© Черных Д.А., Бельская Е.Н., Тасейко О.В., 2021

УДК 614.7:502.313:504.38:504.75.05

Климатические характеристики как потенциальные факторы риска для здоровья населения Красноярского края. Сообщение 1

Д.А. Черных[1,2], Е.Н. Бельская[2], О.В. Тасейко[1,2]

[1]Красноярский филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий», пр-т Мира, д. 53, г. Красноярск, 660049, Российская Федерация

[2]ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», проспект имени газеты «Красноярский рабочий», д. 31, г. Красноярск, 660037, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Оценка рисков здоровью населения заключается в установлении вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека, обусловленных воздействием факторов среды обитания. *Цель исследования* – анализ климатических параметров в качестве потенциальных факторов риска здоровью населения муниципальных образований Красноярского края. *Методы.* Выполнена обработка данных метеорологических наблюдений государственной наблюдательной сети Красноясского края, включающих среднюю, максимальную и минимальную температуры воздуха. По условиям общепринятого международного протокола измерения проводились в автоматическом режиме. Идентификация климатических характеристик проводилась с использованием метода многолетнего распределения среднесуточных температур. Для оценки климатических особенностей Красноярского края изучались следующие климатические параметры: среднесезонная температура, дата устойчивого перехода температуры через ноль, температурные волны, экстремальные перепады температуры в течение суток и биоклиматические индексы. *Результаты.* Проведен анализ климатических характеристик как потенциальных факторов риска для здоровья населения шести городов Красноярского края (Ачинск, Канск, Красноярск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск) за период с 1919 по 2019 г. *Выводы.* Полученные оценки могут быть использованы для анализа взаимосвязи между климатическими факторами совместно с качеством атмосферного воздуха и уровнями заболеваемости и смертности населения, а также для прогноза смертности населения.

Ключевые слова: здоровье и смертность населения; биоклиматические индексы; климатические параметры.

Для цитирования: Черных Д.А., Бельская Е.Н., Тасейко О.В. Климатические характеристики как потенциальные факторы риска для здоровья населения Красноярского края. Сообщение 1 // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 1 (334). С. 54–62. DOI: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-54-62

Информация об авторах:

✉ **Черных** Дарья Александровна – м.н.с. Красноярского филиала ФИЦ ИВТ; аспирант третьего курса обучения СибГУ имени академика М.Ф. Решетнева; e-mail: dachernykh93@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-2751-3979.

Бельская Екатерина Николаевна – к.т.н, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности СибГУ имени академика М.Ф. Решетнева; e-mail: ketrin_nii@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-6829-3872.

Тасейко Ольга Викторовна – к.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедры безопасности жизнедеятельности СибГУ имени академика М.Ф. Решетнева; с.н.с. Красноярского филиала ФИЦ ИВТ; e-mail: taseiko@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-0314-4881.

Climate Characteristics as Potential Risk Factors for the Population Health of the Krasnoyarsk Region. Part 1

D.A. Chernykh,[1,2] E.N. Bel'skaya,[2] O.V. Taseiko[1,2]

[1]Krasnoyarsk Branch of the Federal Research Center for Information and Computational Technologies, 53 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

[2]Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31 Krasnoyarsky Rabochy Avenue, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

Summary. *Introduction:* A human health risk assessment is the process to estimate the nature and probability of adverse health effects in humans who may be exposed to various environmental factors. The *purpose* of the study was to analyze climatic parameters as potential health risk factors for the population of some municipalities of the Krasnoyarsk Region. *Methods*: We processed meteorological data of the state monitoring network in the Krasnoyarsk Region including the average, maximum, and minimum air temperatures measured every three hours in an automatic mode in accordance with a generally accepted international protocol. Climate characteristics were identified using the method of long-term distribution of average daily temperatures. To assess the climatic features of the Krasnoyarsk Region, we considered such parameters as the average seasonal temperature, dates of air temperature stable transition through zero, temperature waves, extreme daily temperature changes, and bioclimatic indices. *Results*: We analyzed climate characteristics as potential health risk factors for the population of six cities of the Krasnoyarsk Region (Achinsk, Kansk, Krasnoyarsk, Lesosibirsk, Minusinsk, and Norilsk) for the period from 1919 to 2019. *Conclusion*: Our findings may be used to establish the relationship between a combination of climatic factors and ambient air quality indices and morbidity and mortality of the local population; they can also contribute to predicting death rates in the region.

Keywords: health and mortality of the population, bioclimatic indices, climatic parameters.

For citation: Chernykh DA, Bel'skaya EN, Taseiko OV. Climate characteristics as potential risk factors for the population health of the Krasnoyarsk Region. Part 1. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (1(334)):54–62. (In Russian) DOI: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-54-62

Author information:

✉ Daria A. **Chernykh**, Junior Researcher, Krasnoyarsk Branch of the Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Ph.D. student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; e-mail: dachernykh93@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-2751-3979.

Ekaterina N. **Bel'skaya**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Life Safety, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; e-mail: ketrin_nii@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-6829-3872.

Olga V. **Taseiko**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Life Safety, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; Senior Researcher, Krasnoyarsk Branch of the Federal Research Center for Information and Computational Technologies; e-mail: taseiko@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-0314-4881.

Введение. Оценка рисков здоровью населения заключается в установлении вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека, обусловленных воздействием факторов среды обитания[1]. В соответствии с Климатической доктриной Российской Федерации к отрицательным последствиям ожидаемых изменений климата для Российской Федерации относится повышение риска для здоровья (увеличение

[1] ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора. Оценка риска здоровью населения. Доступно по: https://fcgie.ru/otsenka_riska.html. Ссылка активна на 14 октября 2020.

уровня заболеваемости и смертности) населения[2]. В последнее время все сильнее проявляется глобальное изменение климата, экстремальность которого выражена очень частой и внезапной сменой погодных явлений, увеличением количества жарких или холодных дней, интенсивными осадками, периодичностью сильных ветров и т. п. Климатические изменения всегда являлись значимыми факторами влияния на здоровье людей [1—9].

Оценка рисков и связанных с ними потерь рассматривается как важнейшая составляющая при разработке и планировании мер по адаптации к изменению климата. Количественная оценка риска позволяет определить примерную величину конкретных последствий (заболеваний и преждевременной смерти) при различных сценариях[2] [5].

К метеорологическим показателям, используемым для оценки влияния климатических параметров на здоровье населения, относятся среднесуточные и максимальные показатели температуры атмосферного воздуха, относительной влажности, атмосферного давления, скорости ветра и количества осадков. Очевидно, что прямое воздействие связано с изменением температурного режима [3, 8—10].

Климат регионов России меняется от умеренно континентального до резко континентального и муссонного с выраженными контрастными изменениями метеоэлементов. Климатические характеристики регионов часто приурочены к определенному сезону года и определяют клинические проявления некоторых заболеваний и даже смертности. При этом большинство инфекционных заболеваний фиксируется в холодное время года, как и пик заболеваемости людей некоторыми неинфекционными болезнями (например, заболеваниями ЖКТ, сердечно-сосудистой системы) [1]. Причиной нарушений здоровья людей и дополнительной смертности также могут являться и высокие температуры.

Для климата Красноярского края, который относится преимущественно к резко континентальному типу [2], характерно наличие высоких температур летом и чрезвычайно низких зимой. На территории края выделяют также арктический, субарктический и умеренный климатические пояса.

Целью исследования являлся анализ климатических параметров в динамике и оценка их влияния на состояние здоровья населения муниципальных образований Красноярского края.

Задачи исследования включают изучение таких климатических параметров края, как среднесезонная температура, дата устойчивого перехода температуры через ноль, температурные волны, экстремальные перепады температуры в течение суток и биоклиматические индексы.

Годовые температуры (рис. 1) для шести муниципальных образований Красноярского

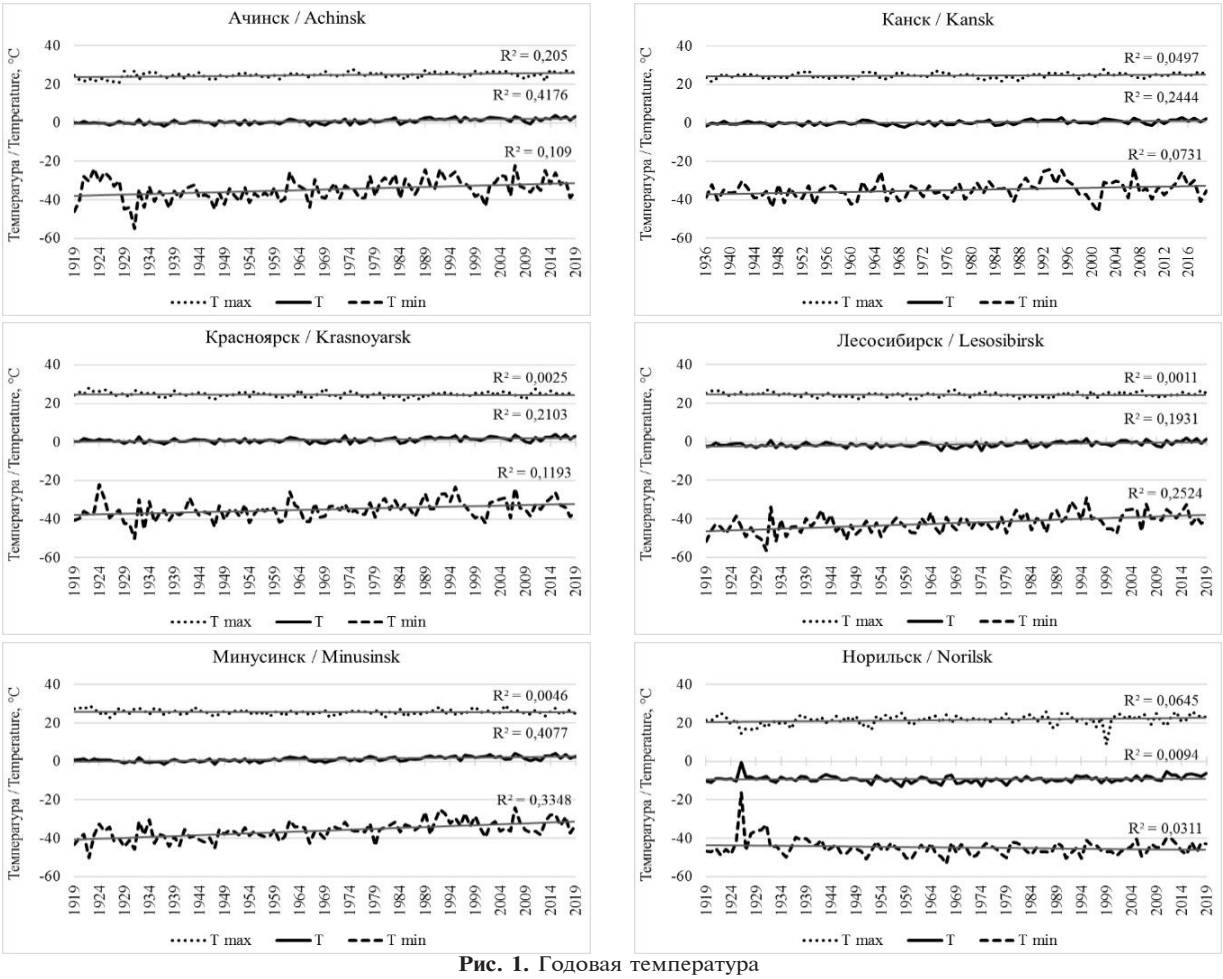

Рис. 1. Годовая температура
Fig. 1. Annual temperatures

[2] МР 2.1.10.0057—12 «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска». М., 2012. 52 с.

края с численностью населения более 59 000 человек представлены средними, минимальными и максимальными значениями. Анализ климатических параметров за период с 1919 по 2019 г. выполнен по данным государственных наблюдательных сетей метеостанций (табл. 1). В таблице также указана численность постоянного населения городских округов Красноярского края на 1 января 2020 г. Информация была получена с веб-ресурса «Управление Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва».

Анализ временных рядов показал, что изменения среднегодовых температур незначительны. При этом минимальные температуры имеют большую амплитуду.

В связи с большой протяженностью региона климат края очень неоднороден. Средняя температура января составляет от −36 °С на севере до −18 °С на юге, средняя температура июля составляет от +13 °С на севере до +20...+25 °С на юге. Степень риска в таких погодных условиях зависит от приспособленности, индивидуальных особенностей и уровня воздействия жаркой (холодной) погоды.

Результатами оценки влияния климатических характеристик на показатели здоровья населения являются показатели среднего процентного вклада климатических параметров в заболеваемость и смертность; величины относительных рисков; показатели прироста или убыли смертности, заболеваемости, госпитализаций и вызовов скорой помощи в процентах при увеличении (уменьшении) значений климатических параметров на установленный прирост показателя (например, на 1 °С температуры)[3] [3, 5].

Материалы и методы. Оценка климатических параметров Красноярского края проводилась с использованием данных государственной наблюдательной сети метеостанций (табл. 1)[4,5], включающих пороговые суточные температуры воздуха (максимальную, среднюю и минимальную). В эпидемиологических исследованиях, посвященных температурным зависимостям, часто подбирается наилучший регрессор из T, Tmax и Tmin (или их линейная комбинация), который сильнее всего коррелирует со смертностью. При этом в большинстве исследований среднесуточная температура воздуха выступает в качестве меры температурной нагрузки [11–12].

1. При исследованиях территориальных изменений температуры воздуха широко используются среднесезонные температуры, рассчитываемые с помощью усреднения среднесуточной температуры за три месяца в соответствии с сезоном года.

2. Климатические особенности конкретного года характеризуются датами устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации (−5 °С, 0 °С, +5 °С, +10 °С и т. п.). Под устойчивым переходом температуры воздуха через определенную градацию (в данном исследовании – через ноль) принимается тот день, после которого обратного перехода не наблюдается[6].

3. При оценке влияния температуры атмосферного воздуха на показатели здоровья населения необходимо определить волны жары и холода, а также пороговые значения температур, выше или ниже которых наблюдается изменение показателей смертности, заболеваемости, госпитализации населения, обращаемости за скорой медицинской помощью [10]. Температурные пороги определяются индивидуально для каждой климатической зоны и рассчитываются отдельно для каждого месяца на основе распределения среднесуточных многолетних температур. Переходным периодом между температурными сезонами считают такие месяцы, как апрель и октябрь, поэтому температурные пороги для них имеют два значения [13].

Оценка пороговых значений температур и идентификация температурных волн выполнялись для явлений продолжительностью пять или более последовательных дней, во время которых среднесуточная температура превышает 97-й процентиль (для волн жары) / падает ниже 3-го процентиля (для волн холода) многолетнего распределения среднесуточных температур [11].

4. Достаточно значимым показателем климатических особенностей территорий являются экстремальные температуры воздуха (как низкие, так и высокие). Они представляют значительные отклонения от нормы – обычных средних

Таблица 1. **Исходные данные**

Table 1. **Initial data**

Индекс ВМО / WMO index	Город / City	Метеостанция / Weather station	Температура, период / Temperature, period	Численность населения / Size of population
29467	Ачинск / Achinsk	Ж/Дст. / RWS	1919–2019	106 798
29580	Канск / Kansk	Солянка / Solyanka	1936–2019	88 917
29570	Красноярск / Krasnoyarsk	Опытное поле / Experimental Field	1919–2019	1 094 548
29263	Лесосибирск/ Lesosibirsk	Енисейск / Yeniseysk	1919–2019	63 995
29866	Минусинск / Minusinsk		1919–2019	70 821
23078	Норильск / Norilsk		1919–2019	182 496

Сокращения: Индекс ВМО, индекс Всемирной Метеорологической Организации; Ж/Дст., железнодорожная станция.
Abbreviations: WMO index, World Meteorological Organization index; RWS, railway station.

[3] Кобышева Н.В., Стадник В.В., Клюева М.В. и др. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики. Санкт-Петербург: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2008. 336 с.
[4] Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных. Доступно по: http://meteo.ru/data. Ссылка активна на 14 октября 2020.
[5] Расписание погоды. Доступно по: https://rp5.ru/Погода_в_мире. Ссылка активна на 14 октября 2020.
Weather schedule. Available at: https://rp5.ru/Погода_в_мире.Accessed: 14 Oct 2020. (In Russian).
[6] Козельцева В.Ф., Педь Д.А. Данные о весенних датах устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, ± 5 °С по станциям западной части территории СССР. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987. 59 с.

температур данной местности. Поскольку небольшие температурные перепады незначительно влияют на здоровье и смертность населения, для оценки наличия взаимосвязи между климатическими факторами и уровнем заболеваемости и смертности населения предлагается использовать экстремальные перепады от 10 °С и выше.

5. Для формализации описания комплекса параметров, определяющих уровень тепловой нагрузки климата в целом на организм человека и риск для его здоровья, широко используют комплексные биоклиматические индексы, или методы оценки теплового состояния человека, полученные на основе одновременных физиологических и метеорологических наблюдений[7].

В результате анализа публикаций[2] [1, 14–16], посвященных разработке и описанию биоклиматических индексов, показателей и критериев оценки уровня комфорта, можно сделать вывод, что наиболее распространены: эффективная температура (ЭТ), эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), нормальная эффективно-эквивалентная температура (НЭЭТ). Каждый из этих показателей отражает сочетанное воздействие на организм двух или более факторов.

Эффективная температура (ЭТ) характеризует эффект комплексного воздействия на человека таких метеофакторов, как температура и влажность неподвижного воздуха[2] [1, 14].

Модель эффективной температуры объединяет физиологические факторы тела и кожного покрова, физические особенности одежды и воздушного слоя, находящегося в непосредственной близости к телу, а также метеорологические факторы окружающей среды. Эффективная температура рассчитывалась по приближенной формуле А. Миссенарда [1, 14]

$$ЭТ = T - 0{,}4 \cdot (T - 10) \cdot (1 - U/100), \qquad (1)$$

где ЭТ – эффективная температура, °С;

T – температура сухого термометра, °С;

U – относительная влажность, %.

Ценность ЭТ как биоклиматического показателя состоит в том, что его можно использовать как для теплого, так и для холодного сезонов года. Для оценки уровня комфорта используются группы чувствительности с 12- и 6-градусными ступенями. Отрицательные значения эффективной температуры характеризуют вероятность обморожения (замерзания), положительные – теплового удара.

В подвижном воздухе (при V > 0,2 м/с) интенсивность теплоотдачи усиливается, порядок уровня и структура теплоощущения изменяется. Именно поэтому Б.А. Айзенштатом[7] была введена эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ).

Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), с помощью которой оценивают теплоощущение человека, – сочетание метеорологических величин, производящих тот же тепловой эффект, что и неподвижный воздух при 100%-й относительной влажности и определенной температуре. Величина ЭЭТ рассчитывалась по формуле, предложенной Л.Б. Айзенштатом и Б.А. Айзенштатом[2]:

$$ЭЭТ = T \cdot (1 - 0{,}003 \cdot (100 - U)) - 0{,}385 \cdot Ff^{0{,}59} \cdot ((36{,}6 - T) + 0{,}622 \cdot (Ff - 1)) + ((0{,}0015 \cdot Ff + 0{,}008) \cdot (36{,}6 - T) - 0{,}0167) \cdot (100 - U), \qquad (2)$$

где ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура, °С;

Ff – скорость ветра, м/с.

Зона комфорта по ЭЭТ определяется как совокупность метеорологических условий, от которых человек получает субъективно хорошее теплоощущение, удерживает нормальный теплообмен, сохраняет нормальную температуру тела и не выделяет пота[7] [16].

Уточненная нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТу) рассчитывалась по уточненной формуле В.П. Тунеголовца, поскольку расчет с использованием оригинального уравнения не обеспечивает равенства НЭЭТ и T при отсутствии ветра и 100%-й относительной влажности воздуха. Уточненная формула имеет вид [16]:

$$НЭЭТ_у = 37 - \frac{37 - T}{0{,}68 - 0{,}0024 \cdot U + \frac{1}{1{,}78 + 1{,}4 \cdot Ff^{0{,}75}}} - 0{,}29 \cdot T \cdot (1 - \frac{U}{100}), \qquad (3)$$

где $НЭЭТ_у$ – нормальная эквивалентно-эффективная температура, °С.

При одинаковом годовом ходе значения $НЭЭТ_у$ значительно выше соответствующих значений ЭЭТ, поскольку $НЭЭТ_у$ учитывает теплоощущения одетого человека и, соответственно, является более информативной. Все зимние месяцы характеризуются отрицательными значениями $НЭЭТ_у$. Эти значения находятся в зоне «холодного дискомфорта».

Результаты. Оценка климатических характеристик проводилась для шести муниципальных образований Красноярского края (Ачинск, Красноярск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск, Канск) за период с 1919 по 2019 г.

1. Температурный анализ среднесезонных значений исследуемых территорий (Ачинск, Красноярск, Лесосибирск и Минусинск) показал, что изменения среднегодовой температуры незначительны, однако средние и минимальные сезонные температуры имеют более выраженную тенденцию к росту (рис. 2).

Для качественной оценки показателей тесноты связи на основе коэффициента корреляции использовалась шкала Чеддока, благодаря которой становится возможным перевести численное (количественное) значение в качественную характеристику.

2. Для Красноярска, Лесосибирска, Минусинска и Норильска представлены графики дат устойчивого перехода через 0 °С (рис. 3).

3. Продолжительность и количество температурных волн в январе и июле с 1919 по 2019 г. (рис. 4) для пяти муниципальных образований Красноярского края (Ачинск, Красноярск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск) позволяют сделать следующие выводы.

Максимальное количество волн в январе (более 100) наблюдается в Минусинске (109), Ачинске (105) и Норильске (104), в июле – в Ачинске (179) и Лесосибирске (175). Максимальная продолжительность волн наблюдалась

[7] Григорьева Е.А. Климат как экологический фактор жизнедеятельности человека. Дис. ...д-ра биол. наук. Владивосток, 2016. 363 с.

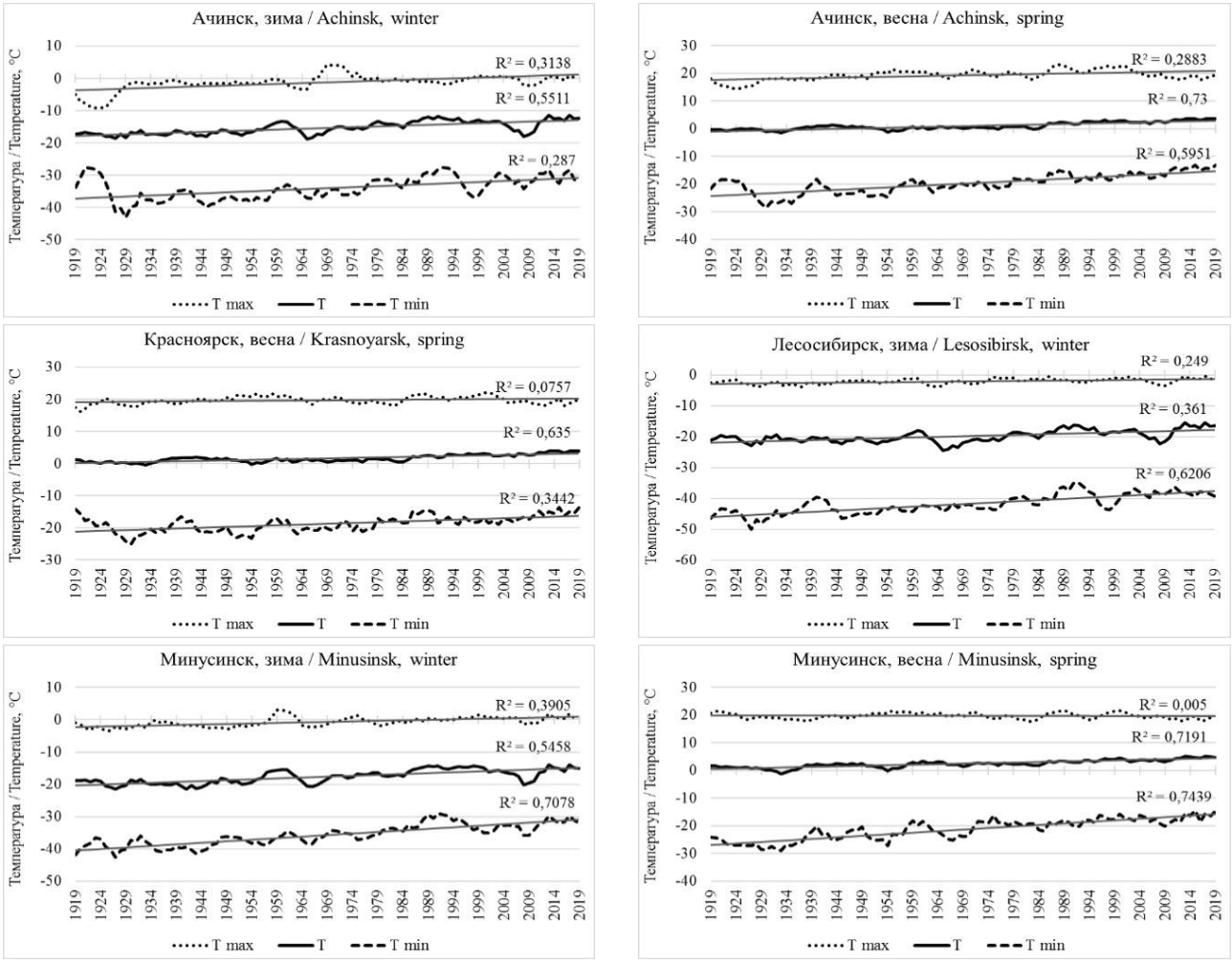

Рис. 2. Среднесезонная температура
Fig. 2. Average seasonal temperature

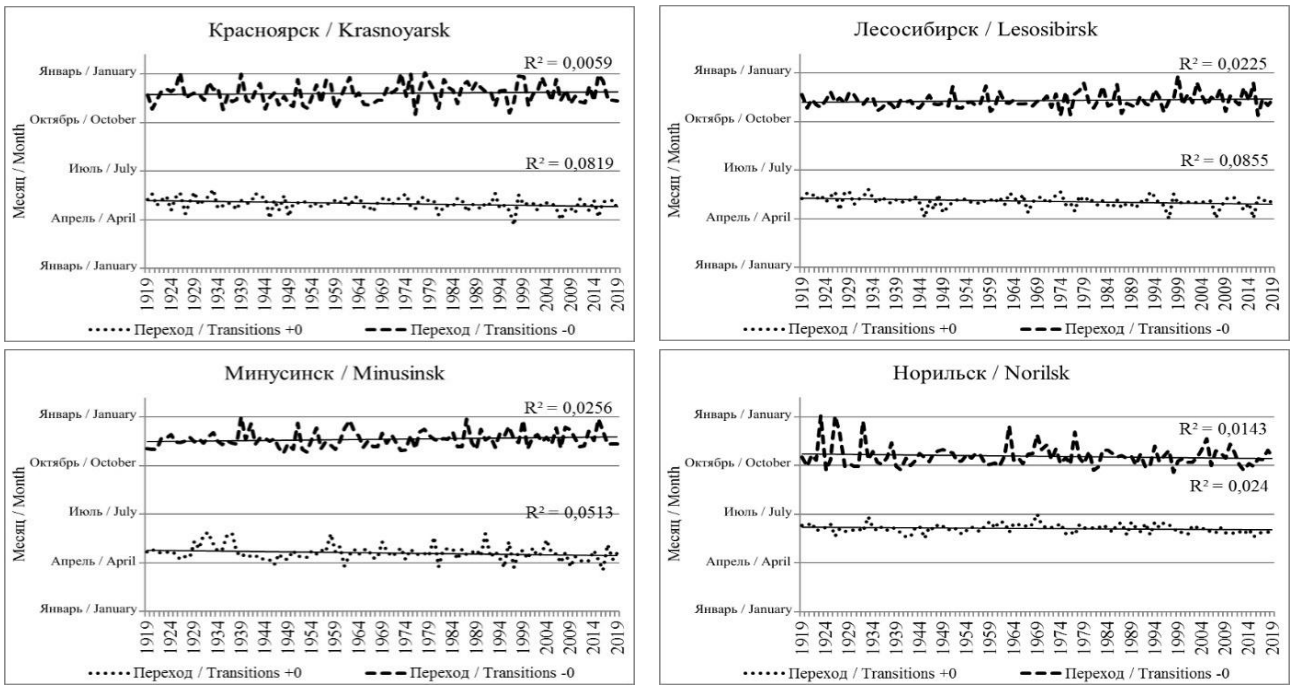

Рис. 3. Дата устойчивого перехода температуры через 0 °С: Красноярск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск
Fig. 3. Dates of air temperature stable transition through 0 °C in Krasnoyarsk, Lesosibirsk, Minusinsk, and Norilsk

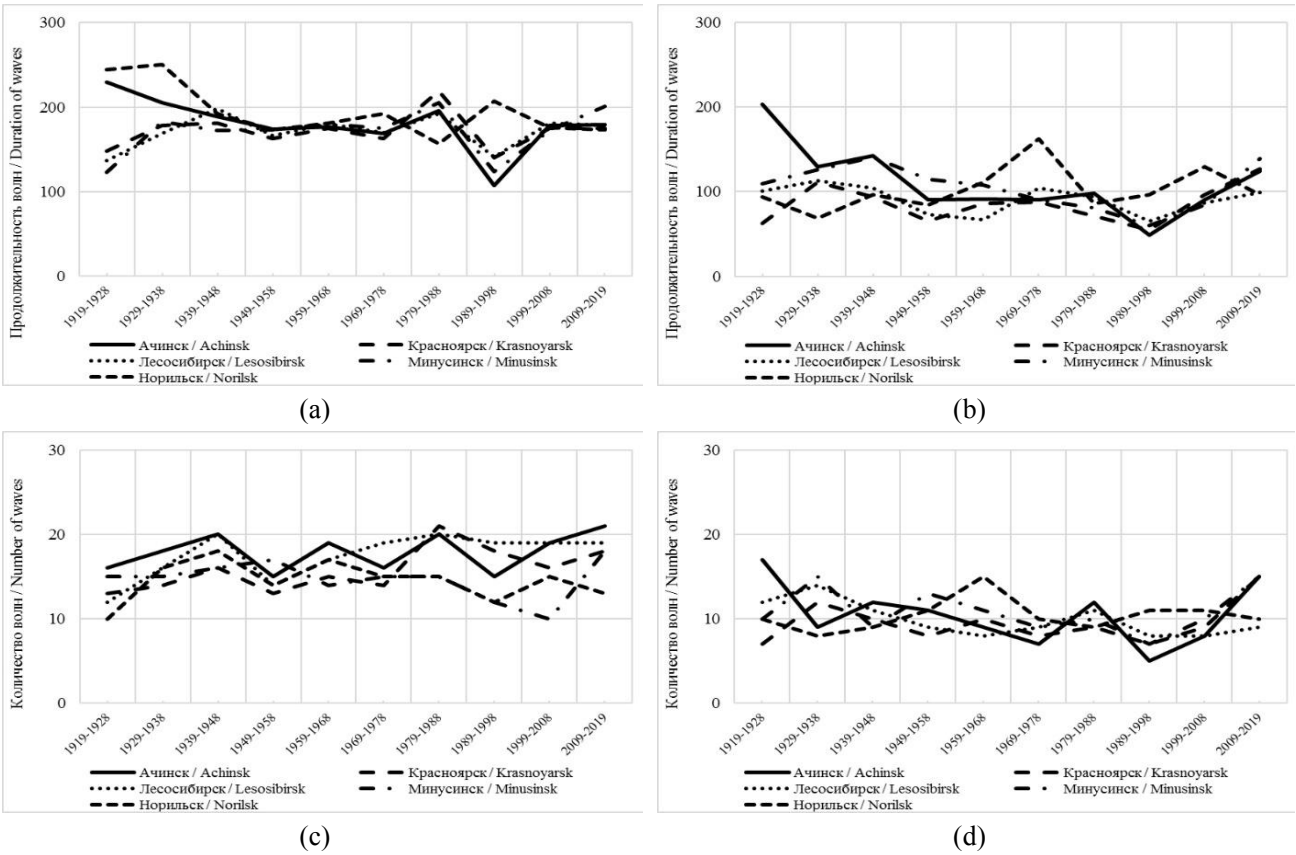

Рис. 4. Продолжительность и количество температурных волн для муниципальных образований Красноярского края за период 1919–2019 гг.: a, c – июль; b, d – январь

Fig. 4. Duration and number of temperature waves in the cities of the Krasnoyarsk Region in 1919–2019: a, c – July; b, d – January

в январе: для Ачинска – 31 день в 1922, 1929 и 1940 гг. и для Норильска – 31 день в 1974 году; в июле: Ачинск и Красноярск – 31 день в 1960 году, Норильск – 31 день в 1926, 1927 и 1994 гг. Максимальный диапазон амплитуды наблюдался в январе 1931 года для Ачинска – 32,3 °С и Лесосибирска – 31,9 °С, в июле 1969 года для Канска – 16,1 °С.

4. Значения экстремальных перепадов температур за период с 2012 по 2019 г. приведены для шести муниципальных образований Красноярского края (Ачинск, Красноярск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск, Канск).

5. Расчетные значения биоклиматических индексов муниципальных образований Красноярского края приведены в табл. 2.

Обсуждение

1. Среднесезонные температуры

Тенденция к росту минимальных температур наблюдается весной в Ачинске и зимой в Лесосибирске с заметной теснотой связи (0,5–0,7). Зимой и весной в Минусинске рост минимальных температур имеет высокую тесноту связи (0,7–0,9). Рост средних сезонных температур с заметной связью наблюдается зимой в Ачинске и Минусинске, а также весной в Красноярске. Высокая теснота связи роста средних сезонных температур приходится на весну в Ачинске и Минусинске.

2. Даты устойчивого перехода через ноль

Изучение динамики устойчивого перехода температуры через 0 °С показало, что климатических изменений не наблюдается. Хотя в Норильске при переходе температуры через 0 °С в последние годы наблюдаются меньше пиков.

3. Продолжительность и количество температурных волн

В целом количество температурных волн в июле превышает значения января для каждого исследуемого города. Максимальная продолжительность волн в июле также незначительно превышает их продолжительность в январе. Однако картина меняется при сравнении амплитуд в данные месяцы. Максимальный диапазон амплитуды приходится на январь.

4. Экстремальные перепады температур

Наибольшее число экстремальных перепадов температуры в течение суток приходится на г. Минусинск и достигает 80 единиц в 2015 и 2019 гг. (рис. 5a). На втором месте по количеству экстремальных перепадов находятся города Красноярск и Лесосибирск, в зависимости от года, за исключением 2015 г., когда максимальное количество экстремальных перепадов пришлось на г. Канск. Максимальное количество перепадов в г. Красноярске наблюдается в 2018 г. и составило 34 единицы. В г. Лесосибирске 26 перепадов наблюдалось в 2012 г., но в 2013 г. и с 2016 по 2019 г. – 25 перепадов.

Максимальные температурные перепады приходятся на 2012 г. и 2016 г., когда в Минусинске, Красноярске и Лесосибирске наблюдались перепады в 30,3 °С, 27,3 °С и 30,8 °С соответственно (рис. 5b). В 2016 г. картина меняется и максимальные температурные перепады приходятся на Канск (31,4 °С) и Норильск (30,2 °С).

Таблица 2. **Расчетные значения биоклиматических индексов за период 2012–2019 гг.**
Table 2. **Estimated values of bioclimatic indices for 2012–2019**

Месяц / Month	Ачинск / Achinsk			Канск / Kansk			Красноярск / Krasnoyarsk		
	ЭТ / ET	ЭЭТ / EqET	НЭЭТу / SEqETr	ЭТ / ET	ЭЭТ / EqET	НЭЭТу / SEqETr	ЭТ / ET	ЭЭТ / EqET	НЭЭТу / SEqETr
Год / Year	3	–10	–11	3	–11	–12	4	–6	–8
1	–13	–36	–36	–15	–35	–36	–14	–29	–32
2	–11	–32	–32	–11	–31	–32	–11	–26	–28
3	–2	–18	–19	–3	–17	–19	–2	–13	–16
4	6	–4	–7	5	–5	–8	6	0	–5
5	9	1	–2	9	0	–2	9	4	0
6	17	13	11	17	12	10	17	13	11
7	18	13	12	17	11	11	18	14	13
8	16	10	9	16	9	8	16	11	10
9	10	0	–1	9	–2	–2	9	1	0
10	2	–14	–13	2	–14	–14	3	–8	–9
11	–7	–32	–29	–8	–30	–28	–7	–21	–22
12	–9	–34	–32	–11	–33	–33	–11	–26	–29
Месяц/ Month	Лесосибирск / Lesosibirsk			Минусинск / Minusinsk			Норильск / Norilsk		
	ЭТ / ET	ЭЭТ / EqET	НЭЭТу / SEqETr	ЭТ / ET	ЭЭТ / EqET	НЭЭТу / SEqETr	ЭТ / ET	ЭЭТ / EqET	НЭЭТу / SEqETr
Год / Year	1	–12	–13	3	–6	–8	–6	–35	–30
1	–18	–37	–38	–16	–27	–29	–24	–68	–59
2	–15	–31	–32	–14	–24	–28	–21	–65	–55
3	–5	–20	–21	–2	–12	–15	–15	–56	–46
4	4	–7	–9	7	–1	–4	–8	–41	–35
5	8	–1	–3	10	4	1	–2	–29	–23
6	17	12	11	18	14	12	10	–5	–3
7	18	13	12	19	14	13	15	5	5
8	15	8	8	17	12	11	11	–4	–2
9	9	–3	–2	10	3	2	5	–15	–11
10	1	–16	–15	3	–8	–9	–6	–36	–30
11	–10	–33	–31	–5	–21	–22	–19	–59	–51
12	–14	–36	–35	–12	–26	–27	–19	–62	–53

Сокращения: ЭТ, эффективная температура; ЭЭТ, эквивалентно-эффективная температура; НЭЭТу, нормальная эквивалентно-эффективная температура, °С.
Abbreviations: ET, effective temperature; EqET, equivalent effective temperature; SEqETr, refined standard equivalent effective temperature, °C.

На рис. 5с отображено распределение суточного перепада температур, рассчитанное с использованием функции распределения. Наибольший показатель значимых температурных перепадов (от 10 °С) приходится на г. Минусинск и составляет 19 % от всех перепадов для данного города; 7 % значимых перепадов наблюдается в Лесосибирске и Красноярске.

В дальнейших исследованиях планируется получить количественные оценки влияния экстремальных температур на показатели смертности населения муниципальных образований СФО через показатель относительного риска.

5. Биоклиматические индексы

По среднегодовым значениям ЭТ, которые для представленных городов меняются в диапазоне от +2 °С до −5 °С. Нагрузка для всех городов, кроме Норильска, где 5 месяцев в году существует сильная угроза обморожения, может считаться комфортной. Значения показателя ЭЭТ также подтверждают наибольшую опасность в Норильске, но и в других городах ни один месяц не попал в зону комфорта. Согласно категориям теплоощущений человека, это зона охлаждения.

Расчетные данные НЭЭТу для Норильска показывают, что 9 месяцев в году температурная нагрузка соответствует сильному и исключительно сильному холодовому стрессу. Для других городов продолжительность аналогичного периода составляет около 4 месяцев в год. Отсутствие температурного стресса и комфортные теплоощущения не наблюдаются в рассматриваемом временном интервале ни для одного месяца. Максимальное значение НЭЭТу − 13 °С наблюдается в Минусинске и Красноярске в июле и соответствует легкому холодовому стрессу.

Среди факторов окружающей среды в моделях оценки рисков здоровью населения, согласно [2, 10, 13], климатические условия считаются ведущими. В соответствии с Климатической доктриной Российской Федерации, мероприятия по адаптации, направленные на минимизацию негативных воздействий на здоровье населения, такие как: разработка типового паспорта климатической безопасности территории субъекта РФ; разработка статистических показателей, характеризующих защищенность населения различных территории от неблагоприятных последствий изменения климата; разработка рекомендаций по оценке климатических рисков и ранжированию адаптационных мероприятий по степени их приоритетности; формирование отраслевой системы оперативных и долгосрочных мер адаптации к изменениям климата и т.п., на территориях с разным типом климата должны быть существенно отличными друг от друга.

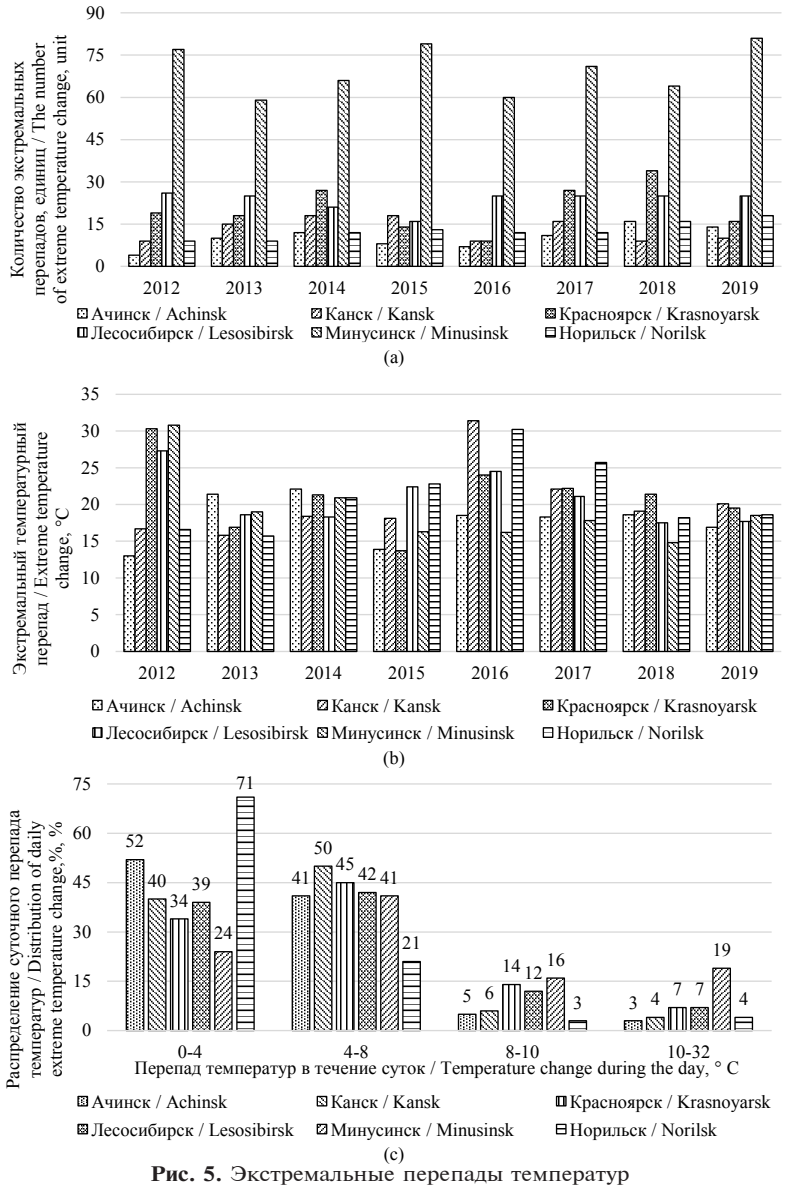

Рис. 5. Экстремальные перепады температур
Fig. 5. Extreme daily temperature changes

Заключение.

Целесообразно выделить направления, которые могут привести к минимизации рисков здоровью [10]: во-первых, это адаптационные планы смягчения последствий для муниципальных образований, население которых подвержено воздействию волн жары; во-вторых, планы усиления эпидемиологического надзора за климатозависимыми заболеваниями и внедрение соответствующих профилактических мер; в-третьих, планы развития межведомственного сотрудничества на всех уровнях, особенно между метеорологической службой, службами здравоохранения, социальной защиты и другими.

Оценка климатических характеристик также важна для определения условий комфортности окружающей среды на той или иной территории с целью грамотной рекреационной оценки этой территории и эффективного подхода к проектированию рекреационной инфраструктуры на ней.

Для резко континентального климата Красноярского края актуальными являются периоды наступления волн жары или холода и связанные с ними скачки смертности, оцененные с помощью показателей относительного риска [13], когда наблюдается чрезмерное напряжение терморегуляции организма, возникает повышенный риск заболеваемости и смертности, особенно от заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Полученные характеристики климатических факторов могут быть использованы для оценки взаимосвязи между климатическими факторами совместно с качеством атмосферного воздуха и уровнями заболеваемости и смертности населения, а также для прогноза смертность населения.

Информация о вкладе авторов: Черных Д.А. — разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, анализ полученных данных, подготовка текста; Бельская Е.Н. — обзор публикаций по теме статьи, подготовка текста, анализ полученных данных; Тасейко О.В. — разработка дизайна исследования, подготовка текста, анализ полученных данных.

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и Краевого фонда науки в рамках научного проекта № 19-413-240013 «Методология оценки риска от влияния факторов окружающей

среды на здоровье и смертность населения промышленных агломераций».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики: соблюдение прав пациентов и правил биоэтики не требуется. Исследование является эпидемиологическим.

Список литературы
(пп. 3–9, 12 см. References)

1. Одинцова М.А., Ботова Ю.В. Применение биоклиматических индексов холодового стресса для оценки эпидемической ситуации по заболеваемости гриппом и ОРВИ // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: электронный сборник статей по материалам LII студенческой международной заочной научно-практической конференции. Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2017. № 5 (51). С. 16–27.
2. Черных Д.А., Тасейко О.В. Анализ влияния факторов окружающей среды на смертность населения от болезней сердечно-сосудистой системы в г. Красноярске // Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем: материалы и доклады VI Всероссийской конференции. Красноярск: СФУ, 2018. С. 461–466.
10. Росгидромет. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва: Росгидромет, 2014. 59 с.
11. Варакина Ж.Л., Юрасова Е.Д., Ревич Б.А. и др. Влияние температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999-2008 годах // Экология человека. 2011. № 6. С. 28–36.
13. Черных Д.А., Тасейко О.В. Оценка риска повышения смертности от температурных волн для населения города Красноярска // Экология человека. 2018. № 2. С. 3–8.
14. Ткачук С.В. Обзор индексов степени комфортности погодных условий и их связь с показателями смертности // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2012. № 347. С. 223–245.
15. Тунеголовец В.П. О некоторых показателях физиологического комфорта применительно к территориям Приморского края и Сахалинской области // Гидрометеорологические и экологические условия Дальневосточных морей и оценка воздействия на морскую среду. Тем. вып. ДВНИГМИ № 3. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 205–222.
16. Андреев С.С. Оценка пространственно-временного распределения климатической комфортности территории Южного Федерального округа РФ. Ростов-на-Дону: Изд-во РГГМУ, 2007. 131 с.

References

1. Odintsova MA, Botova YuV. [Application of bioclimatic indices of cold stress to assess the epidemic situation in terms of the incidence of influenza and acute respiratory infections.] In: *Scientific community of students of the XXI century. Natural sciences: Proceedings of the LII student international correspondence scientific and practical conference*. Novosibirsk: ANS SibAK Publ., 2017; (5(51)):16-27. (In Russian).
2. Chernykh DA, Taseiko OV. Analysis of effects of environmental factors on cardiovascular mortality of population in Krasnoyarsk. In: *Safety and monitoring of man-made and natural systems: Proceedings of the Sixth All-Russian conference*. Krasnoyarsk: SFU Publ., 2018. Pp. 461-466. (In Russian).
3. USGCRP, 2016: *The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment*. Crimmins A, Balbus J, Gamble JL, *et al*., editors. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 2016. 312 p.
4. Melillo JM, Richmond TC, Yohe GW, editors. *Climate change impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program, 2014. 841 p. DOI: https://doi.org/10.7930/J0Z31WJ2
5. United States Environmental Protection Agency. *Climate Change and Health Factsheets*. Washington, D.C.: US EPA, 2017. 59 p.
6. Dudnik DV, Sher ML, Opryshko EL, *et al*. Environmental and ecological risks, review and management in modern conditions. *International Journal of Professional Science*. 2017; (4):22-38.
7. Sukhoveeva AB. Natural and ecological factors for assessing the quality of life of the population in the Russian Far East. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 381:012087. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/381/1/012087
8. European Central Bank. *Guide on climate-related and environmental risks*. Frankfurt am Main: European Central Bank, 2020. 46 p.
9. Eckstein D, Künzel V, Schäfer L, *et al*. Global climate risk index 2020. Bonn, Berlin: Germanwatch e.V., 2019. 43 p.
10. Roshydromet. *Second Roshydromet Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation*. Moscow: Roshydromet, 2014. 59 p. (In Russian).
11. Varakina ZhL, Yurasova ED, Revich BA, *et al*. Air temperature impact on mortality in Arkhangelsk in 1999-2008. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2011; (6):28-36. (In Russian).
12. Revich BA, Shaposhnikov DA. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occup Environ Med*. 2008; 65(10):691-696. DOI: https://doi.org/10.1136/oem.2007.033944
13. Chernykh DA, Taseiko OV. Assessment of the risk mortality from thermal waves in Krasnoyarsk city. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2018; (2):3-8. (In Russian).
14. Tkachuk SV. [Review of weather comfort indices and their relationship with mortality rates.] *Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation*. 2012; (347):223-245. (In Russian).
15. Tunegolovets VP. [On some indicators of physiological comfort as applied to the territories of Primorsky Krai and Sakhalin Oblast.] In: *Hydrometeorological and environmental conditions of the Far Eastern seas and assessment of effects on the marine environment*. DVNIGMI theme issue No. 3. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2020. Pp. 205-222. (In Russian).
16. Andreev SS. *Assessment of the spatiotemporal distribution of climatic comfort of the territory of the Southern Federal District of the Russian Federation*. Rostov-on-Don: RGGMU Publ., 2007. 131 p.

Статья получена: 22.10.20
Принята в печать: 15.01.21
Опубликована: 29.01.21