

УДК 551.524.32(571.620)

ВОЛНЫ ХОЛОДА: ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ И ПРИМЕРЫ ДЛЯ ХАБАРОВСКА

Е.А. Григорьева

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: eagrigor@yandex.ru

Приведен критический обзор научной литературы по определению волн холода. На примере г. Хабаровска за период 1999–2017 гг. выявлены эпизоды с экстремально низкими температурами. Использовались два подхода к определению волн холода: пороговые значения 3% процентилля многолетнего годового распределения среднесуточных температур, рассчитанных как среднее за 8 сроков наблюдения, и 2,5% процентилля – среднесуточных температур, рассчитанных как среднее между минимальной и максимальной за сутки. Показано, что волны холода регистрируются в основном в декабре и январе; больше всего волн отмечается в период с 10 по 20 января; в феврале температурный фон заметно повышается, и экстремальные понижения температуры регистрируются значительно реже. Зима 2010–2011 гг. была самой холодной за весь исследуемый период: в январе выявлена волна длительностью 11 дней с суммарным превышением отрицательных температур над пороговым значением 43,5°C и минимальной температурой –40,0°C 14 января 2011. Для динамики минимальных, средних и максимальных температур зимнего сезона установлено отсутствие выраженного тренда, но межгодовые вариации могут достигать ±6°C. Климатическая экстремальность заметно меняется в течение периода исследований, но в целом редко выходит за пределы двух среднеквадратических отклонений.

Ключевые слова: волны холода, температура воздуха, зимний сезон, временная динамика, Хабаровск.

Волна холода – это опасное явление природы, которое затрагивает жизнедеятельность человека в разных аспектах: это и энергетическое хозяйство, и сельскохозяйственная деятельность, и обеспеченность водными ресурсами и, что очень важно, – влияние на здоровье человека [1, 3–5, 14–18, 22, 23–31, 33–34, 36–51, 54].

Словосочетание «волна холода» впервые было использовано в Соединённых Штатах Америки в 19 в. для определения такого изменения погоды, при котором «на крайнем северо-западе или, реже, севере зарождается область низких температур воздуха, не остающаяся подолгу на одном и том же месте. Эта область обнаруживает обыкновенно весьма ясно выраженное поступательное движение, постепенно и последовательно передвигаясь к юго-востоку; район пониженных температур перемещается, подобно волне, с места на место» [10], при этом на значительном пространстве регистрируется быстрое падение температуры воздуха не меньше чем на 11°C. Первым изучил и описал этот феномен Т. Вудруф [53, цит. по: 52].

Впервые в России явление упомянуто в кон-

це 19 в. проф. Б.И. Срезневским [20] для описания резких понижений температуры продолжительностью около трёх дней, зарождающихся в Лапландии и продвигающихся с наблюдаемой у поверхности скоростью ветра вплоть до Оренбурга и Омска и в отдельных случаях – до Иркутска.

В Российском гидрометеорологическом энциклопедическом словаре дано определение, в соответствии с которым волна холода – это «резкое понижение температуры, связанное с вторжением холодной воздушной массы» [19, с. 155]. В организме человека холод вызывает ответную стрессовую реакцию, приводя к чрезмерному напряжению системы терморегуляции организма, повышая в целом риск заболеваемости и смертности, особенно от заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем [3, 9, 30, 33, 36–38, 45, 48].

В последнее время отмечается рост заинтересованности в исследовании экстремальных изменений температуры, в первую очередь воздействия волн жары на здоровье – повышенную смертность и заболеваемость [3, 5, 14, 15, 17, 18, 26, 34, 42]. В то же время актуальным и значимым,

особенно для территории России, остаётся необходимость в изучении холодных волн и их влияния на организм человека. И здесь важно определиться с главным вопросом – как выявлять волну холода.

Во-первых, необходимо обозначить, какую температуру следует брать за основу для исследований. Это может быть минимальная, максимальная или среднесуточная температура, при этом последняя используется чаще всего [3, 15, 16, 22, 34, 54]. С одной стороны, высказывается мнение, что именно осреднённая за сутки температура может служить «мерой температурного стресса на организм человека» [15, с. 126]. В то же время минимальные температуры определяют экстремальные понижения, которые сохраняют воздействие на здоровье в течение последующего времени [4, 7, 32, 33, 39–41], а максимальные характеризуют температурный фон в дневное время, когда человек находится длительно вне помещения под непосредственным влиянием холодного воздуха [36, 49].

Есть работы, в которых за основу берётся один основной показатель, например, среднесуточная температура, а второй – в качестве дополнительного, уточняющего; в случае холодных волн чаще всего это минимальная за сутки температура [1, 33]. Встречаются также исследования, в которых предлагается рассматривать не реальную, а ощущаемую температуру, т.е. скорректированную дополнительно на сочетанное влияние других метеофакторов, таких как влажность воздуха, ветер, облачность, атмосферное давление: это могут быть ветро-холодовой индекс, или ощущаемая температура со Стедману, или физиологически эквивалентная температура и т.д. [18, 26].

Во-вторых, в литературе нет единого мнения, какое изменение температуры считать экстремальным с точки зрения здоровья человека. Предлагаются различные количественные подходы к определению волн холода, которые можно, следуя разработанной ранее классификации методов, используемых для диагностики волн жары [5], разделить на две категории.

Прежде всего, это количественные абсолютные величины, т.е. отклонение на некоторое постоянное значение в сторону понижения от порогового показателя [5–7, 11, 13, 20, 32, 33, 36]. В качестве базы или порога чаще всего используется норма для данного климата, т.е. осреднённая за, например, период с 1961 по 1990 гг. величина для определённого дня, месяца, зимы или холодного времени года в целом.

Вторая и существенно бóльшая по числу случаев использования категория – количественные относительные показатели. Это и отклонение от базового значения как на кратную среднеквадратическому отклонению величину [15, 21], так и на некоторый критический процентиль многолетнего распределения взятой за основу температуры [3–5, 22, 25, 26, 28, 34, 39, 41, 42, 45, 51, 54]. Чаще всего это ряд температур за год в целом, или за холодный сезон, или за зимние месяцы.

В любом случае в количественных подходах анализируется длительность волны с уточнением, что за волну принимается отклонение температуры определённого числа дней. В отдельных случаях даётся словесная характеристика интенсивности в зависимости от количества последовательных дней с экстремальными температурными показателями. С.В. Морозова [13] считает волной понижение среднесуточной температуры на 5°C и более в течение не менее 2 дней и классифицирует перепады температуры на величину больше 10°C как интенсивные волны. В работах Б.А. Ревича с соавт. волной считается понижение температуры ниже пороговой величины в течение периода от 5 дней; при этом волны, наблюдающиеся в течение периода от 5 до 8 дней, называются короткими, а от 8 дней и выше – длинными [45, 50].

Кроме длительности анализируются и некоторые другие характеристики волны: время возникновения волны от начала сезона [25]; минимальная температура в волне [14]; интенсивность волны, т.е. суммарное количество градусов ниже порогового значения [25; 51]; даты резких перепадов температуры [12]; «волновая доля», т.е. отношение числа дней в волне к общему числу дней с температурами ниже базовых [18]; фактор избыточного холода как осреднённая за период волны суммарная разность от порогового значения [42, 51]; латентный период как сдвиг по времени воздействия на организм человека [40] и другие. Также изучаются дополнительные или способствующие развитию волны и влиянию на здоровье человека параметры, такие как средняя температура зимы [51]; загрязнение атмосферы [30, 38, 49].

Кроме в целом неблагоприятного влияния низкого температурного фона на здоровье человека кратковременные понижения температуры до экстремальных значений отражаются в повышенных уровнях заболеваемости и смертности населения – как общей, так и от некоторых климатозависимых причин. Особо уязвимыми и находящимися в группе наибольшего риска считаются дети, лица старшей возрастной когорты, больные

с заболеваниями сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной систем [18, 30, 38, 40, 47–49].

В табл. 1 систематизирована информация по определениям волн холода и их последствиям для здоровья человека. Включены следующие сведения: приведено определение и данные по источ-

нику литературы; место – страна и(или) населённый(ые) пункт(ы), где прошла апробацию данная методика; период, в который проводилось исследование; выявленное воздействие на здоровье человека.

Таблица 1

Обзор определений, используемых в мировой литературе для волн холода, и их последствия для здоровья человека

Table 1

Review of definitions used for cold waves and their effects on human health

Определение и источник	Страна (место)	Период исследований	Последствия для здоровья
Количественные характеристики (абсолютные)			
Понижение температуры на 10°C и более за сутки [20]	Россия		
Период с низкими температурами, когда среднесуточная температура ниже нормы на 5°C и более [6]	СССР		
Понижение среднесуточной температуры на величину от 5°C более в течение не менее двух дней; перепад на величину более 10°C – интенсивная волна [12, 13]	Россия, Нижнее Поволжье	2005–2010	
Период в течение 5 последовательных дней со среднесуточной температурой на 5°C ниже среднесуточной за холодный сезон (ноябрь–март) [7]	Россия, Барнаул	1959–2005	
Период в течение 5 последовательных дней с минимальной температурой на 5°C ниже среднесуточной за данный день [8]	Россия, Алтайский край	1961–1990	
Период, когда в течение 9 последовательных дней наблюдается понижение минимальной температуры порога –5°C; в это время по крайней мере шесть дней должна регистрироваться минимальная температура ниже –10°C [33]	Нидерланды		Превышение кардиореспираторной смертности среди лиц старшего возраста на 12,8%
Период, когда в течение не менее 3 последовательных дней наблюдаются максимальные температуры ниже порога –3,5°C [36]	Чехия	1986–2006	Январь 1987: +274 смертей от кардиоваскулярных причин; показатели смертности наиболее выражены у мужчин среднего возраста (25–59 лет)
Период в течение нескольких дней или недель с минимальной температурой на 5°C ниже нормы (1961–1990) для холодного периода [32]	Ирландия	2009–2010	
Период в течение холодного сезона с ноября по март с максимальной температурой ниже 5°C [31]	Мадрид	1986–1997; 2001–2009	Группа 65+ наиболее уязвима

Определение и источник	Страна (место)	Период исследований	Последствия для здоровья
Количественные характеристики (относительные)			
Понижение температуры на более чем два среднеквадратических отклонения в течение периода от двух дней и более [21]	СССР		
Период, когда в течение 9 последовательных дней наблюдается понижение среднесуточной температуры ниже 3% процентиля; в это время по крайней мере в течение шести дней должна регистрироваться температура ниже 1% процентиля многолетнего распределения среднесуточных температур [44]	Москва	2000–2006	Две волны 2006: превышение смертности в возрастной группе 75+ на 9.9% и 8.9%, соответственно
Период с минимальной температурой ниже 5% процентиля многолетнего распределения температур холодного сезона (с ноября по март) [41]	Испания, Кастилия-Ла-Манча	1975 – 2003	Превышение смертности +10% на каждый градус ниже пороговой температуры
Период не менее 7 дней, в течение которого среднесуточная температура ниже 3% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры [37]	Китай, Шанхай	2001–2009	2008 г.: превышение смертности +13% (95% CI: 7–19%); относительный риск кардиоваскулярной смертности OR = 1.21 (95% CI: 1.12–1.31)
Период в течение не менее 5 последовательных дней со среднесуточной температурой ниже 5% процентиля многолетнего распределения зимних температур (с декабря по февраль); среднесуточная температура считается как средняя от минимальной и максимальной за сутки [54]	Китай	2006–2010	Январь–февраль 2008 г.: превышение смертности +43.8% (95% CI: 34.8%–53.4%)
Период в течение не менее 2 последовательных дней с минимальной за сутки температурой ниже 1–5% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры [25]	США, 99 городов	1987–2000	Незначительное превышение смертности
Период в течение более 3 последовательных дней со среднесуточной температурой ниже 10% процентиля многолетнего распределения (1995–2010) температуры февраля [28]	Италия, 15 городов	2012	Превышение смертности (+25%)
Период не менее 3 последовательных дней с минимальной за сутки температурой ниже 5% процентиля многолетнего распределения зимних температур (с декабря по февраль) [4, 14]	Россия	1961 – 1990; 1991 – 2010	

Определение и источник	Страна (место)	Период исследований	Последствия для здоровья
Период в течение не менее 5 последовательных дней со среднесуточной температурой ниже 3% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры [3]	Архангельск	1999–2008	Прирост смертности от инфарктов и всех естественных причин в обеих возрастных группах, инсультов в группе старше 64 лет, внешних причин в группе 30–64 лет
Период в течение не менее 5 последовательных дней со среднесуточной температурой ниже 3% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры; 5–7 дней – короткие волны; от 8 и более – длинные [16, 17, 50]	Архангельск, Мурманск, Якутск, Магадан [50]; Астрахань, Волгоград, Краснодар, Ростов-на-Дону [15]; Братск, Барнаул, Иркутск, Кемерово, Красноярск, Чита [16]	1999–2007 [50]; 1999–2011 [15]; 1999–2015 [16]	Приросты смертности от естественных причин при воздействии волн холода составили 7,3% (1,1–13,8) и 6,3% (1,7–11,2) для возрастных групп 30–64 лет и старше 64 лет, соответственно [16]
Период в течение не менее 5 последовательных дней со среднесуточной температурой ниже 3% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры [22]	Красноярск	1999–2005, 2010–2014	Показатели относительного риска смертности от болезней органов кровообращения выше, чем от других причин смертности
Период, в течение которого среднесуточная температура ниже 2,5% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры; среднесуточная температура считается как средняя от минимальной и максимальной за сутки [34]	Австралия, Бразилия, Канада, Китай, Япония, США, Ю. Корея, Испания, Италия, Швеция, Тайвань, Таиланд, Великобритания	1985 – 2012	Превышение общей смертности на +7,29% (95% (CI), 7,02–7,49)
Период, в течение которого среднесуточная температура ниже 3% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры [51]	США, 209 городов	1962–2006	Риск смертности усиливается с увеличением длительности и интенсивности волн

Продолжение таблицы 1
Continued Table 1

Определение и источник	Страна (место)	Период исследований	Последствия для здоровья
Период не менее 2 дней, в течение которого среднесуточная температура ниже 5% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры [51]	США, 209 городов	1962–2006	Увеличение риска смертности; отсроченное воздействие ВХ сильнее, чем сама волна
Период от 1 до 5 дней и более, в течение которого максимальная температура ниже 5% процентиля многолетнего распределения максимальной температуры; сопутствующий фактор – загрязнение атмосферы [49]	Гонконг	2002–2011	Гипертоническая болезнь, инсульт, застойная сердечная недостаточность, ХОБЛ и пневмония; 85 и старше: OR=1,33 (95% CI), 1,22–1,45)
Период не менее 3 дней, в течение которого среднесуточная температура ниже 10% процентиля многолетнего распределения среднесуточной температуры холодного сезона (с ноября по март) [42]	Румыния	1961–2015	
Период, в течение которого минимальная температура ниже 7% процентиля многолетнего распределения минимальной температуры холодного сезона (с ноября по март) [39]	Литва, Вильнюс	2009–2015	Превышение общей смертности на 10% на каждый градус понижения температуры, для ССС – 11%, для респираторной смертности – 20%
Период с экстремально низкой температурой ниже 1% процентиля многолетнего распределения среднесуточных температур, по сравнению с периодом, когда температура ниже 10% процентиля [38]	Китай, Пекин	2009 – 2012	Респираторная заболеваемость среди детей в возрасте ≤ 15 лет, ОР=1,96 (95% CI, 1,70–2,26); в целом женщины более чувствительны, чем мужчины
Период с физиологически эквивалентной температурой (PET) ниже 5% процентиля многолетнего распределения PET в течение 6 дней и более [26]	Сербия, Новый Сад	1949 – 2012, 1981 – 2012	
Период со среднесуточной температурой ниже 3% процентиля распределения температур за время исследования; период с ветро-холодовым индексом ниже 3% многолетнего распределения индекса [17, 18]. В Мурманске сильнее статистическая связь между дополнительной смертностью и значениями ветро-холодового индекса; в Якутске – связь между дополнительной смертностью и значениями температуры [18]	Братск, Барнаул, Иркутск, Кемерово, Красноярск, Чита [16]; Архангельск, Мурманск, Якутск [17]	1999–2014 [16]; 1999–2016 [17]	Влияние показателей смертности более выражено в старшей возрастной группе; в целом основной вклад – болезни органов кровообращения

Итак, огромное разнообразие научной литературы по поднимаемой проблеме влияния волн холода на здоровье человека позволяет выделить климатические количественные подходы к выявлению экстремально холодных эпизодов; в свою очередь они разделяются на использующие абсолютные и относительные отклонения от пороговых величин. Недостатком первой части подходов является проблематичность сравнения результатов для разных территорий и разных периодов осреднения, особенно в случае меняющегося климата. Известно, что для случайных величин, подчиненных вероятностному закону распределения с различными дисперсиями, применение единого значения отклонения от математического ожидания неравнозначно [43]. Например, использование пороговой абсолютной величины при выявлении волн жары в тропическом и морском климате приводит к принципиально разным выводам, поэтому предложено использовать превышение, кратное средним квадратическим отклонениям [43]. Таким образом, уместна апробация второй части подходов, основанных на выявлении периодов с температурами ниже порога на относительную величину, например, как в случае представленной в данной статье работы, определенного перцентиля распределения температур.

В то же время, говоря об идентификации волн холода с точки зрения здоровья человека, уместно говорить о двух основных принципиально разных аспектах проблемы. Кроме климатических определений, есть эпидемиологические работы, в которых за основу берутся показатели здоровья (заболеваемости и/или смертности) и на основе их критических отклонений выявляются экстремально низкие температуры [27, 30].

Обобщив приведенные в табл. 1 сведения, представляется наиболее интересным провести изучение холодных волн с апробацией двух определений. Прежде всего, это метод, предложенный Б.А. Ревичем с коллегами и широко используемый российскими учеными [16, 17, 22, 50]. Анализируются экстремальные выбросы ниже 3% перцентиля распределения среднесуточных температур за весь период исследования; если наблюдается от 5 последовательных дней до 8, то волна называется короткой, от 8 и более – длинной [16, 17]. В данном случае среднесуточная температура определяется как средняя в данные сутки за 8 суток наблюдения, т.е. через каждые три часа в течение суток. Полученные в дальнейшем результаты мы можем сравнить с другими российскими территориями.

Второй способ – это предложенное Гаспарини с коллегами определение волны холода как отклонение от 2,5% перцентиля многолетнего распределения средней за сутки температуры [34]. В отличие от предыдущего метода, здесь среднесуточная температура определяется как средняя от минимальной и максимальной температур, регистрируемых на метеоплощадке по специальным термометрам. Использование данного метода позволит сравнить наши выводы по влиянию волн на здоровье с результатами, полученными зарубежными коллегами.

Целью данной работы как первого этапа исследования является анализ динамики среднесуточных температур и выявление холодных волн в г. Хабаровске зимой, используя различные подходы к определению эпизодов с экстремально низкими температурами. До сих пор на территории Дальнего Востока волны холода детально не изучались, с чем и связана актуальность данных исследований.

Материалы и методы

Согласно классификации Алисова, метеостанция Хабаровск (индекс ВМО 31735, географические координаты 48°31' с.ш., 135°10' в.д., высота над уровнем моря 88 м) расположена в континентальном климате с муссонными чертами [2, 35]; минимальные температуры регистрируются в январе. Для выявления волн холода использовались ежедневные данные по минимальной, среднесуточной и максимальной температурам воздуха за период 1999–2017 гг., размещенные на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (<http://meteo.ru/data>).

Изучались статистические показатели минимальных, среднесуточных и максимальных температур и их динамика. Волны холода диагностировались в соответствии с двумя методиками, предложенными соответственно Б.А. Ревичем с коллегами [16, 17] и Гаспарини с коллегами [34]. Основными характеристиками волн холода являлись их длительность и интенсивность. Интенсивность волны определялась по кумулятивной сумме ниже пороговой величины как за каждую волну отдельно, так и суммарно для всего холодного сезона [25, 51].

Результаты и обсуждение

Прежде всего, рассмотрим динамику изменения температур в холодный сезон за исследуемый период. Средняя за зимние месяцы среднесуточная температура равна $-17,5^{\circ}\text{C}$; самый холодный месяц январь $-19,5^{\circ}\text{C}$; абсолютный минимум 14 января 2011 г. составил $-40,0^{\circ}\text{C}$. Ам-

плитуда внутрисуточных колебаний, т.е. разница между максимальной и минимальной за сутки температурой, составляет в среднем 7,9°C (табл. 2).

В целом как для зимних, так и для температур холодного сезона в течение исследуемого периода выявлен незначительный положительный тренд, составляющий 0,31°C/10 лет для минимальных, 0,37 среднесуточных и 0,22°C/10 лет для максимальных температур зимы; при этом межгодовые вариации могут достигать $\pm 6^\circ\text{C}$ (рис. 1а). Существенно меньше выражена динамика температур холодного сезона, составляющая 0,12°C/10 лет для минимальных, 0,19 среднесуточных и 0,04°C/10 лет для максимальных температур (рис. 1б). Климатическая экстремальность максимальных температур каждого летнего месяца, выраженная в долях среднего квадратического отклонения (σ), заметно меняется, но в целом редко выходит за пределы $\pm 2\sigma$; на рис. 2 приведены только значения отклонений выше $\pm 1\sigma$ отдельно для декабря, января и февраля.

В результате анализа суммарного количества волн холода в Хабаровске видно, что в начале и середине изучаемого периода выявлено от одно-

го до трех эпизодов с экстремальными температурами за зиму и отсутствие волн в последние три сезона (рис. 4).

Есть годы, в которые наблюдается две волны и более (рис. 3). Анализ разных подходов показал, что при сравнении средних температур с 3% процентилем выявляется значительно меньше волн, чем при выборе в качестве пороговой величины 2,5% процентиль распределения: первый подход более «жесткий», чем второй. По-видимому, это связано с выбранными критериями длительности превышения заданных уровней: в первом случае пять дней, во втором – три.

Средняя длительность и интенсивность эпизодов с экстремально низкими температурами, определённых первым способом, составляет 6,5 дней и 11,5°C соответственно. При расчетах вторым методом средняя продолжительность составляет 4,8 дня, средняя интенсивность 17,4°C.

Максимальная интенсивность экстремально холодных эпизодов в Хабаровске зарегистрирована в 2010–2011 гг. Выявлена одна интенсивная волна: по первому подходу длительностью 11 дней и самой высокой кумулятивной суммой

Таблица 2

Статистические характеристики температур холодного сезона, Хабаровск, °C, 1999–2017 гг.

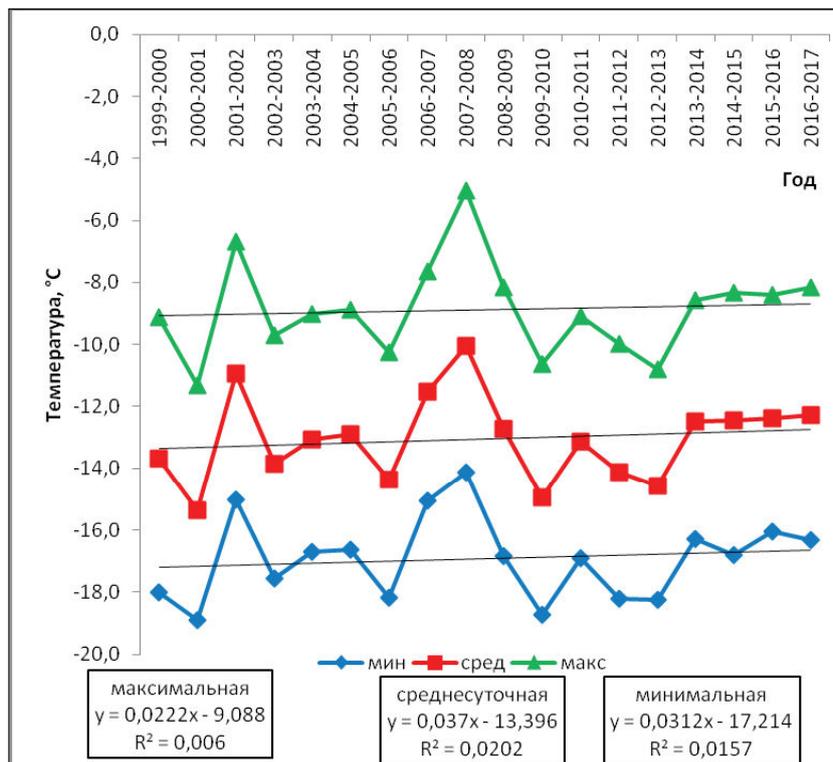
Table 2

Temperature statistics of cold season, Khabarovsk, °C, 1999–2017

Показатель	Минимальная температура			Среднесуточная температура			Максимальная температура		
	*1	2	3	1	2	3	1	2	3
Декабрь	-21,0 \pm 1,8	-23,7 (2015)	-17,3 (2008)	-17,5 \pm 1,86	-20,1 (2001)	-13,8 (2008)	-13,8 \pm 2,00	-16,7 (2015)	-9,9 (2008)
Январь	-23,2 \pm 2,49	-26,3 (2012)	-16,5 (2007)	-19,5 \pm 2,39	-22,5 (2012)	-13,4 (2007)	-15,4 \pm 2,41	-18,6 (2013)	-9,8 (2007)
Февраль	-19,8 \pm 2,20	-22,9 (2010)	-14,3 (2002)	-15,4 \pm 2,17	-18,7 (2010)	-10,5 (2002)	-10,9 \pm 2,24	-14,1 (2001)	-6,5 (2008)
Зима	-21,4 \pm 1,72	-23,7 (1964)	-17,8 (2007)	-17,5 \pm 1,69	-20,2 (2001)	-14,4 (2007)	-13,4 \pm 1,75	-16,1 (2001)	-10,3 (2008)
Холодный сезон	-16,9 \pm 1,29	-18,9 (2001)	-14,1 (2008)	-13,0 \pm 1,35	-15,4 (2001)	-10,0 (2008)	-8,9 \pm 1,48	-11,3 (2001)	-5,0 (2008)
Абсолютные минимумы		-40,0 14 января 2011			-34,4 14 января 2011			-27,5 14 января 2011	

Примечание: * 1 – среднее за 2000–2017 гг.; 2 – минимальное значение (год); 3 – максимальное значение (год)

а)



б)

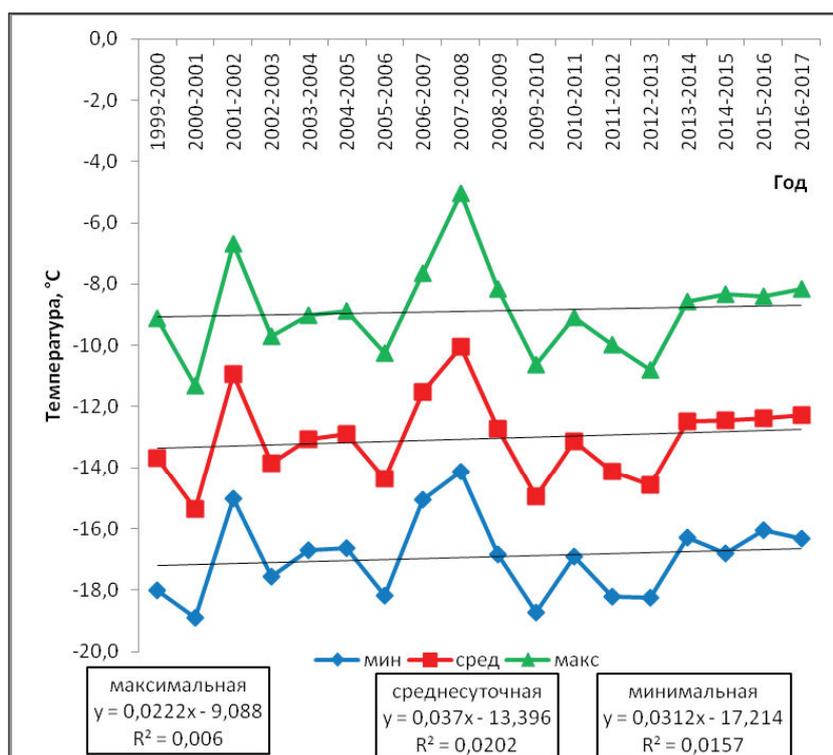


Рис. 1. Динамика температур холодного сезона за период 1999–2017 гг., ГМС Хабаровск:
 а) зимние месяцы; б) холодный период

Fig. 1. Temperature dynamics during cold season 1999–2017, Khabarovsk:
 а) winter months; б) cold season

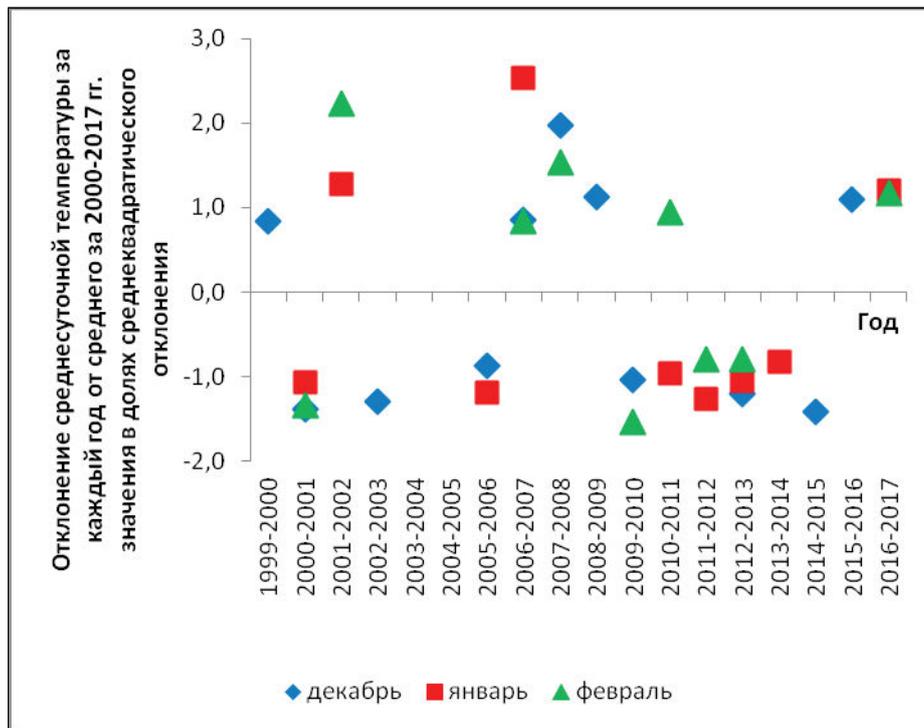


Рис. 2. Отклонение среднесуточных температур зимних месяцев каждого года от средней за период 1999–2017 гг. в долях среднеквадратического отклонения, ГМС Хабаровск

Fig. 2. Fluctuation of mean temperature during winter months from mean temperatures of 1999–2017, in shares of standard mean deviations, Khabarovsk

43,5°C за весь изучаемый период. Всего за сезон отмечалось 17 дней с экстремальными температурами; суммарное превышение порога составило 50,6°C. При использовании второго подхода волна составила 12 дней, её интенсивность 38,9°C; всего за сезон было 17 дней суммарно 54,1°C (табл. 2).

Вторая по суровости зима зафиксирована в 2000–2001 г. По первому методу это одна интенсивная волна 35,6°C продолжительностью 8 дней,

кумулятивная сумма отрицательных температур ниже порогового значения – 35,6°C; всего за сезон зафиксировано 20 дней с суммой температур ниже пороговой величины 59,6°C. Второй способ выявил в этом же году три волны продолжительностью 15 дней и общей интенсивностью 42,5°C; всего за сезон определено 18 дней с общим превышением порога 45,1°C (табл. 2).

В течение зимы экстремальные температу-

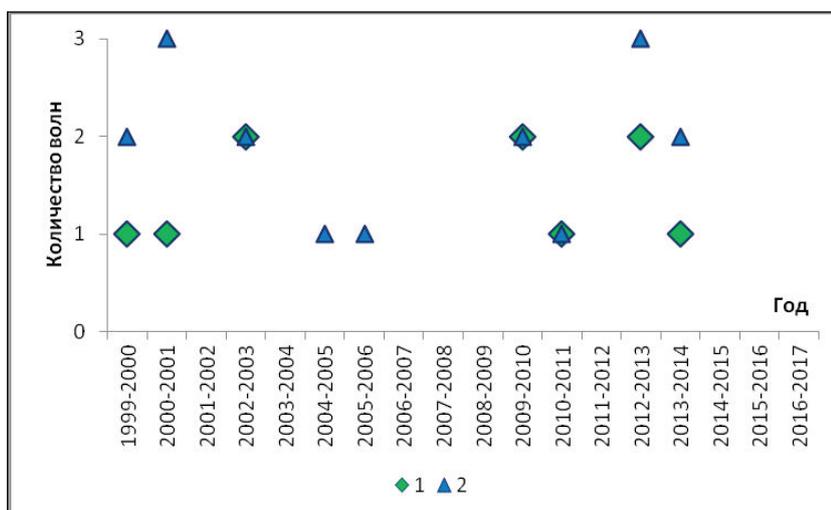


Рис. 3. Количество волн холода в Хабаровске за 1999–2017 гг. в соответствии с двумя выбранными для определения волн подходами

Fig. 3. Number of cold waves in Khabarovsk in 1999–2017 according to the two selected approaches

Таблица 2
Основные показатели волн холода, Хабаровск,
1999–2017 гг.

Table 2
Main indicators of cold waves, Khabarovsk, 1999–2017

Год / по- казатель волны	Коли- чество волн		Количе- ство дней с волной		Сумма тем- ператур, °С	
	1*	2	1	2	1	2
1999–2000	1	2	6	10	14,2	16,1
2000–2001	1	3	8	15	35,6	42,5
2001–2002	0	0				
2002–2003	2	2	14	7	19,6	14,7
2003–2004	0	0				
2004–2005	0	1		3		2,9
2005–2006	0	1		3		8,3
2006–2007	0	0				
2007–2008	0	0				
2008–2009	0	0				
2009–2010	2	2	11	10	39,1	33,6
2010–2011	1	1	11	12	43,4	38,9
2011–2012	0	0				
2012–2013	2	3	10	13	11	23,5
2013–2014	1	2	5	8	11,4	14,6
2014–2015	0	0				
2015–2016	0	0				
2016–2017	0	0				

Примечание: * 1 – первый подход; 2 – второй подход
(объяснения по тексту)

ры регистрируются неравномерно: почти половина волн выявляется в январе, 35% – в декабре и 18% – в феврале, что вполне закономерно и связано с расположением Хабаровска в континентальном климате, где в январе регистрируются самые низкие в течение года температуры [35].

Выводы

Выполнен анализ источников литературы, позволивший разделить все количественные определения волн холода на подходы с использованием абсолютных и относительных отклонений.

Для межгодовой динамики минимальных, среднесуточных и максимальных температур зимы в Хабаровске за 1999–2017 гг. выявлен незначительный положительный тренд; при этом

межгодовые вариации могут достигать $\pm 6^\circ\text{C}$. Климатическая экстремальность заметно меняется в течение 18 лет, но в целом редко выходит за пределы двух среднеквадратических отклонений. За период исследования в Хабаровске наблюдалось от одной до трех волн холода за зиму; в последние три сезона волны холода не отмечались. Самая высокая интенсивность эпизодов с экстремально низкими температурами зафиксирована в 2000–2001 и 2010–2011 гг. Закономерно, что наиболее интенсивные волны регистрировались в зимы с самыми низкими температурами за сезон. В течение зимы волны холода регистрировались чаще всего в самом холодном месяце года январе.

Сравнение двух подходов для выявления волн холода показало, что они дают практически идентичные результаты. Корреляционный анализ с данными о смертности населения позволит выявить, какой из методов является более адекватным для прогнозирования влияния низких температур на здоровье человека на территории юга Дальнего Востока, что планируется как следующий этап работы.

Настоящая публикация подготовлена в рамках поддержанного программой Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН» научного проекта № RUS_ST2017-320.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агеев Ф.Т., Смирнова М.Д., Свирида О.Н. и др. Влияние волны холода на течение заболевания, гемодинамику, углеводный обмен и реологические свойства крови у кардиологических больных. DOI 10.17116/terarkh201587911-16 // Терапевтический архив. 2015. № 9. С. 11–16.
2. Алисов Б.П., Полтораус Б.В. Климатология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. 299 с.
3. Варакина Ж.Л., Юрасова Е.Д., Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Вязьмин А.М. Влияние температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999–2008 гг. // Экология человека. 2011. № 6. С. 28–36.
4. Виноградова В.В. Волны тепла на территории России как фактор дискомфорта природной среды // Известия РАН. Серия географическая. 2017. № 4. С. 68–77.
5. Григорьева Е.А. Волны тепла в Хабаровске – подходы к определению // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 1. С. 43–48.
6. Дуйцева М.А., Педь Д.А. Особенности волн холода и тепла на Европейской территории СССР // Труды ЦИП. 1963. Вып. 123. С. 34–62.
7. Козлова Д.С., Харламова Н.Ф. Динамика волн

- холода и тепла за 1959–2005 гг. в Барнауле // География и природопользование Сибири. 2012. Вып. 14. С. 65–70.
8. Козлова Д.С., Харламова Н.Ф. Особенности современного изменения климата Алтайского края: продолжительность фаз сезонов года, «тепловые волны» // География и природопользование Сибири. 2013. Вып. 15. С. 187–196.
 9. Казначеев В.П., Казначеев С.В. и др. Клинические аспекты полярной медицины. М.: Медицина, 1986. 208 с.
 10. Любославский Г. Холода и тепла волны // Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Эфрона / под ред. проф. И.Е. Андреевского, К.К. Арсеньева и проф. Ф.Ф. Петрушевского. СПб., 1890–1907. URL: <http://www.vehi.net/brokgauz/index.html/> (дата обращения: 24.07.2019).
 11. Морозова С.В. Волны тепла и холода над Нижним Поволжьем: деп. в ВИНТИ, 20.02.1996 г., № 185-В95.
 12. Морозова С.В. Физико-статистический метод прогноза экстремумов метеорологических величин // Ученые записки РГГМУ. 2010. № 14. С. 50–59.
 13. Морозова С.В. Прогноз волн тепла и холода для Саратовской области с использованием физико-статистического метода В.Ф. Мартыновой «плавающий аналог» // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 363. С. 138–159.
 14. Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России. DOI 10.15356/ncsgsrus / ред. А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер. М.: Институт географии РАН, 2018. 154 с.
 15. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Климатические условия, качество атмосферного воздуха и смертность в Москве в 2000–2006 годах // Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей. М.: АдамантЪ, 2006. С. 102–40.
 16. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Волны холода в южных городах европейской части России и преждевременная смертность населения // Проблемы прогнозирования. 2016. № 2(155). С. 125–131.
 17. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Особенности воздействия волн жары и холода на смертность в городах с резко-континентальным климатом // Сибирское медицинское обозрение. 2017. № 2. С. 84–90.
 18. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Анисимов О.А., Белолуцкая 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. Т. 97 (9). С. 791–798. URL: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798> (дата обращения: 24.07.2019).
 19. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь. Т. 1: А–И / под ред. А.И. Бедрицкого. СПб.; М.: Летний сад, 2008. 336 с.
 20. Срезневский Б.И. Волны холода от Новой Земли до Персии, Индии и Якутской области // Метеорологический вестник. 1899. № 4. С. 107–110.
 21. Храбров Ю.Б. Прогноз волн холода в Средней Азии на естественный синоптический период // Труды ЦИП. 1949. Вып. 19 (6). С. 117–133.
 22. Черных Д.А., Тасейко О.В. Оценка риска повышения смертности от температурных волн для населения города Красноярск // Экология человека. 2018. № 2. С. 3–8.
 23. Analitis A., Katsouyanni K., Biggeri A., Vaccini M., et al. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project // Am. J. Epidemiol. 2008. Vol. 168. P. 1397–1408.
 24. Armstrong B. Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality // Epidemiology. 2006. Vol. 17. P. 624–631.
 25. Barnett A.G., Hajat S., Gasparrini A., Rocklöv J. Cold and heat waves in the United States. DOI 10.1016/j.envres.2011.12.010 // Environ. Research. 2012. Vol. 112. P. 218–224.
 26. Basarin B., Lukić T., Matzarakis A. Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia. DOI 10.1007/s00484-015-1012-z // Int. J. Biometeorol. 2016. Vol. 60 (1). P. 139–150.
 27. Carmona R., Díaz J., Mirón I.J., Ortiz C., León I., Linares C. Geographical variation in relative risks associated with cold waves in Spain: The need for a cold wave prevention plan // Environ. International. 2016. 88. P. 103–111. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.027> (дата обращения: 24.07.2019).
 28. de’Donato FK, Leone M, Noce D, Davoli M, Michelozzi P. The Impact of the February 2012 Cold Spell on Health in Italy Using Surveillance Data. DOI 10.1371/journal.pone.0061720 // PLoS ONE. 2013. Vol. 8(4). P. e61720.
 29. Deschene’s O, Moretti E. Extreme Weather Events, Mortality, and Migration // Rev. Econ. Stat. 2009. Vol. 91. P. 659–681. URL: <http://>

- dx.doi.org/10.3386/w13227 (дата обращения: 24.07.2019).
30. Díaz J., Carmona R., Mirón I.J., Ortiz C., Linares C. Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. DOI 10.1016/j.envres.2015.10.018 // *Environmental Research*. 2015. Vol. 143. P. 186–191.
 31. Diaz J., Garcia R., Lopez C., Linares C., Tobias A., Prieto L. Mortality impact of extreme winter temperatures // *Int. J. Biometeorol.* 2005. Vol. 49. P. 179–183. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-004-0224-4> (дата обращения: 24.07.2019).
 32. Hickey K. The historic record of cold spells in Ireland // *Irish Geography*. 2011. Vol. 44. P. 303–321. URL: <http://dx.doi.org/10.2014/igj.v44i2.48> (дата обращения: 24.07.2019).
 33. 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.
 34. Gasparrini A., Guo, Y., Hashizume M., et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study / *The Lancet* 2015. Vol. 386. P. 369–375. URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0) (дата обращения: 24.07.2019).
 35. Grigorieva E.A., Matzarakis A., de Freitas C.R. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude // *Climate Research*. 2010. Vol. 42. P. 143–154. URL: <http://dx.doi.org/10.3354/cr00888> (дата обращения: 24.07.2019).
 36. Kyselý J., Pokorna L., Kyncl J., Kriz B. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. DOI 10.1186/1471-2458-9-19 // *BMC Public Health*. 2009. Vol. 9. P. 19.
 37. Ma W., Yang C., Chu C., Li T., Tan J., Kan H. The impact of the 2008 cold spell on mortality in Shanghai, China // *Int. J. Biometeorol* 2013. Vol. 57. P. 179–184. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-012-0545-7> (дата обращения: 24.07.2019).
 38. Ma Y., Zhou J., Yang S., Yu Z., Wang F., Zhou J. Effects of extreme temperatures on hospital emergency room visits for respiratory diseases in Beijing, China. DOI 10.1007/s11356-018-3855-4 // *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26. P. 3055–3064.
 39. Martinez G.S., Diaz J., Hooyberghs H., Lauwaet D., De Ridder K., Linares C., et al. Cold-related mortality vs heat-related mortality in a changing climate: A case study in Vilnius (Lithuania) // *Environ. Res.* 2018. Vol. 166. P. 384–393. URL: <http://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.001> (дата обращения: 24.07.2019).
 40. Monteiro A., Carvalho V., Góis J., Sousa C. Use of “Cold Spell” indices to quantify excess chronic obstructive pulmonary disease (COPD) morbidity during winter (November to March 2000–2007): case study in Porto // *Int. J. Biometeorol.* 2013. Vol. 57. P. 857–870. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-012-0613-z> (дата обращения: 24.07.2019).
 41. Montero J.C., Mirón I.J., Criado-Álvarez J.J., Linares C., Díaz J. Mortality from cold waves in Castile – La Mancha, Spain // *Sci. Total Environ.* 2010. Vol. 408(23). P. 5768–5774. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.086> (дата обращения: 24.07.2019).
 42. Piticar A., Croitoru A.-E., Ciupertea F.-A., Harpa G.-V. Recent changes in heat waves and cold waves detected based on excess heat factor and excess cold factor in Romania. DOI 10.1002/joc.5295 // *Int J Climatol.* 2017. Vol. 38(4). P. 1777–1793.
 43. Radinovic D., Curic M. Criteria for heat and cold wave duration // *Theoretic. Appl. Climatol.* 2012. Vol. 97(3-4). P. 505–510.
 44. Revich B., Shaposhnikov D. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia // *Occup. Environ. Med.* 2008. Vol. 65. P. 691–696.
 45. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia // *Studies on Russian Economic Development*. 2012. Vol. 23. P. 195–207.
 46. Rocklöv J., Forsberg B. The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998–2003: A study of lag structures and heatwave effects. DOI 10.1177/1403494807088458 // *Scandinavian J. Public Health*. 2008. Vol. 36(5). P. 516–523.
 47. Rocklöv J., Ebi K., Forsberg B. Mortality related to temperature and persistent extreme temperatures: a study of cause-specific and age-stratified mortality // *Occup. Environ. Med.* 2011. Vol. 68. P. 531–536.
 48. Ryti N.R., Guo Y., Jaakkola J.J. Global association of cold spells and adverse health effects: a systematic review and meta-analysis // *Environ. Health Perspect.* 2016. Vol. 124. P. 12–22. URL:

- <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408104> (дата обращения: 24.07.2019).
49. Qiu H., Tian L., Ho K., Yu I. T. S., Thach T.-Q., Wong C.-M. Who is more vulnerable to death from extremely cold temperatures? A case-only approach in Hong Kong with a temperate climate. DOI 10.1007/s00484-015-1065-z // Int. J. Biometeorol. 2016. Vol. 60(5). P. 711–717.
50. Shaposhnikov D., Revich B. Toward meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North // Urban Climate. 2016. Vol. 15. P. 16–24. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2015.11.007> (дата обращения: 24.07.2019).
51. Wang Y., Shi L., Zanobetti A., Schwartz J. D. Estimating and projecting the effect of cold waves on mortality in 209 US cities. DOI 10.1016/j.envint.2016.05.008 // Environ. International. 2016. Vol. 94. P. 141–149.
52. Ward R.D.C. Cold Waves, Northers and Blizzards in the United States // Scientific Monthly. 1923. Vol. 16(5). P. 449–470. URL: <https://www.jstor.org/stable/6870> (дата обращения: 24.07.2019).
53. Woodruff T.M. Cold waves and their progress // US Signal. Service Notes. 1882. N 23.
54. Zhou M.G., Wang L.J., Liu T., et al. Health impact of the 2008 cold spell on mortality in subtropical China: the climate and health impact national assessment study (CHINAs) // Environ. Health. 2014. Vol. 13. P. 60.

COLD WAVES: APPROACHES TO DEFINITION AND EXAMPLES FOR KHABAROVSK

E.A. Grigorieva

The author gives a critical review of the scientific literature on the definition of cold waves. On the example of Khabarovsk, for the period of 1999-2017, the episodes with extremely low temperatures were identified. It was used two approaches to the determination of cold waves were: threshold values of 3% percentile of long – term annual distribution of average daily temperatures, calculated as an average for 8 observation periods, and 2.5% percentile-average daily temperatures, calculated as an average between the minimum and maximum per day. It is shown that cold waves are recorded mainly in December and January; most waves are observed in the period from 10 to 20 January; in February, the temperature background rises markedly, and extreme temperature drops are recorded much less often. The winter of 2010/2011 was the coldest for the entire study period; in January the revealed wave lasted 11 days with a total excess of negative temperatures above the threshold value of 43.5°C, and the minimum temperature -40,0°C was on January 14, 2011. For the dynamics of the minimum, average and maximum temperatures of the winter season, the absence of a pronounced trend is established, but interannual variations can reach ±6°C. Climatic extremes vary markedly during the study period, but generally they rarely exceed two standard deviations.

Keywords: cold waves, air temperature, winter season, temporal dynamics, Khabarovsk.