

Научная статья  
УДК 614.873  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.79.22.005

## Оценка и анализ территориальных рисков здоровью населения от влияния климатических факторов

**Ольга Викторовна Тасейко**

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика*

*М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-0314-4881>*

*Автор ответственный за переписку: Ольга Викторовна Тасейко, [taseiko@gmail.com](mailto:taseiko@gmail.com)*

**Аннотация.** Предложена модель оценки риска повышения смертности населения от воздействия температурных волн. Модель учитывает вероятности возникновения волн жары и холода, уровень медицинского обслуживания, половозрастную структуру и показатели заболеваемости населения. С учетом локальных климатических особенностей городов Красноярского края наиболее высокие показатели риска от воздействия температурных волн обеих групп получены для городов Ачинск, Минусинск и Назарово, наименьшие значения рисков получены для населения городов Красноярск, Бородино, Боготол. Предложенная в работе модель оценки рисков здоровью населения от воздействия температурных волн может быть встроена в систему управления здоровьем населения на региональном и муниципальном уровнях.

**Ключевые слова:** вероятность возникновения волн жары и холода, биоклиматический индекс, риск здоровью от влияния климатических факторов, уровень медицинского обслуживания

**Для цитирования:** Тасейко О.В. Оценка и анализ территориальных рисков здоровью населения от влияния климатических факторов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 75-85. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.79.22.005>.

Original article

## ASSESSMENT AND ANALYSIS OF TERRITORIAL HEALTH RISKS CAUSED BY CLIMATIC FACTORS

**Olga V. Taseiko**

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia,*

*<https://orcid.org/0000-0002-0314-4881>*

**Corresponding author:** Olga V. Taseiko, [taseiko@gmail.com](mailto:taseiko@gmail.com)

**Abstract.** This article proposes the model for assessment of risk mortality caused by temperature waves. The model takes into account the probability of occurrence of heat and cold waves, the level of medical care, the age and gender structure, and morbidity rates of the population. Taking into account the local climatic features of the cities of Krasnoyarsk Krai, the highest risk rates from exposure to temperature waves of both groups were obtained for the cities of Achinsk, Minusinsk, and Nazarovo, the lowest risk values were obtained for the population of the cities of Krasnoyarsk, Borodino, and Bogotol. The model for assessing health risks to population from exposure to temperature waves proposed in the work can be integrated into the health management system of the population at the regional and municipal levels.

**Keywords:** probability of heat and cold waves, bioclimatic index, health risk from the influence of climatic factors, level of medical care

**For citation:** Taseiko O.V. Assessment and analysis of territorial health risks caused by climatic factors // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2024. № 3 (34). С. 75-85. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.79.22.005>.

## Введение

Важнейшим фактором устойчивого развития территории является здоровье, благополучие, безопасность и защищенность населения. Защита от прямого вреда экстремальных климатических явлений – одна из основных биофизических и психосоциальных потребностей человека [1].

Анализ состояния безопасности в природно-социальной сфере показывает, что угрозы, связанные с климатическими факторами, могут стать одними из доминирующих. Предупреждение природно-климатических опасностей может быть эффективным при разработке методологического комплекса анализа территорий на основе риск-ориентированного подхода. Оценки климатических рисков, могут стать основой для научно-обоснованных способов адаптации населения к природно-климатическим особенностям территорий. В настоящее время к факторам возникновения климатических рисков относят [2-10]:

- воздействие температурных волн (жары/холода) на здоровье населения;
- гидрологические опасные явления;
- загрязнение атмосферного воздуха и воздуха внутри помещений, включая аэроаллергены;
- насекомые-переносчики болезней человека;
- опасности, вызванные переносом водой инфекционных и химических загрязнителей.

Актуальность работы обусловлена Рамочной программой ООН об изменении климата, а также разработкой системы, объединяющей междисциплинарные исследования и стратегии общественного здравоохранения, что способствует расширению потенциала страны в области прогнозирования, предотвращения и смягчения рисков для здоровья, связанных с климатическими особенностями. Научно-обоснованные рекомендации и предложения по снижению рисков для здоровья должны основываться на выявлении районов высокой опасности и уязвимости населения к климатозависимым заболеваниям. Методы и подходы оценки рисков варьируется в широких пределах из-за географической неоднородности. Основное внимание большинства исследований направлено на изучение тепловых волн, в то время как волны холода остаются не учтенными. Кроме того, масштабы исследований, как правило, локальные, что не позволяет разрабатывать конкретные рекомендации по смягчению последствий и адаптации на региональном уровне. При этом разработанные индексы тепловой уязвимости на основе воздействия, чувствительности и способности к адаптации могут применяться для оценки риска на разных уровнях [8,10-19]. Эти подходы позволяют количественно оценивать относительный тепловой риск для выявления уязвимых территорий и принятия, соответствующих мер противодействия.

Наиболее целесообразным является анализ комплексного влияния климатических рисков, связанных с одновременным возникновением экстремальных погодных явлений и других опасных ситуаций, влияющих на здоровье человека [10]. Широкое применение получил подход по управлению климатическими рисками, основанный на Пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), основанный на производстве трех переменных: Н - опасность, Е - подверженность и V – уязвимость [8,10,20-21]. Представленная концепция описывает риск как функцию опасности, подверженности и уязвимости и рассматривает риск, как результат взаимодействия этих трех переменных. В [21] предложена также система оценки риска экстремальной жары (RAFEN),

которая включает такие переменные, как тепловая опасность, воздействие и уязвимость. Характеристики тепловой опасности включают экстремальные тепловые явления и их воздействие на здоровье населения, средства к существованию, инфраструктуру, предоставление услуг и т. д. Подверженность риску понимается, как близость людей или систем к экстремальной тепловой опасности. Уязвимость включает в себя чувствительность или восприимчивость к воздействию факторов окружающей среды и неспособность адаптироваться к изменениям [22]. В Российской Федерации наличие зависимости между уровнями смертности и климатическими факторами, такими как температурные волны, установлено в ряде исследований, выполненных для городов: Архангельск, Якутск, Астрахань, Красноярск, Москва и др. [2,14,23].

Для прогнозирования заболеваемости от температурных волн используют нелинейные модели с распределенным запаздыванием для изучения взаимосвязи между экспозицией, запаздыванием и реакцией ежедневной смертности на максимальное значение теплового показателя [21,22,24]. В задачах оценки относительного увеличения причинно-возрастных коэффициентов ежедневной смертности во время периодов жары и холода используется также обобщённая Пуассоновская регрессионная модель суточной смертности с поправкой на отсроченный характер воздействия, а также с учётом сезонного, еженедельного и многолетнего тренда [12].

Целью данной работы является развитие методологии анализа и оценки рисков здоровью населению от влияния климатических факторов с апробацией на примере городов Красноярского края.

### **Разработка модели оценки территориального риска здоровью населения от воздействия климатических факторов**

Большая часть исследований по оценке влияния температурных волн на показатели смертности населения основывается на оценке относительного риска (RR), что не позволяет использовать полученные результаты для задач прогноза и управления рисками в условиях климатических изменений. Предлагаемый в работе подход позволяет получить вероятностные оценки возникновения опасных факторов и комплексные показатели риска здоровью населения. Что также позволяет сопоставлять полученные результаты с оценками воздействия на показатели здоровья от других факторов.

Для оценки риска повышения смертности от влияния климатических факторов предложена функция:

$$R_{\text{Р}}^{\text{КЛ}} = P_{\text{нф}} \cdot P_{\text{кф}} \cdot k_{\text{с}} \quad (1)$$

где  $P_{\text{нф}}$  – вероятность появления негативного фактора (температурной волны), определена на основе данных государственной сети мониторинга;

$P_{\text{кф}}$  – вероятность статистически достоверного повышения смертности от действия фактора;

$k_{\text{с}}$  – коэффициент общей характеристики территории, муниципального образования по совокупности показателей заболеваемости, уровня медицинского обслуживания, характера влияния показателей внешней среды на здоровье населения.

Вероятность смерти в период действия климатического фактора  $P_{\text{кф}}$  рассчитывается как отношение смертности в период воздействия фактора к общей смертности:

$$P_{\text{кф}} = d_{\text{ф}}/d_{\text{об}} \quad (2)$$

где  $d_{\text{ф}}$  – смертность в период действия фактора за исследуемый период;

$d_{\text{об}}$  – общая смертность за весь период.

Вероятность возникновения негативного фактора оценивается по классической формуле вероятности наступления негативного события:

$$P_{\text{нф}} = N_{\text{д}} / (365 \cdot T_{\text{г}}) \quad (3)$$

где  $N_{\text{д}}$  – количество дней в период действия фактора;

$T_{\text{г}}$  – исследуемый период, лет.

Для учета фоновых характеристик состояния здоровья, уровня медицинского обслуживания населения, климатических особенностей муниципальных образований и территорий предложен коэффициент общей характеристики территорий  $k_{\text{ci}}$ , который определяется из следующего соотношения:

$$k_{\text{ci}} = Z_i \cdot M_i \cdot B_i \quad (4)$$

где  $Z_i$  – количественная характеристика уровня заболеваемости для  $i$ -го региона (кол-во заболевших/1000 населения), учитываются заболевания, являющиеся климатозависимыми, для использования в расчетах каждый показатель нормировался на разницу между максимальным и минимальным значениями;

$M_i$  – количественная характеристика уровня медицинского обслуживания  $i$ -го региона;

$B_i$  – биоклиматическая характеристика территории.

Для оценки биоклиматической характеристики территории применяется уточненная нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ<sub>у</sub>) [3-5]:

$$\text{НЭЭТ}_y = 37 - \frac{37 - T}{0,68 - 0,0024 \cdot U + \frac{1}{1,78 + 1,4 \cdot V^{0,75}}} - 0,29 \cdot T \cdot \left(1 - \frac{U}{100}\right) \quad (5)$$

где НЭЭТ<sub>у</sub> – уточненная нормальная эквивалентно-эффективная температура, °С;

$T$  – температура сухого термометра, °С;  $U$  – относительная влажность, %;

$V$  – скорость ветра, м/с.

Выбор индекса НЭЭТ среди множества существующих связан с одновременным учётом в нём всех основных метеопараметров [3-4]. Для интерпретации результатов расчета используется классификация тепловой чувствительности по значениям НЭЭТ<sub>у</sub> на основе групп чувствительности с 12- и 6-градусными ступенями [4]. Для перехода от НЭЭТ к коэффициенту  $B_i$  все значения нормировались на разницу между максимальным и минимальным значением ряда.

Количественная характеристика уровня медицинского обслуживания  $i$ -го региона  $M_i^*$  связана с отношением числа фактического количества медицинских учреждений на рассматриваемой территории к нормативному:

$$M_i^* = \frac{N_{\text{бо}}^i}{N_{\text{бо}}^{\text{н}}} + \frac{N_{\text{лпо}}^i}{N_{\text{лпо}}^{\text{н}}} + \frac{N_{\text{сбо}}^i}{N_{\text{сбо}}^{\text{н}}} + \frac{N_{\text{бк}}^i}{N_{\text{бк}}^{\text{н}}} + \frac{N_{\text{чв}}^i}{N_{\text{чв}}^{\text{н}}} + \frac{N_{\text{фа}}^i}{N_{\text{фа}}^{\text{н}}} + \frac{N_{\text{нл}}^i}{N_{\text{нл}}^{\text{н}}} \quad (6)$$

где  $N$  – фактическое ( $i$ ) и нормативное ( $н$ ) количество медицинских учреждений на рассматриваемой территории категорий:

*бо* - районные участковые больницы в составе ЦРБ и другие больничные отделения в составе ЛПО;

*лпо* - поликлинические отделения для взрослых в составе больничных организаций и других ЛПО;

*сбо* - амбулаторно-поликлинические организации других типов;

*бк* - поликлинические детские отделений (кабинетов) в составе больничных организаций и других ЛПО;

*чв* - бригады скорой помощи;

*фа* - фельдшерско-акушерские пункты;

*д* - диспансеры.

В случае отсутствия какого-либо показателя в статистических данных, его нормативное значение также обнуляется. Необходимое количество медицинских учреждений определялось согласно [25].

На первом этапе все показатели в формулах (1) – (6) были оценены для г. Красноярск, поскольку получение статистически достоверных значений вероятности смертности возможны для территорий с большой численностью населения (более 1 млн.).

С целью получения оценок для других территорий со сходными климатическими характеристиками применялась корректировка каждого показателя относительно фоновых значений. Учет фоновых показателей выполнялся для состояния заболеваемости населения  $Z_i$  (9), уровня медицинского обслуживания  $M_i$  (8) и климатических особенностей  $B_i$  (7).

Количественная характеристика уровня заболеваемости для  $i$ -го региона:

$$z_i = \frac{N_{\text{ОД}}^i}{N_{\text{ОД}}^{\text{кр}}} + \frac{N_{\text{ОК}}^i}{N_{\text{ОК}}^{\text{кр}}} \quad (7)$$

где  $N_{\text{ОД}}^i$  – заболеваемость болезнями органов дыхания на рассматриваемой территории;

$N_{\text{ОК}}^i$  – заболеваемость болезнями органов кровообращения на рассматриваемой территории;

$N_{\text{ОД}}^{\text{кр}}$  – заболеваемость болезнями органов дыхания населения г. Красноярск;

$N_{\text{ОК}}^{\text{кр}}$  – заболеваемость болезнями органов кровообращения населения г. Красноярск;

Для учета уровня медицинского обслуживания в модели оценки риска (1) показатель для каждого района  $M_i^*$  корректируется на показатель для г. Красноярск  $M_{\text{кр}}^*$ :

$$M_i = \frac{M_i^*}{M_{\text{кр}}^*}. \quad (8)$$

В качестве биоклиматической характеристики территории  $B_i$  в работе используется отношение биоклиматического индекса  $i$ -ой территории к значению индекса для базовой территории (г. Красноярск):

$$B_i = \frac{\text{НЭЭТ}_y^i}{\text{НЭЭТ}_y^{\text{кр}}} \quad (9)$$

где  $\text{НЭЭТ}_y^i$  – биоклиматический индекс для рассматриваемой территории;  $\text{НЭЭТ}_y^{\text{кр}}$  – биоклиматический индекс для г. Красноярск.

## Результаты

Оценка климатических параметров (волны жары и холода, биоклиматический индекс) территории Красноярского края выполнялась с использованием данных государственной наблюдательной сети за период 2000-2023 гг. [26]. Оценка характеристик заболеваемости и уровня медицинского обслуживания, рассматриваемых территорий выполнялась по данным Красноярскстата [27]. Вероятность повышения смертности от влияния волн жары и холода оценивалась для г. Красноярск по суточным показателями смертности населения и характеристик волн жары за период с 2000 по 2018 гг. [2,28]. Все показатели в формулах (1) – (9) оценивались для городов Красноярского края, но оценки могут выполняться для любого муниципального образования, которое может быть городом или районом в соответствии с административно-территориальным делением выбранной территории.

Оценка рисков повышения смертности от воздействия волн жары и холода для городов Красноярского края выполнялась по тем климатозависимым заболеваниям и возрастным группам, для которых получены статистически значимые показатели повышения смертности [27]. Наибольшая зависимость показателей смертности от влияния температурных волн получена для людей, имеющих болезни кровообращения в возрасте 45 лет и старше независимо от возраста (Рис.1-2).

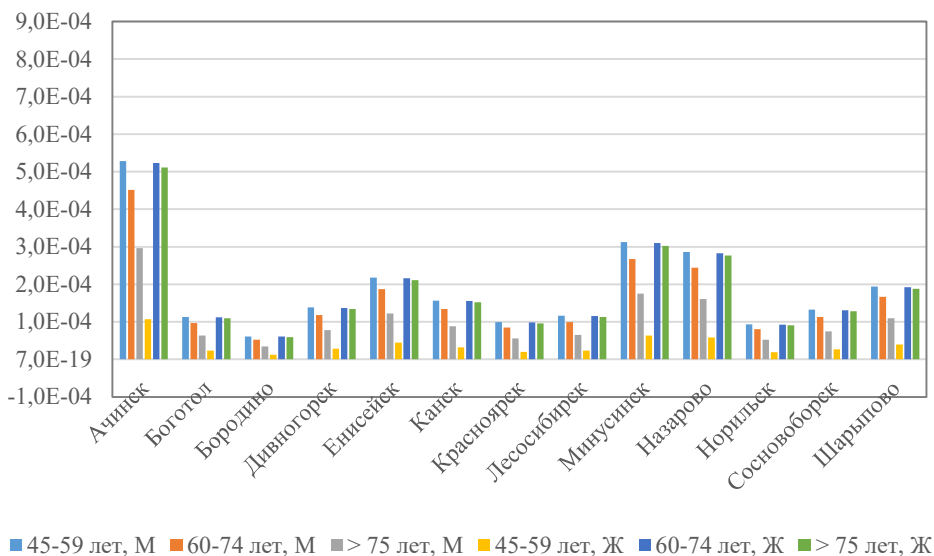


Рис.1. – Риск смертности от болезней системы кровообращения при воздействии волн жары по возрастным группам для городов Красноярского края (М-мужчины, Ж-женщины)

При этом риск от воздействия волн холода практически в два раза превышает риск от воздействия волн жары.

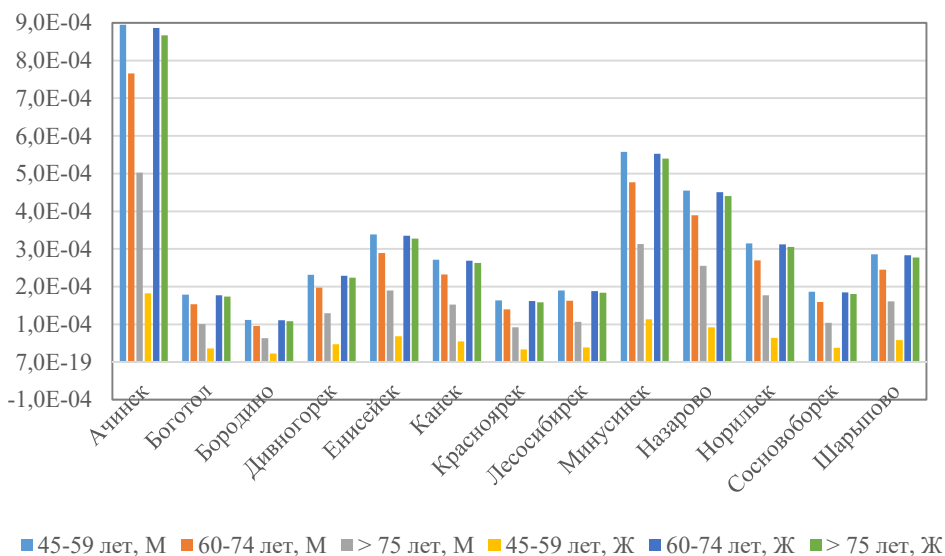


Рис.2. – Риск смертности от болезней системы кровообращения при воздействии волн холода по возрастным группам для городов Красноярского края (М-мужчины, Ж-женщины)

Среди населения, имеющего заболевания органов дыхания, наиболее чувствительными к воздействию температурных волн оказались мужчины в возрасте от 45 до 59 лет. (Рис.3).

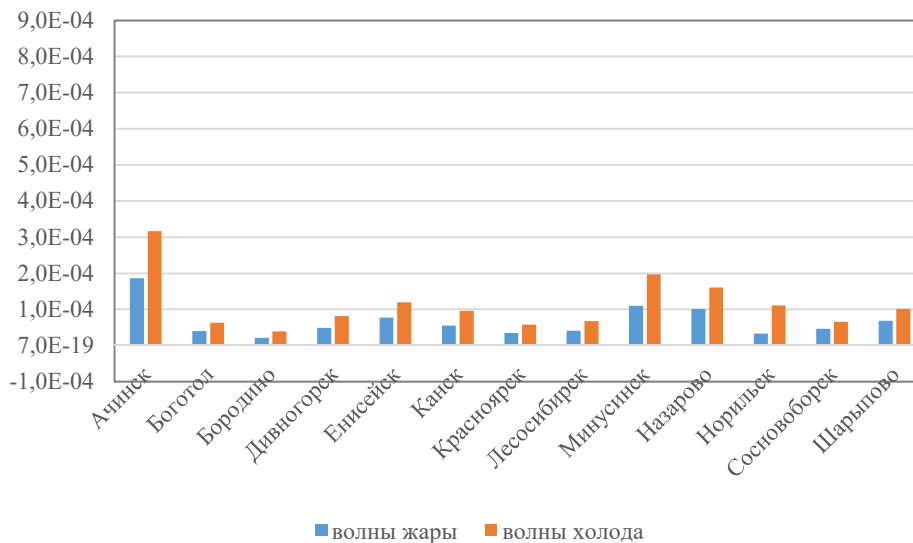


Рис.3. – Риск смертности от болезней органов дыхания при воздействии температурных волн для городов Красноярского края, мужчины, 45-59 лет

В целом волны холода оказывают большее влияние на повышение смертности населения городов Красноярского края, чем волны жары. Для г. Норильска, как самого северного из рассматриваемых характерно наиболее значительное превышение вероятности возникновения волн холода относительно волн жары – до четырех раз. Но особенности половозрастной структуры и уровня медицинского обслуживания привели к незначительным относительно других городов уровням риска. Локальные климатические особенности территорий приводят к тому, что риск от воздействия температурных волн обеих групп выше для городов Ачинск, Минусинск и Назарово. Наименьшие значения рисков получены для населения городов Красноярск, Бородино, Боготол. Но с учетом того, что в г. Красноярск проживает треть населения края, общий уровень негативного воздействия температурных волн в столице края будет значительно выше. Тем не менее, разрабатывать механизмы адаптации населения к негативному воздействию климатических факторов необходимо для всех территорий края, включая Северные и Арктические районы.

Для получения значений комплексного риска от влияния негативных факторов окружающей среды возможно включение в модель оценок рисков от влияния загрязнения воздуха, которое в наибольшей степени проявится для городов Красноярск и Норильск.

## Заключение

Предложенная в работе модель оценки рисков здоровью населения от воздействия температурных волн может быть встроена в систему управления здоровьем населения на региональном и муниципальном уровнях. Разработанная модель позволяет учитывать локальные особенности факторов, воздействующих на здоровье населения, так и факторов, которые могут являться управляющими воздействиями. Модель может быть адаптирована к территориям с другими климатическими характеристиками в случае наличия базы статистической информации о суточных показателях смертности населения и изменениях факторов воздействия, таких как температурные волны, или любых других. Полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегий повышения защищённости населения на территориях с суровым климатом, поскольку освоение Арктических территорий является в настоящее время стратегически важной задачей.

Результаты подобных исследований могут быть полезны в предоставлении научной информации для разработки национальной стратегии политики адаптации здоровья человека в условиях изменения климата и интенсификации антропогенного воздействия. Полученные

данные возможно также использовать при разработке мероприятий, направленных на сокращение смертности трудоспособного населения и при формировании социальной политики региона, эффективная реализация которой является одним из факторов, существенно влияющих на степень стабильности государственной деятельности.

### Список источников

1. Мишаткина Т.В. Экологическая безопасность в обществе риска / Журнал Белорусского государственного университета. Экология, 2021. – №1. – С. 4-14. [Электронный ресурс]. – URL:<https://journals.bsu.by/index.php/ecology/article/view/3866>.
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок «Региональные проблемы безопасности». Раздел II. Территориальные риски регионов Сибири. Кузбасс. Енисейская Сибирь. Байкал. / Науч. руков. чл.-корр. РАН Махутов Н.А., под ред. Москвичева В.В. – М.: МГОФ «Знание», 2024. – 624 с.
3. Ревич Б.А. Меняющийся климат и здоровье населения: проблемы адаптации / Б. А. Ревич. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, 2023. 168 с.
4. Капон А. Использование урбанизации для благополучия человека и здоровья планеты. *The Lancet Planetary Health* 2017, 1, стр. 6–7.
5. Braneon C., Ortiz L., Bader D., Devineni N., Orton P., Rosenzweig B., McPhearson T., Smalls-Mantey L., Gornitz V., Mayo T., Kadam S., Sheerazi H., Glenn E., Yoon L., Derras-Chouk A., Towers J., Leichenko R., Balk D., Marcotullio P., Horton R. (2024). NPCC4: Информация о климатических рисках в Нью-Йорке на 2022 год: наблюдения и прогнозы. *Анналы Нью-Йоркской академии наук*.
6. González J.E., Ortiz L., Smith B.K., Devineni N., Colle B., Booth J.F., Ravindranath A., Rivera L., Horton R., Towey K., Kushnir Y., Manley D., Bader D., Rosenzweig C. (2019). Доклад Нью-Йоркской городской группы экспертов по изменению климата за 2019 год. Глава 2: Новые методы оценки экстремальных температур, сильных дождей и засух. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1439, 30–70.
7. Национальное управление океанических и атмосферных исследований. HEAT.gov - Национальная интегрированная система информации о состоянии здоровья в условиях жары. (2023). [Электронный ресурс]. – URL:<https://www.heat.gov/>.
8. Ortiz L., Braneon C.V., Horton R., Bader D., Orton P.M., Gornitz V., Rosenzweig B.R., McPhearson T., Smalls-Mantey L., Sheerazi H., Montalto F.A., Goldhandan M.R., Evans C., DeGaetano A.T., Mallen E., Carter L., McConnell K., Mayo T.L. (2024). NPCC4: Хвостовой риск, климатические факторы экстремальной жары и новые методы прогнозирования экстремальных событий. *Анналы Нью-Йоркской академии наук*.
9. Kinney P.L., Matte T., Knowlton K., Madrigano J., Petkova E., Weinberger K., Quinn A., Arend M., Pullen J. (2015). Отчет Нью-Йоркской группы экспертов по изменению климата за 2015 год. Глава 5: Влияние на общественное здоровье и устойчивость. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1336, 67–88.
10. Винер Д., Экстром М., Халберт М., Уорнер Н.К., Рефорд А., Зоммерс З. (2020). Понимание динамической природы риска в оценках изменения климата — новая отправная точка для обсуждения. *Atmospheric Science Letters*, 21, 1–8.
11. Шервуд С.К., Хубер М. (2010). Предел адаптации к изменению климата из-за теплового стресса. *Труды Национальной академии наук Соединенных Штатов Америки*, 107, 9552–9555.
12. Парлиари Д., Кеппас С., Пападогианнаки С., Пападопулос Г., Контос С., Мелас Д. Прогнозы смертности, связанной с жарой, под воздействием изменения климата в Салониках, Греция. *Environ. Sci. Proc.* 2023, 26, 6072.
13. Пападопулос Г., Кеппас С.К., Парлиари Д., Контос С., Пападогианнаки С., Мелас Д. Будущие прогнозы волн тепла и связанного с ними риска смертности в прибрежном средиземноморском городе. *Устойчивое развитие* 2024, 16, 1072.
14. Шапошников Д.А. Оценка зависимости избыточной смертности населения в городах Арктического макрорегиона от температурных волн / Шапошников Д.А., Ревич Б. А. // *Экология человека*. – 2023. – № 4. – С. 287-300.



15. Heaton M.J., Sain S.R., Greasby T.A., Uejio C.K., Hayden M.H., Monaghan A.J., Boehnert J., Sampson K., Banerjee D., Nepal V. и др. Характеристика городской уязвимости к тепловому стрессу с использованием модели с пространственно изменяющимся коэффициентом. *Spat. Пространственно-временная эпидемиология*. 2014, 8, 23–33.
16. Иностранца Л., Пальме М., де ла Баррера Ф. Индекс уязвимости к теплу: пространственные закономерности воздействия, чувствительности и адаптивной способности для Сантьяго-де-Чили. *PLoS ONE* 2016, 11, e0162464.
17. Mushore T.D., Mutanga O., Odindi J., Dube T. Определение уязвимости мегаполиса Хараре к экстремальной жаре с использованием многоспектрального дистанционного зондирования и социально-экономических данных. *J. Spat. Sci.* 2017, 63, 173–191.
18. Мендес-Лазаро П., Мюллер-Каргер Ф.Э., Отис Д., Маккарти М.Дж., Родригес Э. Индекс уязвимости к жаре для улучшения управления городским общественным здравоохранением в Сан-Хуане, Пуэрто-Рико. *Int. J. Biometeorol.* 2018, 62, 709–722.
19. Voelkel J., Hellman D., Sakuma R., Shandas V. Оценка уязвимости к городской жаре: исследование непропорционального воздействия тепла и доступа к убежищу по социально-демографическому статусу в Портленде, штат Орегон. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 640.
20. МГЭИК. Изменение климата 2014: Воздействия, адаптация и уязвимость. Резюме, часто задаваемые вопросы и перекрестные вставки по главам. Вклад рабочей группы II в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата; Всемирная метеорологическая организация: Женева, Швейцария, 2014.
21. Томас Мэтт, Кэтрин Лейн, Дженна Ф. Типальдо, Дженис Барнс, Ким Ноултон, Эмили Торем, Гоури Ананд, Лив Юн, Питер Маркотулло, Дебора Балк, Хуанита Констибл, Хейли Эльсас, Казухико Ито, Сонал Джессел, Виджай Лимэй, Робби Паркс, Мэллори Рутильяно, Сесилия Соренсон, Ариэль Юань. (2024) NРСС4: Изменение климата и риск для здоровья Нью-Йорка, *Анналы Нью-Йоркской академии наук*.
22. Rosenzweig C., Solecki W. (2019). Нью-Йоркская группа экспертов по изменению климата, отчет 2019 г., глава 1: Введение. *Анналы Нью-Йоркской академии наук*, 1439, 22–29.
23. Ревич Б.А. Динамика смертности и ожидаемой продолжительности жизни населения арктического/приарктического региона России в 1999-2014 годах / Ревич Б.А., Харьковская Т.Л., Подольная М.А. // *Экология человека*. 2017. № 9. С. 48-58.
24. Тасейко О.В. Оценка влияния факторов окружающей среды на показатели смертности населения старших возрастных групп на примере Г. Красноярск / Тасейко О.В., Черных Д.А. // *Проблемы управления*. – 2021. – № 5. – С. 60-69.
25. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 27 февраля 2016 г. N 132н «О Требованиях к размещению медицинских организаций государственной системы здравоохранения и муниципальной системы здравоохранения исходя из потребностей населения». Введ. с 15.04.2016. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71260614/>.
26. Архив погоды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rp5.ru/> (дата обращения 20.08.2024).
27. Управление Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва. [Электронный ресурс]. – URL: <https://24.rosstat.gov.ru/folder/27812>.
28. Черных Д.А. Оценка риска повышения смертности от температурных волн для населения города Красноярск / Черных Д.А., Тасейко О.В. // *Экология человека*. – 2018. – № 2. – С. 3-8.

## References

1. Mishatkina T.V. Ecological security in risk society. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2021. № 1. P. 4-14. [Electronic resource]. – Access mode: <https://journals.bsu.by/index.php/ecology/article/view/3866>.
2. Safety of Russia. Legal, socio-economic and scientific-technical aspects. Thematic block “Regional security problems”. Section II. Territorial risks of the regions of Siberia. Kuzbass. Yenisei

Siberia. Baikal. / Scientific management Corresponding member RAS Makhutov N.A., edited by Moskvichev V.V. – M: «Znanie», 2024. – 624 p.

3. Revich B.A. Changing climate and public health: problems of adaptation: scientific report. 2023. 168 p. <https://doi.org/10.47711/srl-2023>.

4. Capon A. (2017). Harnessing urbanisation for human wellbeing and planetary health. *The Lancet Planetary Health*, 1, e6–e7.

5. Braneon C., Ortiz L., Bader D., Devineni N., Orton P., Rosenzweig B., McPhearson T., Smalls-Mantey L., Gornitz V., Mayo T., Kadam S., Sheerazi H., Glenn E., Yoon L., Derras-Chouk A., Towers J., Leichenko R., Balk D., Marcotullio P., Horton R. (2024). NPCC4: NYC climate risk information 2022: Observations and projections. *Annals of the New York Academy of Sciences*.

6. González J.E., Ortiz L., Smith B.K., Devineni N., Colle B., Booth J.F., Ravindranath A., Rivera L., Horton R., Towey K., Kushnir Y., Manley D., Bader D., Rosenzweig C. (2019). New York City Panel on Climate Change 2019 Report Chapter 2: New methods for assessing extreme temperatures, heavy downpours, and drought. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1439, 30–70.

7. National Oceanic and Atmospheric Administration. HEAT.gov - National integrated heat health information system. (2023). [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.heat.gov/>.

8. Ortiz L., Braneon C.V., Horton R., Bader D., Orton P.M., Gornitz V., Rosenzweig B.R., McPhearson T., Smalls-Mantey L., Sheerazi H., Montalto F.A., Goldhandan M.R., Evans C., DeGaetano A.T., Mallen E., Carter L., McConnell K., Mayo T.L. (2024). NPCC4: Tail risk, climate drivers of extreme heat, and new methods for extreme event projections. *Annals of New York Academy of Sciences*.

9. Kinney P.L., Matte T., Knowlton K., Madrigano J., Petkova E., Weinberger K., Quinn A., Arend M., Pullen J. (2015). New York City Panel on Climate Change 2015 Report. Chapter 5: Public health impacts and resiliency. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1336, 67–88.

10. Viner D., Ekstrom M., Hulbert M., Warner N. K., Wreford A., Zommers Z. (2020). Understanding the dynamic nature of risk in climate change assessments—A new starting point for discussion. *Atmospheric Science Letters*, 21, 1–8.

11. Sherwood S.C., Huber M. (2010). An adaptability limit to climate change due to heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 9552–9555.

12. Parliari D., Keppas S., Papadogiannaki S., Papadopoulos G., Kontos S., Melas D. Projections of Heat-Related Mortality under the Impact of Climate Change in Thessaloniki, Greece. *Environ. Sci. Proc.* 2023, 26, 6072.

13. Papadopoulos G., Keppas S.C., Parliari D., Kontos S., Papadogiannaki S., Melas D. Future Projections of Heat Waves and Associated Mortality Risk in a Coastal Mediterranean City. *Sustainability* 2024, 16, 1072.

14. Shaposhnikov D.A., Revich B.A., Impact of heat waves and cold spells on mortality in cities located in the Russian Arctic macroregion. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023, 30(4):287–300.

15. Heaton M.J., Sain S.R., Greasby T.A., Uejio C.K., Hayden M.H., Monaghan A.J., Boehnert J., Sampson K., Banerjee D., Nepal V., et al. Characterizing urban vulnerability to heat stress using a spatially varying coefficient model. *Spat. Spatio-Temporal Epidemiol.* 2014, 8, 23–33.

16. Inostroza L., Palme M., de la Barrera F.A. Heat Vulnerability Index: Spatial Patterns of Exposure, Sensitivity and Adaptive Capacity for Santiago de Chile. *PLoS ONE* 2016, 11, e0162464.

17. Mushore T.D., Mutanga O., Odindi J., Dube T. Determining extreme heat vulnerability of Harare Metropolitan City using multispectral remote sensing and socio-economic data. *J. Spat. Sci.* 2017, 63, 173–191.

18. Mendez-Lazaro P., Muller-Karger F.E., Otis D., McCarthy M.J., Rodriguez E.A. heat vulnerability index to improve urban public health management in San Juan, Puerto Rico. *Int. J. Biometeorol.* 2018, 62, 709–722.

19. Voelkel J., Hellman D., Sakuma R., Shandas V. Assessing Vulnerability to Urban Heat: A Study of Disproportionate Heat Exposure and Access to Refuge by Socio-Demographic Status in Portland, Oregon. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 640.

20. IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. In A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, 2014.

21. Thomas Matte, Kathryn Lane, Jenna F. Tipaldo, Janice Barnes, Kim Knowlton, Emily Torem, Gowri Anand, Liv Yoon, Peter Marcotullio, Deborah Balk, Juanita Constible, Hayley Elszasz, Kazuhiko Ito, Sonal Jessel, Vijay Limaye, Robbie Parks, Mallory Rutigliano, Cecilia Sorenson, Ariel Yuan. (2024) NPCC4: Climate change and New York City's health risk, *Annals of New York Academy of Sciences*.

22. Rosenzweig C., Solecki W. (2019). New York City Panel on Climate Change 2019 Report Chapter 1: Introduction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1439, 22–29.

23. Revich B.A. Mortality dynamics and life expectancy of population of Arctic/Cubarttic region of Russian Federation in 1999-2014 / Revich B.A., Kharkova T.L., Podolnaya M.A. // *Human ecology*. 2017. № 9. P. 48-58.

24. Taseiko O.V., Chernykh D.A. Estimating the influence of environmental factors on mortality in elder age groups: an example of Krasnoyarsk. *Control Sciences*. 2021. №. 5. P. 53-60.

25. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 02.27.2016 №. 132n "On the requirements for the placement of medical organizations of the State health system and the municipal health system based on the needs of the population" (Registered 03.22.2016 №. 41485).

26. Weather Archive. [Electronic resource]. – Access mode: <http://rp5.ru/> (date accessed 20.08.2024).

27. Health care. Department of the Federal State Statistics Service for the Krasnoyarsk Territory, the Republic of Khakassia and the Republic of Tyva. [Electronic resource]. – Access mode: <https://24.rosstat.gov.ru/>.

28. Chernykh D.A., Taseiko O.V. Assessment of the risk mortality from thermal waves in Krasnoyarsk city. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018. 3-8.

#### Информация об авторах

О.В. Тасейко - кандидат физико-математических наук, доцент

Information about the author

O.V.Taseiko - Ph.D. of physical and mathematical Sciences, Associate Professor

Статья поступила в редакцию 29.07.2024, одобрена после рецензирования 22.08.2024, принята к публикации 01.09.2024.

The article was submitted 29.07.2024, approved after reviewing 22.08.2024, accepted for publication 01.09.2024.