

## Здоровье населения

© ГРИГОРЬЕВА Е.А., 2019

Григорьева Е.А.

### СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ: МЕТОДИКА ПРОГНОЗА И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук», 679016, Биробиджан

**Введение.** В современных условиях значительных климатических изменений проблема влияния климата и погоды на здоровье человека приобретает особую актуальность для предупреждения и профилактики климатозависимых заболеваний.

**Цель работы** – апробация методики прогноза неблагоприятного влияния экстремально жарких погод на показатели здоровья человека на примере южной части Дальнего Востока России.

**Материал и методы.** Выявление особенностей синоптических ситуаций проведено на основе метеоданных для 34 станций погоды на территории Хабаровского и Приморского краёв, Амурской и Еврейской автономной областей за период с 2000 по 2012 г. Сопряжённый анализ типов воздушных масс и рядов смертности населения выполнен для Хабаровска с использованием метеоданных и данных по общей смертности для всего населения и отдельно для возрастной группы от 65 лет и старше.

**Результаты.** Обнаружено, что в тёплый сезон наиболее неблагоприятными для здоровья человека являются морские и континентальные тропические воздушные массы, формирующие так называемое «окно смертности». Для г. Хабаровска выявлено, что летом при прохождении морских жарких и влажных тропических воздушных масс (ВМ) смертность повышается на 12%, а в континентальных тропических ВМ – на 11%. Установлено, что в климатических условиях юга Дальнего Востока на рост смертности влияют температура воздуха, её суточная амплитуда и приведённая температура в дневные часы, учитывающая влажность воздуха и скорость ветра; более того, учитывается возможность привыкания в течение сезона к жарким погодам.

**Заключение.** Разработана модель зависимости смертности населения от метеоусловий, которая может явиться основой для функционирования системы предупреждения влияния экстремально высоких температур на здоровье человека.

Ключевые слова: экстремально жаркие погоды; смертность; прогноз; юг Дальнего Востока России.

**Для цитирования:** Григорьева Е.А. Здоровье населения при экстремальных температурах: методика прогноза и результаты оценки. Гигиена и санитария. 2019; 98(11): 1279-1284. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1279-1284>

**Для корреспонденции:** Григорьева Елена Анатольевна, кандидат биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории региональных социально-экономических систем ФГБУН «ИКАРП ДВО РАН», 679016, Биробиджан. E-mail: [eagrigror@yandex.ru](mailto:eagrigror@yandex.ru)

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках госзадания ИКАРП ДВО РАН.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 26.03.2019

Принята к печати 17.09.19

Опубликована: ноябрь 2019

Grigorieva E.A.

HUMAN HEALTH IN EXTREME TEMPERATURES: FORECAST AND RESULTS OF THE ASSESSMENT

*Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Birobidzhan, 679016, Russian Federation*

**Introduction.** To prevent climate-dependent diseases, it is important to identify relationships in the system “Climate and weather – human vital activity”, which is especially important in present conditions of significant climate change.

**The purpose of the work** is to probe the methodology of forecasting the adverse impact of extremely hot weather on human health in the South of the Russian Far East.

**Material and Methods.** Analysis of the synoptic situations was made on the basis of meteorological data for one observation time to the 34 weather stations in the South of the Russian Far East for 2000–2012. Data on the general mortality rate (the entire population and separately for the age group of 65 years and older) in Khabarovsk for 2000–2012. To determine the characteristics of synoptic situations and their possible impact on the human body analysis of air masses and mortality was carried out.

**Results.** The “mortality window” for the hot period of the year is revealed: it is shown that marine and continental tropical air masses are the most unfavorable for human health. It is shown that in the summer mortality in Khabarovsk increases by 12% when in the area of action of extremely hot and humid tropical marine air masses, by 11% – in the continental tropical air masses.

**Conclusion.** *The model of mortality forecast depending on weather conditions can be the basis for the development of the system for preventing the impact of extremely high temperatures on human health.*

**Key words:** *extremely hot weather; mortality; forecast; south of the Russian Far East.*

**For citation:** Grigorieva E.A. Human health in extreme temperatures: forecast and results of the assessment. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(11): 1279-1284. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1279-1284>

**For correspondence:** Elena A. Grigorieva, MD, Ph.D., Associate Professor, Leading researcher of the Laboratory of regional social-economic systems, Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Birobidzhan, 679016, Russian Federation. E-mail: eagrigo@yandex.ru.

**Information about authors:** Grigorieva E.A., <http://orcid.org/0000-0002-7811-7853>

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgment.** The research was carried out at the expenses of the Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences.

Received: March 26, 2019

Accepted: September 17, 2019

Published: November 2019

## Введение

Проблемы изменения климата касаются всего человечества; значительное влияние оказывается на окружающую среду, проявление стихийных бедствий, включая повторяемость периодов с экстремальными температурами, волны жары, лесные пожары, засухи и наводнения [1–4]. Например, частота стихийных бедствий, связанных с погодой, увеличилась на 46% с 2000 по 2016 г. по сравнению с периодом 1990–1999 гг., и со временем проблема будет ещё усугубляться [5]. Эти воздействия в свою очередь влияют на риски возникновения различных заболеваний человека и последствия для его здоровья [6, 7]. Например, именно изменением климата и усилением его воздействия при прохождении волн жары объясняется увеличение смертности от высоких температур [8]. К основным группам риска относятся пожилое поколение и дети; чувствительностью к влиянию отличаются также больные с сердечно-сосудистой и бронхолегочной патологией [9, 10]; и эта тенденция, по прогнозам, сохранится и в будущем [5].

В местах, где были зарегистрированы особенно сильные волны жары, таких как Чикаго в 1995 г. [11]; в Европе в 2003 [12, 13] и 2010 [14–16] гг. и др., были разработаны планы реагирования на чрезвычайные ситуации, которые помогают смягчить действие высоких температур на здоровье населения [4, 8, 15, 17–22]. В то же время для успешного планирования и адаптации к изменению климата требуется дополнительная информация о возможных последствиях такого влияния на общественное здравоохранение и экономику [2].

В течение многих лет в ряде стран мира, включая США, Канаду, страны Европы и Азии (Италия, КНР, Республика Корея и др.), для эффективного предупреждения воздействия жарких погод на человека и его здоровье применяется подход, базирующийся на использовании синоптического анализа [8, 17, 23–29]. Сопряжённая оценка особенностей синоптических ситуаций и показателей здоровья, основанная на выявлении потенциально опасных воздушных масс (ВМ), позволяет прогнозировать возможное влияние на качество жизни.

Определение закономерностей воздействия климата и погоды на жизнедеятельность человека необходимо для предупреждения и профилактики климатозависимых заболеваний, что особенно актуально для юга Дальнего Востока. По-сибирски холодная зима и тропически влажное и тёплое лето предъявляют особые требования к организму человека и к его адапционным возможностям [30]. Дальневосточникам необходимо приспосабливаться и к жёстким морозным погодам холодного периода, и к влажным и душным условиям лета. Более того, в основные сезоны могут наблюдаться периоды с экстремальными колебаниями метеопараметров [31, 32]. Температура воздуха при этом опускается или поднимается до критических значений, способствуя перенапряжению основных систем организма, в первую очередь терморегуляторной. Как следствие это приводит к обострению патологических состояний и даже к летальным исходам.

Целью данного исследования является апробация методики прогноза неблагоприятного влияния длительных периодов с чрезвычайно высокими температурами на здоровье человека на юге Дальнего Востока России.

## Материал и методы

Для прогноза состояния здоровья человека предлагается использовать Spatial Synoptic Classification – индекс пространственной синоптической классификации (SSC) [33, 34], с помощью которого можно выявить особенности синоптических ситуаций и пространственно-временной динамики воздушных масс (ВМ), среди которых выделяются основные типы: континентальные умеренные (КУ); континентальные арктические (КА); континентальные тропические (КТ); морские умеренные (МУ); морские арктические (МА); морские тропические (МТ) ВМ. Отдельно рассматриваются особо влажные морские тропические ВМ: МТ+ и МТ++, отличающиеся от морских тропических воздушных масс по ощущаемой (приведённой) температуре в утренние и вечерние часы [34]. Подход основан на идентификации погоды каждого дня к той или иной ВМ. Сначала определяется «обычный» для сезона года день с набором типичных погодных показателей по температуре и влажности атмосферного воздуха, скорости и направлению ветра, давлению на уровне моря и облачности, применяя данные за сроки в 00.30, 09.00, 15.00, 21.00 часов местного времени. На втором этапе разрабатывается «календарь погоды», то есть производится причисление каждого дня в году к одному из типов ВМ. В итоге выявляются, кроме прочих, «опасные» воздушные массы, при нахождении в которых достоверно ухудшается состояние здоровья (смертность или заболеваемость – обращаемость за скорой медицинской помощью, посещение поликлиник и пр.). На основании анализа литературы известно, что такая ситуация характерна прежде всего для континентальных тропических и морских тропических воздушных масс [24–28].

Для выявления возможного воздействия синоптических ситуаций на здоровье человека на третьем этапе выполняется сопряжённый анализ воздушных масс и рядов смертности населения, которые используются для характеристики здоровья как основного компонента естественного движения популяции и индикатора качества жизни.

Расчёты проведены для 34 станций погоды на территории юга Дальнего Востока, включая ГМС Хабаровск, на основе метеонаблюдений, доступных на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru) за период 2000–2012 гг. Это температура и влажность воздуха, точка росы, скорость и направление ветра, облачность, давление воздуха на уровне моря за 03.00, 09.00, 15.00 и 21.00 местного времени, а также минимальная  $T_{\min}$  и максимальная температуры  $T_{\max}$  за сутки, полученные по данным специальных термометров. Все метеоданные прошли проверку на полноту массива и выпадающие значения.

Температура и относительная влажность воздуха, скорость ветра использовались также для вычисления приведённой температуры  $T_s$  по Стедману [35]. Индекс SSC рассчитан с применением оборудования и программного обеспечения Государственного университета Кента (США) совместно с проф. Ларри Калькштейном (L. Kalkstein) и Скоттом Шериданом (S. Sheridan) (<http://sheridan.geog.kent.edu/ssc.html>). Для 8,8% всех дней тип воздушной массы не был определён по причине отсутствия необходимых данных.

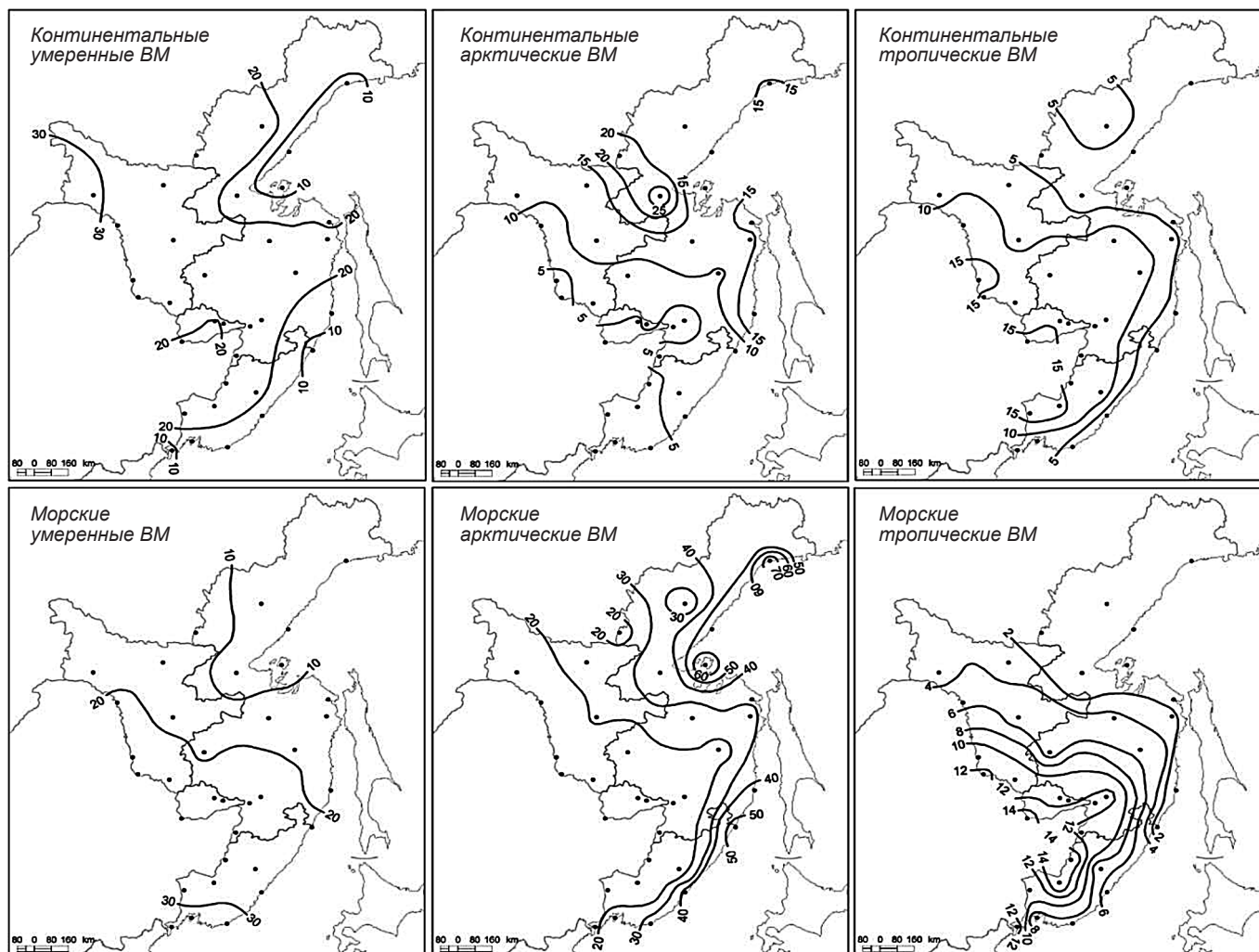


Рис. 1. Вероятность проявления в летний период основных типов воздушных масс, юг Дальнего Востока, %.

Сопряжённый анализ с данными по здоровью выполнен для административного центра Хабаровского края г. Хабаровска на основании данных по общей смертности населения в возрастном разрезе за 2000–2012 гг. Рассматривалось всё население и отдельно в возрастной группе от 65 лет и старше.

## Результаты

Для территории юга Дальнего Востока в летний период построены схемы пространственно-временного распределения вероятности проявления воздушных масс (рис. 1). Прежде всего выявлено, что летом влажные и холодные МА воздушные массы максимально повторяются на севере и на морском побережье южной части Дальнего Востока; сухие умеренные – в континентальной части. Наиболее неблагоприятно воздействующие на организм человека тропические морские и континентальные (КТ и МТ) воздушные массы максимально распространены на юге региона на равнинных территориях и в долинах крупных рек.

Для г. Хабаровска определена повторяемость ВМ с подробным описанием температурного режима. В таблице приведены статистические показатели для 6 основных воздушных масс в летний период; из тропических морских отдельно выделены наиболее жёсткие МТ+ и МТ++. Не приведены результаты для состояний атмосферы, которые считаются переходными между основными; они составляют 9,3%. Умеренные ВМ суммарно формируются в чуть менее половине случаев с преобладанием МУ воздушных масс (см. таблицу). На тре-

тем месте по повторяемости находятся морские тропические ВМ; наиболее жёсткие из них МТ+ и МТ++ ВМ наблюдаются в 4% случаев, а средняя и максимальная температуры при этом составляют 25,2 и 30,3 °С соответственно. Континентальные тропические ВМ повторяются в среднем с вероятностью около 8% со средней и максимальной температурами 19,3 и 30,4 °С соответственно.

По состоянию на 01.01.2013 г. в г. Хабаровске проживало 593,6 тыс. чел. [36]. Общая смертность в Хабаровске в летний период составила  $22,3 \pm 4,77$  случая в среднем за сутки. Почти одинаковый максимальный рост показателей смертности на 12 и 11% выявлен для дней с морскими экстремально жаркими и влажными и континентальными тропическими воздушными массами соответственно. Смертность значительно возрастала для наиболее климаточувствительной части населения – лиц старшего возраста ( $\geq 65$  лет): на 23 и 15% соответственно.

Стоит отметить, что, хотя среднесуточная температура в КТ ВМ несколько ниже, чем в целом для влажных тропических воздушных масс (19,3 по сравнению с 21,8 °С), среднеквадратическое отклонение в КТ самое высокое по сравнению с другими ВМ (3,35). Это позволяет говорить о более высокой межсуточной изменчивости средних температур в условиях, характерных для континентальных тропических ВМ, и предполагать повышенную нагрузку на адаптационные механизмы организма и в целом для здоровья человека. Кроме того, КТ ВМ отличаются самыми высокими максимальными температурами, составляющими в среднем 30,4 °С и достигающими в отдельные дни 36 °С.



Статистические показатели для Хабаровска в летний период  
(повторяемость воздушных масс, температура воздуха и смертность населения)

Воздушные массы	T <sub>mean</sub> , °C		T <sub>max</sub> , °C		Повторяемость ВМ, %		Смертность (С)	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
Морские тропические (МТ+, МТ++)	25,2	1,38	30,3	1,53	3,8	2,77	24,2	5,64
Морские тропические	21,8	2,25	27,7	2,02	15,7	8,08	22,7	5,20
Морские арктические	14,6	2,84	19,8	2,86	7,5	3,84	20,1	4,78
Морские умеренные	18,9	3,04	24,5	2,80	26,8	8,27	21,0	4,72
Континентальные тропические	19,3	3,35	30,4	2,45	7,8	5,94	23,9	5,16
Континентальные арктические	13,3	3,14	20,0	1,92	2,6	2,18	21,2	4,61
Континентальные умеренные	18,0	3,17	25,7	2,62	21,5	5,79	21,6	4,81

Примечание.  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

На втором этапе разработана модель зависимости смертности населения от метеоусловий. Нами выявлены основные метеопредикторы смертности: T<sub>min</sub>, T<sub>mean</sub>, T<sub>max</sub> – температура воздуха минимальная, средняя и максимальная соответственно, °C; AT = T<sub>max</sub> – T<sub>min</sub>, амплитуда температуры воздуха, °C; Ts – приведённая температура по Стедману в 15 ч, °C. Ts вводится специально, чтобы показать совокупное воздействие температуры, влажности воздуха и скорости ветра [35]; кроме того, приведённая температура входит в комплекс метеовеличин, характеризующих каждую воздушную массу.

Известно, что в течение летнего периода организм человека постепенно приспосабливается к повышенной температуре, приводя к уменьшению адаптационного напряжения, что в итоге может сказаться на снижении показателей смертности [37].

Для учёта возможности привыкания введён параметр DOS – день от начала сезона. Разработано уравнение прогноза избыточной смертности:

$$\text{Смертность} = 18,836 - 0,007 \text{ DOS} + 0,13 T_{\text{mean}} + 0,384 \text{ AT} + 0,321 T_s.$$

При оценке коэффициентов уравнения вместо смертности использовалось её скользящее среднее за 9 дней значение, относящееся к первому, или референтному, дню. Эта величина имеет нормальное распределение, что позволяет применять метод наименьших квадратов. Полученные коэффициенты уравнения статистически значимы (по критерию Стьюдента) на уровне 0,05.

Взяв за основу план, предложенный коллегами из США [17, 21, 23, 24], мы разработали схему действия системы для прогноза воздействия экстремально высоких температур на человека и его здоровье, адаптированную для условий России (рис. 2). На основе текущей метеоинформации даётся прогноз погоды; при выявлении «жёстких» погод с использованием разработанного уравнения даётся количественный прогноз возможной «избыточной» смертности и определяется степень опасности. Первый уровень «Наблюдение» подразумевает усиление контроля над текущим положением; на втором уровне вводится блок «реагирования», то есть принятие решения об оповещении и помощи населению, где прогноз о неблагоприятной ситуации передаётся в местные службы. Например, это может быть местное подразделение МЧС.

### Обсуждение

Проведённое исследование показало, что для прогноза повышенной смертности в климатических условиях юга Дальнего Востока следует включать в расчёт не только температуру воздуха и её суточную амплитуду, но и приведённую, или ощущаемую температуру, то есть вычисленную с учётом влажности воздуха и скорости ветра. Кроме того, необходимо иметь в виду, что в течение лета организм человека постепенно привыкает к высоким температурам и меньше реагирует на них, для чего вводится параметр учёта акклиматизации. Предложенное нами уравнение прогноза избыточной смертности может явиться основой для работы системы предупреждения воздействия жарких погод на организм человека; такая схема уже апробирована и успешно функционирует во многих городах мира [17, 21, 23, 24].

Безусловно, для учёта возможности постепенного привыкания в течение сезона к высоким температурам можно было бы исследовать сезонность и выявить амплитуду сезонных колебаний, которая может достигать значительных величин; эта задача и будет поставлена в качестве одной из главных для последующей работы. Тем не менее на данном этапе мы посчитали необходимым остановиться на использовании именно показателя DOS – «день от начала сезона», достоинство которого в лёгкости интерпретации.

Особое внимание в дальнейшем следует уделить и выявлению влияния жары в дни, последующие за приходом «жёстких» воздушных масс. Известно, что наибольшее воздействие с резким повышением смертности наблюдается в первые один-два дня после наступления жары, что потом компенсируется падением смертности, и в общем случае носит название «эффекта жатвы» [27, 37, 40].

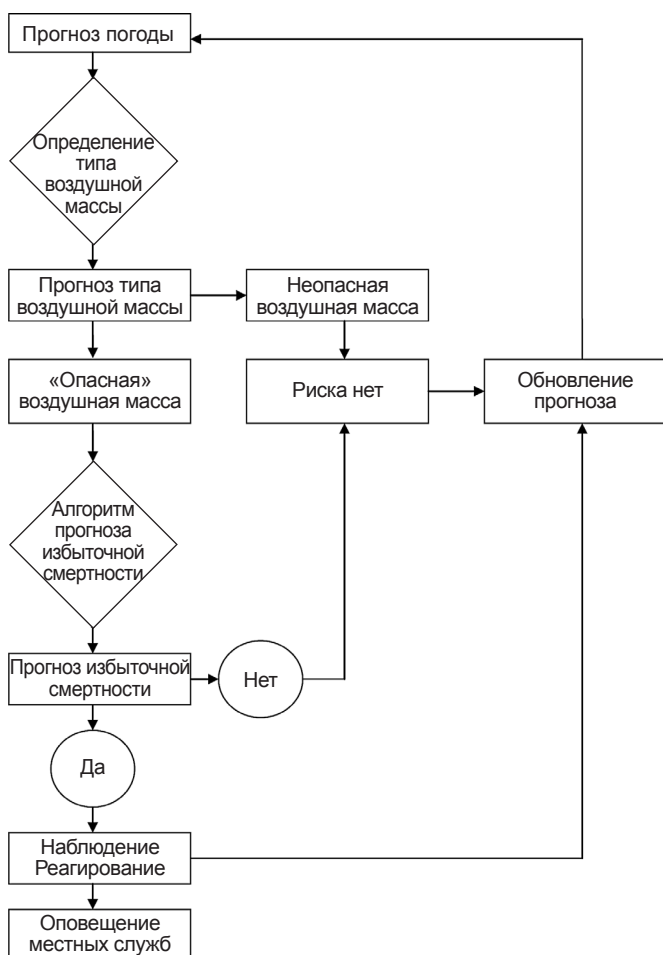


Рис. 2. Основные блоки системы прогноза воздействия экстремально жарких погод на организм человека.

Ожидаемые изменения климата могут привести к увеличению частоты проявления экстремальных метеоявлений с патологическим влиянием на здоровье населения, включая периоды прохождения волн жары, что отмечается для многих территорий, в том числе и в регионах Российской Федерации [38, 39]. Необходимо как выполнение исследований по определению физиологических механизмов влияния метеорологических факторов на здоровье человека, так и разработка программ по коррекции воздействия на индивидуальном и популяционном уровнях [10].

## Заключение

Для оценки влияния экстремальной жары на здоровье населения предложено использовать метод сопряжённого анализа индекса пространственно-синоптических ситуаций с показателями смертности.

Для г. Хабаровска показано, что в тёплое время года морские и континентальные тропические воздушные массы наиболее неблагоприятно влияют на организм человека, что особенно актуально для старшей возрастной когорты.

Выявлено, что в климатических условиях юга Дальнего Востока главными прогностическими факторами высокой смертности становятся наблюдаемая и ощущаемая температуры воздуха и суточная амплитуда температур; кроме того, необходимо учитывать возможность акклиматизации, то есть привыкания к жарким погодам в течение сезона. Разработанное уравнение прогноза избыточной смертности может являться основой для работы системы по предупреждению воздействия экстремально жарких погод на организм человека.

## Литература

(пп. 1–8, 11–14, 17–29, 33–35, 37, 40 см. References)

9. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: Методические рекомендации МР 2.1.10.0057–12. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2012. 48 с.
10. Рахманин Ю.А., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю. Научные и организационно-методические подходы к формированию и реализации программ противодействия неблагоприятному воздействию глобальных изменений климата на здоровье населения Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2018; 97 (11): 1005–10. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1005-10.
15. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Авалиани С.Л., Рубинштейн К.Г., Емелина С.В., Ширяев М.В. и соавт. Оценка опасности для здоровья населения Москвы высокой температуры и загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (1): 36–40.
16. Ревич Б.А. Волны жары в мегаполисах и пороги их воздействия на смертность населения. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (11): 1073–8. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1073-1078.
30. Григорьева Е.А., Христофорова Н.К. Дискомфортность климата Еврейской автономной области. *География и природные ресурсы*. 2004; 4: 101–4.
31. Григорьева Е.А. Волны тепла в Хабаровске и здоровье населения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014; 5 (2): 843–6.
32. Григорьева Е.А. Волны тепла на юге Дальнего Востока и здоровье человека. *Информационный бюллетень «Здоровье населения и среда обитания»*. 2017; 2 (287): 11–4.
36. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. М.: ФСГС Росстат; 2013. 528 с.
38. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Анисимова 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; 97 (9): 791–8. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798.
39. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д., Нагорнев С.Н. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека. *Гигиена и санитария*. 2018; 97 (11): 1038–42. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42.

## References

1. Pachauri R.K., Allen M.R., Barros V.R. et al. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change; 2014.
2. Bell J.E., Brown C.L., Conlon K., Herring S., Kunkel K.E., Lawrimore J. et al. Changes in extreme events and the potential impacts on human health. *J Air Waste Manag Assoc*. 2018; 68 (4): 265–87. DOI: 10.1080/10962247.2017.1401017.
3. Anderson G.B., Barnes E.A., Bell M.L., Dominici F. The future of climate epidemiology: Opportunities for advancing health research in the context of climate change. *Am J Epidemiol*. 2019. DOI: 10.1093/aje/kwz034.
4. Rosa W.E., Schenk E., Travers J.L., Nicholas P.K. Climate change and health consequences: Engaging public health nursing within the framework of the United Nations Sustainable Development Goals. *Public Health Nurs*. 2019; 36 (2): 107–8. DOI: 10.1111/phn.12598.
5. Watts N., Amann M., Ayeb-Karlsson S., Belesova K., Bouley T., Boykoff M. et al. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *Lancet*. 2018; 391 (10120): 581–630. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32464-9.
6. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia. *Stud Russ Econ Dev*. 2012; 23 (2): 195–207. DOI: 10.1134/S1075700712020116.
7. Vicedo-Cabrera A.M., Sera F., Guo Y., Chung Y., Arbutnot K., Tong S. et al. A multi-country analysis on potential adaptive mechanisms to cold and heat in a changing climate. *Environ Int*. 2018; 111: 239–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.011>.
8. Mitchell D., Heaviside C., Schaller N., Allen M., Ebi K.L., Fisher E.M. et al. Extreme heat-related mortality avoided under Paris Agreement goals. *Nat Clim Change*. 2018; 8: 551–3. DOI: 10.1038/s41558-018-0210-1.
9. Assessment of risk and damage from climate change affecting increased morbidity and mortality in high-risk populations: Guidelines MR 2.1.10.0057–12 [Otsenka riska i ushcherba ot klimaticheskikh izmeneniy, vliyayushchikh na povysheniye urovnya zabolevayemosti i smertnosti v gruppakh naseleniya povyshennogo riska: Metodicheskiye rekomendatsii MR 2.1.10.0057–12]. Moscow: Federal'nyy tsentr gigiyeny i epidemiologii Rospotrebнадзора; 2012. 48 p. (in Russian)
10. Rakhmanin Yu.A., Bobrovnikii I.P., Yakovlev M.Yu. Scientific, organizational and methodological approaches to the formation and implementation of programs to counter the adverse effects of global climate changes on the population health of the Russian Federation. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97 (11): 1005–10. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1005-10. (in Russian)
11. Karl T.R., Knight R.W. The 1995 Chicago Heat Wave: How Likely Is a Recurrence? *Bull Am Meteorol Soc*. 1997; 78 (6): 1107–19. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078).
12. Robine J.-M., Cheung S.L.K., Roy S., van Oyen H., Griffiths C., Michel J.-P. et al. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C.R. Biol*. 2008; 331: 171–8. DOI: 10.1016/j.solener.2018.11.041.
13. Laaidi K., Zeghnoun A., Dousset B. et al. The Impact of Heat Islands on Mortality in Paris during the August 2003 Heat Wave. *Environ Health Perspect*. 2012; 120 (2): 254–9. DOI: 10.1289/ehp.1103532.
14. Shaposhnikov D., Revich B., Bellander T. et al. Mortality Related to Air Pollution with the Moscow Heat Wave and Wildfire of 2010. *Epidemiology*. 2014; 25 (3): 359–64. DOI: 10.1097/EDE.0000000000000090
15. Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Avaliani S.L., Rubinshteyn K.G., Emelina S.V., Shiryaev M.V. et al. Hazard assessment of the impact of high temperature and air pollution on public health in Moscow. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2015; 94 (1): 36–40. (in Russian)
16. Revich B.A. Heat-waves in metropolises and thresholds of their impact on public health. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2017; 96 (11): 1073–8. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1073-1078. (in Russian)
17. Ebi K.L., Teisberg T.J., Kalkstein L.S., Robinson L., Weiher R.F. Heat watch/warning systems save lives: estimated costs and benefits for Philadelphia 1995–1998. *Bull Am Meteorol Soc*. 2004; 85: 1067–73. DOI: 10.1175/BAMS-85-8-1067.
18. Weinberger K.R., Zanobetti A., Schwartz J., Wellenius G.A. Effectiveness of National Weather Service heat alerts in preventing mortality in 20 US cities. *Environ Int*. 2018; 116: 30–8. DOI: 10.1016/j.envint.2018.03.028.
19. Taleghani M. Outdoor thermal comfort by different heat mitigation strategies: A review. *Renewable Sustainable Energ Rev*. 2018; 81: 2011–8. DOI: 10.1016/j.rser.2017.06.010.
20. Cheng Y.-T., Lung S.-C. C., Hwang J.-S. New approach to identifying proper thresholds for a heat warning system using health risk increments. *Environ Res*. 2019; 170: 282–92. DOI: 10.1016/j.envres.2018.12.059.

21. Haines A., Ebi K. The Imperative for Climate Action to Protect Health. *N Engl J Med.* 2019; 380 (3): 263–73. DOI: 10.1056/nejmra1807873.
22. Martínez-Solanas E., Basagaña X. Temporal changes in temperature-related mortality in Spain and effect of the implementation of a Heat Health Prevention Plan. *Environ Res.* 2019; 169: 102–13. DOI: 10.1016/j.envres.2018.11.006.
23. Kalkstein L.S., Green J.S., Mills D., Samenow J. An Evaluation of the Progress in Reducing Heat-Related Human Mortality in Major U.S. cities. *Nat Hazards.* 2011; 56: 113–29. DOI: 10.1007/s11069-010-9552-3.
24. Hondula D.M., Vanos J.K., Gosling S.N. The SSC: a decade of climate-health research and future directions. *Int J Biometeorol.* 2014; 58 (2): 109–20. DOI: 10.1007/s00484-012-0619-6.
25. Vanos J.K., Hebbert C., Cakmak S. Risk assessment for cardio-vascular and respiratory mortality due to air pollution and synoptic meteorology in 10 Canadian cities. *Environ Pollut.* 2014; 185: 322–32. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.11.007.
26. Hardin A.W., Liu Y., Cao G., Vanos J.K. Urban heat island intensity and spatial variability by synoptic weather type in the northeast U.S. *Urban Clim.* 2018; 24: 747–62. DOI: 10.1016/j.uclim.2017.09.001.
27. Lee D.G., Kim K.R., Kim J., Kim B.-J., Cho C.-H., Sheridan S.C. et al. Effects of heat waves on daily excess mortality in 14 Korean cities during the past 20 years (1991–2010): an application of the spatial synoptic classification approach. *Int J Biometeorol.* 2018; 62: 575–83. DOI: 10.1007/s00484-017-1466-2.
28. Urban A., Kyselý J. Application of spatial synoptic classification in evaluating links between heat stress and cardiovascular mortality and morbidity in Prague, Czech Republic. *Int J Biometeorol.* 2018; 62: 85. DOI: 10.1007/s00484-015-1055-1.
29. Urban A., Hondula D.M., Hanzlíková H., Kyselý J. The predictability of heat-related mortality in Prague, Czech Republic, during summer 2015 – a comparison of selected thermal indices. *Int J Biometeorol.* 2019. DOI: 10.1007/s00484-019-01684-3.
30. Grigorieva E.A., Khristoforova N.K. Discomfort of the climate in Jewish Autonomous Region. *Geografiya i prirodnnye resursy [Geography and Natural Resources]*. 2004; 4: 101–4. (in Russian)
31. Grigorieva E.A. Heat waves in Khabarovsk and health of the population. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [News of Samara Scientific Center of RAS]*. 2014; 5 (2): 843–6. (in Russian)
32. Grigorieva E.A. Heat waves in the South of the Far East and human health. *Informacionnyj byulleten' Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Public Health and Life Environment]*. 2017; 2 (287): 11–4. (in Russian)
33. Kalkstein L.S., Nichols M.C., Barthel C.D., Greene J.S. A New Spatial Synoptic Classification: Application to Air Mass Analysis. *Int J Climatol.* 1996; 16 (8): 983–1004. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(199609)
34. Sheridan S.C. The redevelopment of a weathertype classification scheme for North America. *Int J Climatol.* 2002; 22: 51–68. DOI: 10.1002/joc.709.
35. Steadman R.G. A universal scale of apparent temperature. *J Clim Appl Meteorol.* 1984; 23: 1674–87. DOI: 10.1175/1520-0450(1984)023
36. Population of the Russian Federation by municipalities. Moscow: Federal State Statistics Service Rosstat; 2013. 528 p. (in Russian)
37. Saha M.V., Davis R.E., Hondula D.M. Mortality Displacement as a Function of Heat Event Strength in 7 US Cities. *Am J Epidemiol.* 2014; 179 (4): 467–74. DOI: <https://doi.org/10.1093/aje/kwt264>.
38. Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Anisimov O.A., Belolutskaia M.A. Heat waves and cold spells in three arctic and subarctic cities as mortality risk factors. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97 (9): 791–8. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-8-791-798. (in Russian)
39. Saltykova M.M., Bobrovnikii I.P., Yakovlev M.Yu., Banchenko A.D., Nagornev S.N. A new approach to the analysis of the influence of weather conditions on the human organism. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97 (11): 1038–42. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42. (in Russian)
40. Gasparri A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package dlnm. *J Stat Softw.* 2011; 43 (8): 1–20. DOI: 10.18637/jss.v043.i08.