, D., Ribera, P., Ordonez, P., Alvarez-Castro, M. (2013). Observed trends in the global jet stream characteristics during the second half of the 20th century. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)*. 118. 2702-2713. 10.1002/jgrd.50305.
5. Coumou D., Di Capua G., Vavrus S., Wang L., Wang S. (2018) The influence of Arctic amplification on mid-latitude summer circulation. *Nature Communications* volume 9, Article number: 2959. DOI: 10.1038/s41467-018-05256-8
6. Schiermeier O. (2018). Droughts, heatwaves and floods: How to tell when climate change is to blame. *Nature*. 560 (7716): 20-22. doi:10.1038/d41586-018-05849-9
7. Bao J., Wang Z., Yu C., Li X. (2016). The influence of temperature on mortality and its Lag effect: a study in four Chinese cities with different latitudes. *BMC Public Health* 16 (1).
8. Medina-Ramon, M., Schwartz, J., (2007). Temperature, temperature extremes, and mortality: a study of acclimatisation and effect modification in 50 US cities. *Occup. Environ. Med.* 64 (12). P. 827-833.
9. Campbell S, Remenyi TA, White CJ, Johnston FH. (2018). Heatwave and health impact research: A global review. *Health & Place*. Sep; 53: 210-218. doi: 10.1016/j.healthplace.2018.08.017
10. Gasparrini A. and B. Armstrong. The impact of heat waves on mortality // *Epidemiology*. 2011. № 22: 68-73.

11. Nafstad P, Skrondal A, Bjertness E. Mortality and temperature in Oslo, Norway, 1990-1995 // *Eur J Epidemiol*. 2001. 17(7). P. 621-627.
12. Åström C. (2017). Health effects of heatwaves: short and long term predictions (PhD dissertation). Umeå Universitet, Umeå. Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-134318>
13. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Авалиани С.Л. Рубинштейн К.Г., Емелина С.В., Ширяев М.В., Семутникова Е.Г., Захарова П.В., Кислова О.В. Опасность для здоровья населения Москвы высокой температуры и загрязнения атмосферного воздуха во время аномальных погодных явлений // *Гигиена и санитария*. 2015. № 1. С. 36-40.
14. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Периасен Г. Новая эпидемиологическая модель по оценке воздействия аномальной жары и загрязненного атмосферного воздуха на смертность населения (на примере Москвы 2010 г.) // *Профилактическая медицина*. 2015. № 5. С. 15-19.
15. Порфирьев Б.Н. Экономическая оценка людских потерь в результате чрезвычайных ситуаций // *Вопросы экономики*. 2013. № 1. С. 46-68.
16. Шапошников Д.А., Ревич Б.А. (2018). О некоторых подходах к вычислению рисков температурных волн для здоровья // *Анализ риска здоровью*. № 1. с. 22-30
17. Åström D, Schifano P, Asta F, et al. The effect of heat waves on mortality in susceptible groups: a cohort study of a mediterranean and a northern European City // *Environ Health*. 2015. № 14. Mar 29. doi:10.1186/s12940-015-0012-0
18. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Анисимов О.А., Белоуцкая М.А. Волны жары и холода в городах, расположенных в арктической и субарктической зонах, как факторы риска повышения смертности населения на примере Архангельска, Мурманска и Якутска // *Гигиена и санитария*. 2018. № 97(9). С. 791-798. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798>
19. Revich B.A, Shaposhnikov D.A., Podol'naya M.A., Khar'kova T.L. and Kvasha E.A. Heat Waves in Southern Cities of European Russia as a Risk Factor for Premature Mortality // *Studies on Russian Economic Development*. 2015. Vol. 26. Issue 2. Pp. 142-150. doi: 10.1134/S1075700715020100
20. Shaposhnikov D.A., Revich B.A. (2016). Towards meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North // *Urban Climate*. 2016. № 15. Pp. 16-24. doi: 10.1016/j.uclim.2015.11.007
21. Вильфанд Р.М., Киктев Д.Б., Ривин Г.С. На пути к прогнозу погоды для мегаполисов. В кн: Сборник тезисов докладов международной конференции, посвященной столетию со дня рождения академика А.М. Обухова. «Турбулентность, динамика атмосферы и климата». Долгопрудный: Физматкнига, 2018: С. 7.
22. Смирнова М.Д., Агеев Ф.Т., Свирида О.Н., Коновалова Г.Г., Тихазе А.К., Ланкин В.З. Влияние летней жары на состояние здоровья пациентов с умеренным и высоким риском сердечно-сосудистых осложнений // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2013. № 12(4). С. 56-61. doi:10.15829/1728-8800-2013-4-56-61.
23. Агеев Ф.Т., Смирнова М.Д., Свирида О.Н., Кузьмина А.Е., Шаталина Л.С. Влияние приема кардиологических препаратов на адаптацию к высоким температурам больных сердечно-сосудистыми заболеваниями в условиях жаркого лета 2010 г. // *Терапевтический архив*. 2013; № 3(85). с. 63-69. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18967561> (дата доступа 29.04.2019).