

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В АРКТИКЕ ПО БИОКЛИМАТИЧЕСКИМ ИНДЕКСАМ

Р. С. Рахманов¹✉, Д. А. Нарутдинов², Е. С. Богомолова¹, С. А. Разгулин¹

¹ Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия

² Медицинская служба войсковой части 73633, Красноярск, Россия

Влияние на здоровье погодных-климатических условий определяют по одно- или многопараметрическим биоклиматическим индексам. Целью работы было провести сравнительную оценку риска для здоровья на открытой территории в Арктике по биоклиматическим индексам. По данным метеорологического центра "Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" (г. Красноярск) за 2010–2022 гг. на мысе Челюскин оценили температуру, интегральный показатель условий охлаждения организма (ИПУОО), ветро-холодовой индекс (ВХИ), эффективную (ЭТ) и эквивалентно-эффективную температуры (ЭЭТ), интегральный индекс теплового комфорта (UTCI). Определено, что температура ВХИ может характеризовать степень холодового риска, установленную по ИПУОО. Периоду критического холодового риска по ИПУОО (ноябрь–апрель) соответствует риск по ВХИ, оцениваемый как «дискомфорт» (прохлада) и «очень холодно», по UTCI — «экстремальный стресс»; по ЭТ — «осторожно — обморожение открытых участков кожи» (более короткий); по ЭЭТ — «угроза обморожения» (более длительный). ИПУОО и UTCI указывают на круглогодичный риск холодовой травмы в условиях мыса Челюскин: по ИПУОО — умеренный (4–6 месяцев) и критический (4–6 месяцев), по UTCI очень сильный (4 месяца), а также очень сильный и экстремальный (8 месяцев). Доказано преимущество использования UTCI для оценки холодового риска для здоровья. Актуализируется вопрос нормирования гигиенических требований к режиму работ на открытой территории или в неотапливаемых помещениях в холодный период года.

Ключевые слова: мыс Челюскин, биоклиматические индексы, риск холодовой травмы

Вклад авторов: Р. С. Рахманов — разработка дизайна и концепции исследования, написание статьи; Е. С. Богомолова — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Д. А. Нарутдинов — сбор материала, участие в статистической обработке материала; С. А. Разгулин — подбор литературных данных, участие в статистической обработке материала.

✉ **Для корреспонденции:** Рифайль Сальхович Рахманов
пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, Россия; raf53@mail.ru

Статья получена: 31.10.2022 **Статья принята к печати:** 08.12.2022 **Опубликована онлайн:** 22.12.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.041

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF WEATHER AND CLIMATE CONDITIONS IN THE ARCTIC REGION BY BIOCLIMATIC INDICES

Rakhmanov RS¹✉, Narutdinov DA², Bogomolova ES¹, Razgulin SA¹

¹ Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

² Medical service of military unit 73633, Krasnoyarsk, Russia

There are single and multi parameter bioclimatic indices that enable assessment of the impact of weather and climatic conditions on health of a human being. This study aimed to comparatively assess health risks in the Arctic's open area using the bioclimatic indices. Relying on the data from the Central Siberian Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Krasnoyarsk) that describe the weather on Cape Chelyuskin in 2010–2022, we assessed the temperature, the integral indicator of body cooling conditions (IIBCC), the wind chill factor (WCF), the effective (ET) and the net effective temperature (NET), and the universal thermal climate index (UTCI). It was found that the WCF temperature can characterize the degree of frost risk as established by the IIBCC: the indicator has the critical frost risk period lasting November through April, and the respective risk level by WCF is "discomfort" (coolness) and "very cold", that by UTCI — "extreme stress", by ET — "caution — frostbite of exposed skin" (shorter), by NET — "threat of frostbite" (longer). The IIBCC and the UTCI show that the risk of cold injury in the conditions of Cape Chelyuskin is year-round: according to the IIBCC, its level changes between moderate (4–6 months) and critical (4–6 months), and according to UTCI, it may be very strong (4 months), and very strong and extreme (8 months). We have proven the advantages of UTCI over other integral indicators in assessment of the cold-related health risk and updated the basis for the hygienic requirements regulating practice of work in the open or in unheated enclosed spaces during the cold season.

Keywords: Cape Chelyuskin, bioclimatic indices, cold injury risk

Author contribution: RS Rakhmanov — study design and concept, article authoring; ES Bogomolova — editing, approval of the final version of the article; DA Narutdinov — collection of the material, participation in its statistical processing; SA Razgulin — selection of the reference data sources, participation in the statistical processing of the material.

✉ **Correspondence should be addressed:** Rofail Salykhovich Rakhmanov
ploschad Minina i Pozharskog, 10/1, Nizhny Novgorod, Russia; raf53@mail.ru

Received: 31.10.2022 **Accepted:** 08.12.2022 **Published online:** 22.12.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.041

Метеорологические факторы внешней среды могут оказывать на человека патологическое, саногенное, устойчивое и неустойчивое, непосредственное и косвенное воздействие [1–3]. Поэтому для определения их значимости на здоровье человека используют оценку одного фактора или многокомпонентных физических величин (выраженных в биоклиматических индексах), позволяющих установить риск для здоровья по заболеваемости, смертности населения, травматизму,

а также по метеорологическим ощущениям в зонах комфорта и дискомфорта и экстремальных условий [4–9].

Исследования ряда авторов доказывают, что факторами влияния на безопасность (или риск обморожения) при работе на открытой территории (ОТ) в жестких погодных условиях являются температура воздуха и скорость ветра [10–12].

Вместе с тем, роль влажности воздуха или радиационной температуры в обеспечении безопасности нахождения

на ОТ также существенна. Например, при экстремально низких температурах воздуха, высокой скорости ветра и высокой влажности происходит утрата теплозащитных свойств одежды, что резко повышает риск для здоровья человека [13, 14]. Радиационная температура (средняя температура излучения, включая потоки коротковолнового и длинноволнового излучения атмосферы) — одна из ведущих составляющих определения теплообмена человека с окружающей средой [15–16].

Цель работы — провести сравнительную оценку погодных-климатических условий в Арктике по биоклиматическим индексам при различных сочетаниях температуры, радиационной температуры, влажности воздуха и скорости его движения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на примере погодных-климатических условий на мысе Челюскин (77.717, 104.300). Провели расчеты среднесуточных месячных показателей на ОТ по сведениям регистрации состояния ежедневных физических факторов (температуры, относительной влажности воздуха, скорости его движения (ветра)), которые получили из Среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2010–2020 гг.:

- температуры;
- двухпараметрических (температура в сочетании со скоростью ветра): интегральный показатель условий охлаждения организма (ИПУОО), ветро-холодовой индекс (ВХИ);
- трехпараметрических (включая относительную влажность воздуха) — эквивалентно-эффективная температура по А. Миссенарду (ЭЭТ), эффективная температура (ЭТ) по Стедману (Robert Steadman);
- четырехпараметрических (включая радиационную температуру) — универсальный индекс теплового комфорта UTCI.

Расчет ИПУОО (баллы) проводили согласно нормативным документам (МР 2.2.7.2129-06). Критерии риска для здоровья: ≤ 34 — риск отсутствует; $34 < \leq 47$ — риск умеренный; $47 < \leq 57$ — риск критический; $57 < \leq 60$ — риск катастрофический. ИПУОО позволяет устанавливать время работы на открытой территории без ущерба здоровью, например, при умеренном риске продолжительность безопасного пребывания на холоде, не более 60 мин; при критическом — не более 1 мин; при катастрофическом — не более 0,5 мин.

ВХИ (°C) определяет время переохлаждения (без обморожения) обнаженных частей тела человека в холодных средах. Холодной считается среда при температуре $+10$ °C и ниже. Риск для здоровья по ВХИ определяется так: от -10 до -24 °C — дискомфорт, прохлада; от -25 до -34 °C — очень холодно, переохлаждение поверхности кожи; от -35 до -59 °C — чрезвычайно холодно, обнаженные части тела человека могут переохладиться за 10 мин и от -60 °C и холоднее — экстремально холодно, обнаженные части тела человека могут переохладиться за 2 мин.

ЭЭТ (°C) позволяет оценивать зоны термического комфорта/дискомфорта: от -24 °C и ниже (угроза обморожения); от -18 °C до -24 °C включительно (очень холодно); от -12 °C до -18 °C включительно (холодно); от -6 °C до 0 °C включительно (умеренно холодно); от -6 °C до 0 °C включительно (очень прохладно); от 0 °C до $+6$ °C (умеренно прохладно) [17, 18].

Эффективную температуру (ЭТ, °C) рассчитывали по Стедману (R. Steadman). Минусовые температуры свидетельствуют о вероятности обморожения (ниже -50 °C — возможно менее чем через 5 мин; от -38 °C до -50 °C — возможно через 10–15 мин; от -28 °C до -38 °C — возможно через 20–30 мин). В диапазоне температур от -28 °C до -27 °C опасности для одетого человека нет [19].

Холодовой риск для здоровья по UTCI оценивали по степеням стресса: слабый (от 0 до $+9,0$ °C), умеренный (от -13 до 0 °C), сильный (от -27 до -13 °C), очень сильный (от -40 до -27 °C), экстремальный (ниже -40 °C) [15, 20], нет теплового стресса (от $+9,0$ до $+18,0$ °C). Расчет UTCI проводили с помощью компьютерной программы BioKlima 2.6 [21].

Для расчетов показателей необходимо было определять среднесуточную месячную скорость ветра по шкале Бофорта (силу от 0 до 12 баллов) и среднесуточную месячную относительную влажность воздуха: сухой (55,0% и ниже), умеренно сухой (56,0–70,0%), умеренно влажный (71,0–85,0%) и сильно влажный (85,0% и более) [22, 23].

Статистическую оценку базы данных проводили на ПЭВМ с использованием программного пакета Statistica 6.1 (StatSoft; США). Определяли средние величины и ошибки средних ($M \pm m$), применяли параметрический t -критерий Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Воздух в декабре–апреле (5 месяцев) был умеренно влажным, в мае–октябре (6 месяцев) — сильно влажным. В ноябре влажность воздуха колебалась в пределах критериев оценки от «умеренная» до «сильно влажная» (табл. 1). Обращало на себя внимание превышение относительной влажности в мае относительно данных апреля ($p = 0,001$) и в октябре относительно ноября ($p = 0,001$). Максимальное увеличение относительной влажности было отмечено в июле, после чего она начинала уменьшаться.

Ветер имел силу 4 балла (как умеренный) во все месяцы года. Статистически достоверно значимых различий по месяцам года не было определено.

По среднемесячным температурам погодные условия в Арктике круглогодично оценивались как «холодная среда». Температура на открытой территории имела положительные значения только в июле и августе, в июне и сентябре колебалась в пределах положительных–отрицательных (табл. 2).

При расчетах температур, учитывающих комплексное влияние различных физических факторов, оказалось, что все они были ниже значений температуры на ОТ.

Характерным для всех биоклиматических индексов было уменьшение разницы между значением температур от января к августу, затем вновь рост к январю (табл. 3). Вторая особенность заключалась в динамике разниц значений ВХИ и ЭТ с температурой на ОТ. Если первые можно охарактеризовать как «уменьшение–рост», то динамика вторых относительно первых колеблется. Так, в январе–апреле значения температур были более высокими, чем первые, в мае и октябре — были равными, а в июне–сентябре — ниже.

По критериям риска для здоровья получены следующие данные: ИПУОО свидетельствовал о круглогодичном риске обморожения открытых областей тела человека; значения ИПУОО в апреле и в ноябре находились на

Таблица 1. Среднемесячные показатели скорости ветра и относительной влажности на мысе Челюскин

Месяц года	Оцениваемые показатели, М ± m	
	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с
Январь	81,1 ± 0,5	6,4 ± 0,5
Февраль	81,6 ± 0,4	6,5 ± 0,4
Март	81,6 ± 0,4	5,9 ± 0,4
Апрель	81,5 ± 0,5	5,8 ± 0,3
Май	88,5 ± 0,7	5,7 ± 0,2
Июнь	89,2 ± 0,9	5,8 ± 0,2
Июль	90,5 ± 0,9	6,1 ± 0,2
Август	89,6 ± 1,0	5,9 ± 0,3
Сентябрь	88,5 ± 0,6	6,0 ± 0,3
Октябрь	85,1 ± 0,6	6,2 ± 0,3
Ноябрь	81,1 ± 0,3	6,4 ± 0,4
Декабрь	82,1 ± 0,3	5,8 ± 0,3

верхней границе значения «умеренный риск» (табл. 4); по ВХИ риск переохлаждения возможен в течение 8 месяцев в году; наиболее суровый период, оцениваемый как «чрезвычайно холодно», длился 2–4 месяца; ЭТ указывала на угрозу обморожения в зимние месяцы и в марте; на риск обморожения в течение 8 месяцев указывала и ЭЭТ; UTCI так же, как и ИПУОО, указывал на круглогодичный холодовой риск для здоровья.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Согласно нормативным документам, температура на открытой территории определяет длительность теплого и холодного периодов года, режимы работ на открытой территории, условия менеджмента работ в холодной среде, влияет на энергетические затраты организма и потребности в белках, жирах и углеводах, заболеваемость [13]. Экстремальные погодные условия, в том числе волны температурного холода, оказывают влияние на заболеваемость, психическое здоровье и смертность населения [24–26].

Есть мнение, что для оценки биоклиматического влияния погоды на организм в условиях холода наиболее предпочтительно использовать ИПУОО и ВХИ [27]. При построении регрессионных моделей оценки риска обморожения по показателям температуры, скорости ветра и влажности воздуха при работах на ОТ определено,

что основными являются температура и скорость ветра [10]. Вероятно, поэтому для практического применения и рекомендованы ИПУОО и ВХИ.

Вместе с тем, «холодовые индексы» не дают возможность определять степень биоклиматической комфортности среды обитания. Для этого можно использовать такие биоклиматические индексы, как ЭТ и ЭЭТ [17, 18].

Наши данные показывают, что влажность воздуха все же имеет значение при оценке суровости погоды: на примере определения ЭТ установлена зависимость от нее результирующего показателя. К примеру, при умеренно влажном воздухе ЭТ была выше, чем температура по ВХИ, а при повышении влажности, наоборот — ниже. Показатель ЭЭТ, тоже учитывающий влажность воздуха, показывает температуры более низкие, чем температура по ВХИ: только в январе разница температур составляла 6,8 °С, в остальные месяцы разница колебалась от 10,4 °С до 11,7 °С.

Однако все три показателя (ВХИ, ЭТ и ЭЭТ) дали разнозначные оценки влияния на здоровье погодных условий на ОТ. Так, по ВХИ 8 месяцев в году создаются условия от дискомфорта до ощущения «чрезвычайно холодно», а 4 месяца в году риск отсутствует. Это показатель рекомендован для менеджмента условий труда, в том числе на ОТ в условиях холодной среды при температуре ниже +10 °С. Но эти условия уже сами

Таблица 2. Годовые показатели температуры на открытой территории и биоклиматических индексов

Месяц года	Критерии оценки					
	T, °C	ИПУОО, балл	ВХИ, °C	ЭТ, °C	ЭЭТ, °C	UTCI, °C
Январь	-26,0 ± 1,1	50,8 ± 0,8	-38,9 ± 1,7	-34,5 ± 0,4	-45,7 ± 1,3	-48,8 ± 1,4
Февраль	-24,5 ± 1,0	50,2 ± 0,7	-37,0 ± 2,1	-33,1 ± 0,3	-49,2 ± 1,1	-49,7 ± 1,3
Март	-22,9 ± 1,2	49,1 ± 0,8	-34,5 ± 2,3	-31,0 ± 0,3	-46,1 ± 1,2	-46,7 ± 0,9
Апрель	-16,3 ± 0,4	45,9 ± 0,4	-26,0 ± 2,0	-24,1 ± 0,4	-37,3 ± 0,9	-41,0 ± 1,1
Май	-8,0 ± 0,5	42,0 ± 0,4	-15,4 ± 2,8	-15,2 ± 0,4	-26,9 ± 0,6	-32,0 ± 0,6
Июнь	-0,3 ± 0,2	38,5 ± 0,2	-5,8 ± 2,5	-6,8 ± 0,4	-16,5 ± 0,5	-23,1 ± 0,8
Июль	1,4 ± 0,2	37,9 ± 0,2	-3,7 ± 2,5	-5,0 ± 0,4	-14,5 ± 0,3	-21,7 ± 0,6
Август	2,1 ± 0,4	37,4 ± 0,4	-2,8 ± 2,0	-4,1 ± 0,4	-13,2 ± 0,5	-20,2 ± 0,7
Сентябрь	-0,05 ± 0,4	38,5 ± 0,4	-5,5 ± 2,0	-6,6 ± 0,4	-16,1 ± 0,7	-23,1 ± 1,1
Октябрь	-6,8 ± 0,6	41,8 ± 0,5	-14,3 ± 2,2	-14,3 ± 0,4	-25,4 ± 0,9	-32,3 ± 1,2
Ноябрь	-17,0 ± 0,8	45,9 ± 0,6	-27,1 ± 1,9	-25,0 ± 0,4	-38,4 ± 1,1	-42,0 ± 1,3
Декабрь	-22,3 ± 0,7	48,7 ± 0,5	-33,6 ± 2,3	-30,3 ± 0,4	-45,3 ± 0,7	-45,8 ± 0,9

Таблица 3. Отклонения температур по биоклиматическим индексам относительно температуры на открытой территории

Месяц года	Абсолютные значения отклонений биоклиматических температур			
	ВХИ, °C	ЭТ, °C	ЭЭТ, °C	UTCI, °C
Январь	-12,9	-8,5	-19,7	-22,8
Февраль	-12,3	-8,4	-24,7	-25,0
Март	-11,6	-8,1	-23,2	-23,8
Апрель	-9,7	-7,8	-21,0	-24,7
Май	-7,4	-7,2	-18,9	-24,0
Июнь	-5,5	-6,5	-16,2	-22,8
Июль	-2,3	-3,6	-13,1	-20,3
Август	-0,7	-2,0	-11,1	-18,1
Сентябрь	-5,5	-6,6	-16,1	-23,1
Октябрь	-7,5	-7,5	-18,6	-25,5
Ноябрь	-10,1	-8,0	-21,4	-25,0
Декабрь	-11,3	-8,0	-23,0	-23,5

по себе дискомфортны, что определяет необходимость использования средств защиты от холода.

По критерию ЭТ по Стедману риск холодовой травмы определен только в течение 4 месяцев в году. Учитывая, что диапазон зоны комфорта по ЭТ составляет 17,2–21,7 °C [28], можно полагать, что остальной период года при температурах от -4,1 до -25,0 °C тоже не комфортен для человека: эти условия могут привести к охлаждению организма.

ЭЭТ по А. Миссенарду показывает как на более длительный период, так и более суровые условия на объекте наблюдения: они регистрируются в течение 8 месяцев, хотя в остальные 4 месяца также холодно.

Охлаждение лежит в основе патогенеза влияния холода, изменения могут иметь как функциональный, так и патологический характер. Компенсаторная реакция на локальное охлаждение вызывает рефлекторные сдвиги в работе сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной систем разной силы (больше лица, чем рук). Влияние на лицо, органы дыхания приводит к сокращению артериальных сосудов (в циркуляторной системе конечностей, а также в коронарных сосудах), результатом чего является повышение кровяного давления. При хроническом действии холода нарушается двигательная активность, координация и способность выполнять точные

операции; усиливаются тормозные процессы в коре головного мозга, может развиваться «синдром полярной гипоксии», «хронический гипоксический синдром», или «холодовая гипоксия», основанные на недостаточности функции дыхания и образовании дефицита кислорода в организме [11, 12, 23, 29–31]. Холод провоцирует нарушение метаболизма нутриентов, что повышает риск возникновения заболеваний и расстройств [14].

Два биоклиматических индекса (ИПУОО и UTCI) указали на круглогодичный холодовой риск (возможность обморожения открытых областей тела). Но первый биоклиматический индекс, с одной стороны, не показывает значение эквивалентной температуры, определенной по температуре и скорости ветра. Для этого используют таблицу приложения 6 МР 2.2.7.2129-06, утвержденной Главным санитарным врачом Российской Федерации. Однако в ней достаточно широкий размах значений эквивалентных температур, что затрудняет установление конкретных величин. С другой стороны, он не учитывает влияние влажности воздуха и радиационной температуры. По нашим данным можно полагать, что она соответствует значениям эквивалентных температур, определенных по формуле ВХИ.

Интегральный показатель температурного комфорта показал наиболее низкие значения эквивалентных

Таблица 4. Отклонения температур по биоклиматическим индексам относительно температуры на открытой территории

№ п/п	Индекс	Вид риска	Месяцы года/число месяцев
1	ИПУОО	Умеренный	IV–XI (8–6)
		Критический	XII–III (4–6)
2	ВХИ	отсутствует	VI–IX (4)
		Дискомфорт, прохлада	V, X (2)
		Очень прохладно	III–IV, XI–XII (4–2)
		Чрезвычайно холодно	I–II (2–4)
3	ЭТ	Отсутствует	IV–XI (8)
		Осторожно — обморожение открытых участков кожи возможно через 20–30 мин	XII–III (4)
4	ЭЭТ	Холодно	VI–IX (4)
		Очень холодно	Нет
		Угроза обморожения	X–V (8)
5	UTCI	Сильный	VI–IX (4)
		Очень сильный	V, X (2)
		Экстремальный	XI–IV (6)

температур, а также наличие более длительного сурового периода обитания на мысе Челюскин. Относительно температуры по ВХИ разница достигала следующих величин: минимальная — 9,9 °С (январь), максимальная — 18,0 °С (июль и октябрь). В целом среднегодовая температура по ВХИ была ниже, чем по UTCI в 2,1 раза: $-20,4 \pm 4,0$ °С против $-42,8 \pm 3,3$ °С ($p = 0,008$).

Интересным выглядело то, что значения температур по UTCI и ЭЭТ по А. Миссенарду в декабре–марте были практически равными.

Таким образом, на примере мыса Челюскин показано преимущество использования UTCI для оценки холодового риска для здоровья человека, что может быть использовано для прогнозирования риска в различных по суровости погодно-климатических условиях. Кроме того, наши данные получены при оценке средних физических показателей на ОТ. При комбинированном влиянии максимальной/минимальной влажности воздуха и крайних значений (в данном случае — минимальной температуры, максимального ветра) и радиационной температуры эффект негативного влияния на организм будет значительно более выраженным. Вероятно, необходимо оценивать влияние погодных факторов по крайним

(неблагоприятным) показателям, на что указывают и другие авторы [32].

Исследование актуализирует решение вопроса о нормировании гигиенических требований к режиму работ на открытой территории или в неотапливаемых помещениях в холодный период года.

ВЫВОДЫ

Температура, определенная по формуле ВХИ (в градусах Цельсия), может характеризовать степень холодового риска, установленную по ИПУОО в баллах. Периоду критического холодового риска по ИПУОО (ноябрь–апрель) соответствует риск по ВХИ, оцениваемый как «дискомфорт (прохлада)» и «очень холодно», по UTCI — «экстремальный стресс»; по ЭТ — «осторожно, обморожение открытых участков кожи» (более короткий); по ЭЭТ — «угроза обморожения» (более длительный). ИПУОО и UTCI указывают на круглогодичный риск холодовой травмы в условиях мыса Челюскин: по УПОО — умеренный (4–6 месяцев) и критический (4–6 месяцев), по UCI — очень сильный (4 месяца), а также очень сильный и экстремальный (8 месяцев).

Литература

1. Веремчук Л. В., Челнокова Б. И. Влияние природно-экологических условий на качество среды обитания человека в Приморском крае. Здоровье населения и среда обитания. 2013; 2 (239): 4–6.
2. Уянаева А. И., Тулицына Ю. Ю., Рассулова М. А., Турова Е. А., Львова Н. В., Айрапетова Н. С. Влияние климата и погоды на механизмы формирования повышенной метеочувствительности. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016; 93 (5): 52–57.
3. Григорьева Е. А., Христофорова Н. К. Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения. Экология человека. 2019; 5: 4–10. DOI: 10.33396 / 1728-0869-2019-5-4-10.
4. Ревич Б. А., Шапошников Д. А. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко-континентальным климатом. Сибирское медицинское обозрение. 2017; (2): 84–90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90.
5. Шапошников Д. А., Ревич Б. А. О некоторых подходах к вычислению рисков температурных волн для здоровья. Анализ риска здоровью. 2018; 1: 22–31. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.03.
6. Шатрова Н. В., Шапошников Д. А., Константинов П. И., Ревич Б. А. Определение порогов температурно-зависимой смертности на основе универсального индекса теплового комфорта – UTCI. Анализ риска здоровью. 2019; 3: 83–93. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.10.
7. Кнауб Р. В., Игнатьева А. В. Оценка энергетических последствий заболеваемости и смертности людей от климатических изменений на территории Томской области России. Современные исследования социальных проблем. 2015; 4 (48): 466–87.
8. Синицын И. С., Георгица И. М., Иванова Т. Г. Биоклиматическая характеристика территории в медико-географических целях. Ярославский педагогический вестник. 2013; 3 (4): 279–83.
9. Черных Д. А., Тасейко О. В. Оценка риска от температурных волн, влияющих на повышение уровня смертности населения г. Красноярск. Экология человека. 2018; 2: 3–8.
10. Шипко Ю. В., Шувакин Е. В., Шуваев М. А. Регрессионные модели оценки безопасности работ персонала на открытой территории в жестких погодных условиях. Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2017; 1: 131–40.
11. Wenz J. What Is Wind Chill, and How Does It Affect the Human Body? Smithsonian Magazine. 2019; 30. Available from: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-wind-chill-and-how-does-it-affect-human-body-180971376>.
12. Vankov A. Explainer: What is Wind Chill? What are Its Effects? Posted on January 31, 2019. Available from: <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>.
13. Чашин В. П., А. Б. Гудков А. Б., Чашин М. В. и др. Прогнозная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода. Экология человека. 2017; 5: 3–13.
14. Полякова Е. М., Мельцер А. В. Сравнительный анализ состояния здоровья работников, выполняющих трудовые операции на открытой территории в холодный период года, по результатам анкетирования. Профилактическая медицина. 2019; 4 (73): 35–44.
15. Fiala D, Havenith G, Brode P, Kampmann B, Jendritzky G. UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. Int J Biometeorol. 2012; 56 (3): 429–41.
16. Potchter O, Cohen P, Lin T-P, Matzarakis A, Total S. Environ Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. 2018; 631–2: 390–406. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.276. Epub 2018 Mar 16.
17. Квачук С. В. Обзор индексов степени комфортности погодных условий и их связь с показателями смертности. Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра РФ. 2012; 347: 223–45.
18. Латышева И. В., Лощенко К. А., Потемкин В. Л., Потемкина Т. Г., Астафьева Н. В. Интегральные биоклиматологические показатели в исследованиях климата Иркутской области за период 1970–2010 гг. Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2014; 6 (3): 265–74.
19. Карандеев Д. Ю. Эффективная температура как фактор, влияющий на электропотребление города. Современная техника и технологии. 2015; 2. Available from (дата обращения: 01.11.2022): <http://technology.snauka.ru/2015/02/5728>.
20. Di Napoli C, Pappenberger F, Hannah LC. Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index (UTCI). Int J Biometeorol. 2018; 62 (7): 1155–65.

21. BioKlima 2.6, software package. Available from: www.igipz.pan.pl/geoklimat/blaz/bioklima.htm.
22. Monmonier M. Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th Century Admiral Turned Science into Poetry. Published online: 29 Feb 2008. Pages 474–5. DOI: https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.2005.493_1.x.
23. Аленикова А. Э., Теписова Е. В. Анализ изменений гормонального профиля мужчин г. Архангельска в зависимости от факторов погоды. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014; 3: 5–15.
24. Pascal M. [Adaptation to extreme weather event is key to protection of human health]. *Rev Mal Respir*. 2022; 39 (8): 719–25. DOI: 10.1016/j.rmr.2022.08.003. Epub 2022 Sep 8.
25. Weillhammer V, Schmid J, Mittermeier I, Schreiber F, Jiang L, Pastuhovic V, et al. Extreme weather events in Europe and their health consequences — A systematic review. *Jnt J Hyg Environ Health*. 2021; 233: 113688. DOI: 10.1016/j.jheh.2021.113688. Epub 2021 Jan 30.
26. Ebi KL, Vanos J, Baldwin JW, Bell JE, Hondula DM, Errett NA, et al. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. *Annu Rev Public Health*. 2021; 42: 293–315. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-012420-105026. Epub 2021 Jan 6.
27. Шипко Ю. В., Шувакин Е. В., Иванов А. В. Обобщенный биоклиматический показатель безопасности работ на открытом воздухе в суровых погодных условиях. Вестник КВГУ, Серия: география. Геоэкология. 2015; 3: 33–39.
28. Большая медицинская энциклопедия: Эффективная температура. Available from: http://bigmeden.ru/article/Эффективная_Температура.
29. Афанасьев Р. Ф., Бурмистрова О. В., Бобров А. Ф. Холод, критерии оценки и прогнозирование риска охлаждения человека. Бюллетень ВШЦ СО РАМН. 2006; 3 (49):13–18.
30. Бочаров М. И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (обзор). Сообщение 1. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки». 2015; 1: 5–15.
31. Бочаров М. И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (обзор). Сообщение II. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки». 2015; 2: 5–17.
32. Матрюков С. И., Червякова И. В. Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека. Навигация и гидрография. 2014; 38: 83–90.

References

1. Veremchuk LV, Chelnokova BI. Vliyaniye prirodno-ekologicheskix uslovij na kachestvo sredy obitaniya cheloveka v Primorskom krae. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; 2 (239): 4–6. Russian.
2. Uyanaeva AI, Tupicyna YuYu, Rassulova MA, Turova EA, Lvova NV, Ajrapetova NS. Vliyaniye klimata i pogody na mexanizmy formirovaniya povyshennoj meteochuvstvitel'nosti. *Voprosy kurtologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury*. 2016; 93 (5): 52–57. Russian.
3. Grigoreva EA, Kristoforova NK. Bioklimat Dal'nego Vostoka Rossii i zdorov'e naseleniya. *Ehkologiya cheloveka*. 2019; 5: 4–10. DOI: 10.33396 / 1728-0869-2019-5-4-10. Russian.
4. Revich BA, Shaposhnikov DA. Osobennosti vozdeystviya voln xoloda i zhary na smertnost' v gorodax s rezko-kontinental'nym klimatom. *Sibirskoe medicinskoe obozrenie*. 2017; (2): 84–90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90. Russian.
5. Shaposhnikov DA, Revich BA. O nekotoryx podkhodax k vychisleniyu riskov temperaturnyx voln dlya zdorov'ya. *Analiz riska zdorov'yu*. 2018; 1: 22–31. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.03. Russian.
6. Shatrova NV, Shaposhnikov DA, Konstantinov PI, Revich BA. Opredeleniye porogov temperaturno-zavisimoy smertnosti na osnove universal'nogo indeksa teplovogo komforta — UTCI. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; 3: 83–93. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.10. Russian.
7. Knaub RV, Ignateva AV. Ocenka ehnergeticheskix posledstviy zabolevaemosti i smertnosti lyudej ot klimaticheskix izmenenij na territorii Tomskoj oblasti Rossii. *Sovremennye issledovaniya social'nyx problem*. 2015; 4 (48): 466–87. Russian.
8. Sinicyn IS, Georgica IM, Ivanova TG. Bioklimaticheskaya xarakteristika territorii v mediko-geograficheskix celyax. *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik*. 2013; 3 (4): 279–83. Russian.
9. Chernyx DA, Tasejko OV. Ocenka riska ot temperaturnyx voln, vliyayushhix na povyshenie urovnya smertnosti naseleniya g. Krasnoyarska. *Ehkologiya cheloveka*. 2018; 2: 3–8. Russian.
10. Shipko YuV Shuvaikin EV, Shuvaev MA. Regressionnye modeli ocenki bezopasnosti rabot personala na otkrytoj territorii v zhestkix pogodnyx usloviyax. *Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika*. 2017; 1: 131–40. Russian.
11. Wenz J. What Is Wind Chill, and How Does It Affect the Human Body? *Smithsonian Magazine*. 2019; 30. Available from: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-wind-chill-and-how-does-it-affect-human-body-180971376>.
12. Vankov A. Explainer: What is Wind Chill? What are Its Effects? Posted on January 31, 2019. Available from: <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>.
13. Chashhin VP, Gudkov AB, Chashhin MV, i dr. Prediktivnaya ocenka individual'noj vospriimchivosti organizma cheloveka k opasnomu vozdeystviyu xoloda. *Ehkologiya cheloveka*. 2017; 5: 3–13. Russian.
14. Polyakova EM, Melcer AV. Sravnitel'nyj analiz sostoyaniya zdorov'ya rabotnikov, vypolnyayushhix trudovye operacii na otkrytoj territorii v xolodnyj period goda, po rezul'tatam anketirovaniya. *Profilakticheskaya medicina*. 2019; 4 (73): 35–44. Russian.
15. Fiala D, Havenith G, Brode P, Kampmann B, Jendritzky G. UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *Int J Biometeorol*. 2012; 56 (3): 429–41.
16. Potchter O, Cohen P, Lin T-P, Matzarakis A, Total S. Environ Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. 2018; 631–2: 390–406. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.276. Epub 2018 Mar 16.
17. Tkachuk SV. Obzor indeksov stepeni komfortnosti pogodnyx uslovij i ix svyaz' s pokazatelyami smertnosti. *Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo centra RF*. 2012; 347: 223–45. Russian.
18. Latysheva IV, Loshchenko KA, Potemkin VL, Potemkina TG, Astafeva NV. Integral'nye bioklimatologicheskije pokazateli v issledovaniyax klimata Irkutskoj oblasti za period 1970–2010 gg. *Mezhdisciplinarnyj nauchnyj i prikladnoj zhurnal «Biosfera»*. 2014; 6 (3): 265–74. Russian.
19. Karandeev DYU. Ehffektivnaya temperatura kak faktor, vliyayushhij na ehlektropotrebleniye goroda. *Sovremennaya texnika i texnologii*. 2015; 2. Available from (data obrashcheniya: 01.11.2022): <http://technology.snauka.ru/2015/02/5728>. Russian.
20. Di Napoli C, Pappenberger F, Hannah LC. Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int J Biometeorol*. 2018; 62 (7): 1155–65.
21. BioKlima 2.6, software package. Available from: www.igipz.pan.pl/geoklimat/blaz/bioklima.htm.
22. Monmonier M. Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th Century Admiral Turned Science into Poetry. Published online: 29 Feb 2008. Pages 474–5. DOI: https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.2005.493_1.x.
23. Alenikova AEh, Tepisova EV. Analiz izmenenij gormonal'nogo profilya muzhchin g. Arxangel'ska v zavisimosti ot faktorov pogody. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskije nauki*. 2014; 3: 5–15. Russian.
24. Pascal M. [Adaptation to extreme weather event is key to

- protection of human health]. *Rev Mal Respir*. 2022; 39 (8): 719–25. DOI: 10.1016/j.rmr.2022.08.003. Epub 2022 Sep 8.
25. Weinhammer V, Schmid J, Mittermeier I, Schreiber F, Jiang L, Pastuhovic V, et al. Extreme weather events in Europe and their health consequences — A systematic review. *Jnt J Hyg Environ Health*. 2021; 233: 113688. DOI: 10.1016/j.ijheh.2021.113688. Epub 2021 Jan 30.
 26. Ebi KL, Vanos J, Baldwin JW, Bell JE, Hondula DM, Errett NA, et al. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. *Annu Rev Public Health*. 2021; 42: 293–315. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-012420-105026. Epub 2021 Jan 6.
 27. Shipko YuV, Shuvakin EV, Ivanov AV. Obobshchennyj bioklimaticheskij pokazatel' bezopasnosti rabot na otkrytom vozduxe v surovyyx pogodnyx usloviyax. *Vestnik KVGU, Seriya: geografiya. Geoekologiya*. 2015; 3: 33–39. Russian.
 28. Bol'shaya medicinskaya ehnciklopediya: Ehffektivnaya temperatura. Available from: http://bigmeden.ru/article/Ehffektivnaya_Temperaturatura. Russian.
 29. Afanasev RF, Burmistrova OV, Bobrov AF. Xolod, kriterii ocenki i prognozirovanie riska oxlazhdeniya cheloveka. *Byulleten' VSNC SO RAMN*. 2006; 3 (49):13–18. Russian.
 30. Bocharov MI. Termoregulyaciya organizma pri xolodovyx vozdeystviyax (obzor). Soobshhenie 1. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya «Mediko-biologicheskie nauki»*. 2015; 1: 5–15. Russian.
 31. Bocharov MI. Termoregulyaciya organizma pri xolodovyx vozdeystviyax (obzor). Soobshhenie II. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo universiteta. Seriya «Mediko-biologicheskie nauki»*. 2015; 2: 5–17. Russian.
 32. Mastryukov SI, Chervyakova IV. Obzor sovremennyx otechestvennyx i zarubezhnyx metodov ocenki vetrovogo oxlazhdeniya cheloveka. *Navigaciya i gidrografiya*. 2014; 38: 83–90. Russian.