



Оценка среды обитания человека на различных территориях Красноярского края по погодно-климатическим условиям

Д.А. Нарутдинов¹, Р.С. Рахманов², Е.С. Богомолова², С.А. Разгулин²

¹Медицинская служба войсковой части 73633,

ул. Дзержинского, д. 18, г. Красноярск, 660017, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

Резюме

Введение. Экстремальный климатический режим оказывает негативное влияние на здоровье населения.

Цель: оценка риска здоровью населения в районах Красноярского края по эффективной температуре в динамике многолетнего наблюдения.

Материалы и методы. В двух периодах определения климатических норм 1961–1990 и 1991–2020 гг. анализировали температуру (среднемесячная и минимальная), скорость ветра (средняя и максимальная) и относительную влажность воздуха в субарктической и умеренно континентальной зонах. По эффективной температуре оценили риск здоровью.

Результаты. В субарктической зоне снизилась сила ветра (средние и максимальные значения), увеличилась длительность таких периодов, повысилась температура, влажность не изменилась. В умеренном климате изменились все показатели. В субарктической зоне в первом периоде 2-го месяца (против 3-го в первом) возможно обморожение в течение 20–30 минут. В умеренном климате опасности для человека не было. При минимальной температуре и максимальном ветре в субарктической зоне риск обморожения возможен в течение 5 месяцев (против 6); через 10–15 минут – 2 месяца, через 20–30 минут – 3 месяца. В умеренном климате, соответственно, обморожение в течение 20–30 минут возможно 2 месяца (против 3 в первом периоде).

Выводы. В интервале установления климатических норм (1991–2020 гг.) определено достоверное повышение эффективных температур: в субарктической зоне при средних показателях силы ветра и температуры – в феврале–апреле и июне, при максимальном ветре и минимальной температуре – в марте–июле; в умеренном климате – соответственно в апреле и июне. Длительность периодов риска здоровью по холодовому воздействию в условиях субарктического климата при средних значениях ветра и температуры – 2 (I–II) при максимальном ветре и минимальной температуре – 5 (XI–III) месяцев; в умеренном климате, соответственно, нет риска и 2 (3) (I, II и XII) месяца.

Ключевые слова: климатические зоны, Красноярский край, эффективная температура, риск обморожения.

Для цитирования: Нарутдинов Д.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А. Оценка среды обитания человека на различных территориях Красноярского края по погодно-климатическим условиям // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 61–66. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-61-66>

Сведения об авторах:

Нарутдинов Денис Алексеевич – к.м.н., начальник медицинской службы войсковой части 73633; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

✉ **Рахманов** Рофаил Салыхович – д.м.н., профессор; профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Богомолова Елена Сергеевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Разгулин Сергей Александрович – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой медицины катастроф ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Информация о вкладе авторов: Нарутдинов Д.А. – сбор первичного материала, участие в подготовке статьи; Рахманов Р.С. – концепция и дизайн исследования, написание текста; Богомолова Е.С. – участие в подготовке статьи, редактирование окончательного варианта статьи; Разгулин С.А. – участие в статистической обработке статьи и подготовке первого варианта статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 08.12.20 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

Assessment of Weather and Climate-Related Risks to Human Health in Different Areas of the Krasnoyarsk Region

Denis A. Narutdinov,¹ Rofail S. Rakhmanov,² Elena S. Bogomolova,² Sergey A. Razgulin²

¹Medical Service of Military Unit 73633, 18 Dzerzhinsky Street, Krasnoyarsk, 660017, Russian Federation

²Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

Summary

Introduction: Extreme climate conditions have a negative impact on human health.

Purpose: The study aimed to assess weather and climate-related risks to human health in different areas of the Krasnoyarsk Region by effective temperatures estimated during two long-term observation periods.

Materials and methods: We analyzed ambient temperatures (average monthly and minimum), wind speed (average and maximum), and relative humidity in the subarctic and temperate continental zones estimated during the periods of determining climatic norms in 1961–1990 and 1991–2020. The health risk was assessed on the basis of effective temperatures.

Results: In the subarctic zone, the wind strength (average and maximum values) decreased, the duration of such periods increased just like the ambient temperature while the relative humidity did not change. In temperate climates, all indicators have changed. In the subarctic zone, in the second observation period, frostbite was possible within 20–30 minutes during two months (versus 3 in the first). In the temperate climate, there was no such risk to humans. At the minimum temperature and maximum wind speed in the subarctic zone, the risk of frostbite is possible during 5 months (versus 6): after 10–15 minutes during two months and after 20–30 minutes – during three months of the year. In temperate climates, frostbite is possible within 20–30 minutes during two months (versus 3 in the first period).

Conclusions: In the interval of establishing climatic norms (1991–2020), a significant increase in effective temperatures was determined: in the subarctic zone with the average wind strength and temperature in February–April and June, with maximum wind and minimum temperature – in March–July; in temperate climates, in April and June, respectively. The duration

of periods of health risks posed by cold temperature exposures in the subarctic climate with average wind and temperature values equaled two months (I–II), with maximum wind speed and minimum temperatures – five months (XI–III); in the temperate climate, it was null and 2 (3) months (I, II, and XII), respectively.

Keywords: climatic zones, Krasnoyarsk Region, effective temperature, risk of frostbite.

For citation: Narutdinov DA, Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Razgulin SA. Assessment of weather and climate-related risks to human health in different areas of the Krasnoyarsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):61–66. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-61-66>

Author information:

Denis A. Narutdinov, Cand. Sci. (Med.), Head of the Medical Service of Military Unit 73633; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

✉ Rafail S. Rakhmanov, Dr. Sci. (Med.), Professor; Professor of the Department of Hygiene of the Privolzhsky Research Medical University; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Elena S. Bogomolova, Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Sergey A. Razgulin, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor; Head of the Department of Disaster Medicine, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Author contributions: Narutdinov D.A. did data collection of primary material and wrote the manuscript; Rakhmanov R.S. developed the research conception and design and wrote the manuscript; Bogomolova E.S. wrote and edited the manuscript; Razgulin S.A. did statistical data processing and drafted the manuscript; all authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: December 8, 2020 / Accepted: November 03, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Данные научных публикаций свидетельствуют о том, что физические факторы окружающей среды оказывают существенное негативное влияние на здоровье населения [1–6]. Особенно высока зависимость здоровья от экстремального климатического режима [7].

Показана необходимость использования различных биоклиматических показателей (сочетания метеопараметров) для установления риска здоровью человека [8–10].

Цель исследования – оценка риска здоровью населения в районах Красноярского края по эффективной температуре в динамике многолетнего наблюдения.

Материалы и методы. Ретроспективно анализировали показатели физических факторов на открытой территории последних десятилетних интервалов в двух периодах определения климатических норм (1961–1990 гг. (наблюдение № 1) и 1991–2020 гг. (наблюдение № 2)) [11, 12]: среднемесячных суточных температур, скорости движения (скорости ветра) и относительной влажности воздуха, а также среднемесячных минимальных температур и максимального ветра в субарктической и умеренно континентальной зонах края. Данные для анализа получили из Среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (г. Красноярск). С помощью компьютерной программы провели расчет эффективной температуры (ЭТ, °C) по Стивману (Robert Steadman) при использовании средних показателей, а также при расчете по минимальной температуре и максимальному ветру [13]. Отрицательные ЭТ характеризуют вероятность обморожения (< –50 – обморожение открытых участков кожи возможно менее, чем через 5 мин; –38...–50 – возможно через 10–15 мин; –28...–38 – возможно через 20–30 мин), положительные – теплового влияния (27...32 – возможно утомление при активных нагрузках, 32...40 – возможен солнечный удар при активных нагрузках, 40...55 – возможен получить солнечный удар и перегрев, возможен тепловой удар, > 55 – быстрый тепловой и солнечный удар). В диапазоне температур от –28 °C до 27 °C опасности для одетого человека нет.

Риск здоровью оценивали по холодовому влиянию – возможности обморожения при работах на открытой территории.

При статистической обработке полученных данных с помощью программного обеспечения

Statistica 6.1 достоверность различий оцениваемых показателей (средние величины и ошибки средней ($M \pm m$) для параметрических данных определяли по t -критерию Стьюдента.

Результаты. Как показал анализ, в первом наблюдении среднемесячная скорость ветра в субарктическом климате была наименьшей в июле–августе ($4,3 \pm 0,2 \dots 4,4 \pm 0,2$ м/с), к декабрю она увеличивалась до $6,1 \pm 0,2$ м/с. Во втором наблюдении минимальная скорость ветра в пределах $3,6$ м/с регистрировалась в июле–сентябре, наибольшая ($5,4 \pm 0,2$ м/с) – в декабре. В апреле, июне–декабре скорость ветра была достоверно ниже, чем в предыдущем периоде. Наименьшее значение максимального ветра регистрировали в первом периоде в августе ($10,5 \pm 0,4$ м/с), затем он нарастал до $16,2 \pm 0,7$ м/с в декабре. Во втором периоде наименьшее значение максимального ветра было в июне ($10,9 \pm 1,0$ м/с), наибольшее – в январе ($16,3 \pm 0,8$ м/с). При этом средние показатели каждого месяца в двух периодах наблюдения достоверно не различались.

Значения относительной влажности воздуха по месяцам достоверно по периодам наблюдения не различались. Минимальная влажность $63,9 \pm 2,0$ и $66,9 \pm 3,2$ % ($p = 0,475$) отмечена в июле, максимальная – в октябре ($82,0 \pm 0,6$ и $81,7 \pm 1,1$ %, $p = 0,833$).

В первом наблюдении в умеренном континентальном климате наименьшие значения средней скорости ветра регистрировали в июле–сентябре ($1,7 \pm 0,07 \dots 1,9 \pm 0,1$ м/с), наибольшие в ноябре – $3,0 \pm 0,2$ м/с. Во втором наблюдении наименьшая сила ветра была в июле ($1,4 \pm 0,05$ м/с), а в июне и августе – $1,6 \pm 0,07$ и $1,5 \pm 0,09$ м/с; наибольшая в апреле ($2,3 \pm 0,1$ м/с). За исключением августа и сентября произошло достоверное снижение силы ветра. Наибольшее значение силы максимального ветра в первом наблюдении регистрировали в августе ($5,4 \pm 0,3$ м/с), наибольшее в ноябре–декабре ($10,1 \pm 0,1 \dots 10,0 \pm 0,4$ м/с). Во втором наблюдении наименьшее значение было отмечено в июне ($5,1 \pm 0,4$ м/с) и июле ($4,8 \pm 0,2$ м/с), наибольшее в декабре ($7,9 \pm 0,2$ м/с).

Относительная влажность воздуха нарастала от наименьшего значения в мае ($54,4 \pm 1,8$ %) в первом наблюдении нарастала до $76,1 \pm 1,5$ % в августе, затем ее значения были стабильными ($70,1 \pm 2,1 \dots 70,1 \pm 1,3$ %) в октябре–январе, после чего вновь снижалась. Во втором наблюдении минимальные значения отмечены в апреле –

мае ($57,5 \pm 1,7 \dots 58,7 \pm 1,5$ %). К сентябрю она увеличивалась ($76,7 \pm 1,1$ %), сохраняясь на этих значениях до февраля, затем снижалась. При этом в ноябре и декабре влажность была достоверно выше на 3,7 % ($p = 0,012$) и 4,0 % ($p = 0,023$). В январе–марте относительная влажность также была выше на 3,9 % ($p = 0,059$), 5,1 % ($p = 0,06$) и 4,1 % ($p = 0,055$).

В субарктическом климате и летние месяцы в первом наблюдении температура воздуха на открытой территории была выше $+10$ °C с наибольшим значением в июле ($19,9 \pm 1,2$ °C). В зимние месяцы она была ниже -20 °C с минимумом в январе ($-23,8 \pm 2,2$ °C). Во втором наблюдении достоверных различий в среднемесячных показателях не было определено, за исключением апреля ($-7,3 \pm 0,9$ °C против $-10,8 \pm 1,6$ °C, $p = 0,006$). Наименьшее значение минимальной температуры регистрировали в июне ($3,3 \pm 0,8$ °C), наибольшее в январе ($-30,2 \pm 2,1$ °C). Во втором наблюдении наименьшие значения отмечены в мае ($-5,4 \pm 0,8$ °C) и июне ($6,5 \pm 0,6$ °C), наибольшие в январе–феврале ($-30,5 \pm 1,6$ °C). Во втором периоде в марте–июне произошло достоверное повышение среднемесячных минимальных температур на $2,4$ °C (май, $p = 0,024$) – $5,8$ °C (март, $p = 0,014$).

В умеренно континентальном климате среднемесячная суточная температура в летний период года в каждом наблюдении была выше $+10$ °C, достигая $18,1 \pm 0,5 \dots 18,8 \pm 0,3$ °C в июле. В зимние месяцы минимальная температура была ниже -10 °C (минимум в январе ($-15,3 \pm 0,9 \dots -17,3 \pm 1,6$ °C, $p = 0,354$)). Интересно, что в апреле и июне во втором наблюдении среднесуточная среднемесячная температура была выше, соответственно на $4,0$ °C ($p = 0,001$) и на $3,9$ °C ($p = 0,001$). Минимальные температуры ниже -10 °C в каждом периоде регистрировались в ноябре–феврале с минимумом в январе ($-19,3 \pm 1,0 \dots -20,9 \pm 1,5$ °C). В апреле во втором наблюдении минимальная температура была выше на $3,2$ °C ($p = 0,002$).

При оценке месячных годовых показателей по данным средних температур и скорости ветра установили, что в субарктической зоне ЭТ во втором периоде в апреле–июне были на $2,0$ – $5,6$ °C выше, но достоверные различия определены только в апреле и июне (табл. 1). ЭТ, рассчитанные по минимальной температуре и максимальному ветру, показали более длительный период повышения температур: с марта по июль – 5 месяцев. Достоверные различия в эти месяцы достигали $3,7$ – $9,9$ °C (табл. 2). В умеренном климате ЭТ, по средним показателям расчета свидетельствовали о достоверном повышении температуры в апреле и июне на $3,9$ – $5,3$ °C. Это же подтверждали и данные расчета по минимальной температуре и максимальному ветру.

Эффективные температуры при средних значениях температуры и скорости ветра свидетельствовали о том, что только в субарктической зоне края в первом наблюдении в течение 2 месяцев в году (январь и февраль) было возможно обморожение открытых участков тела в течение 20–30 минут; в декабре среднее значение ЭТ были на уровне верхней границы этого интервала, что также не исключало возможность обморожения. Во втором периоде возможность такого же обморожения сократилась до 2 месяцев. В умеренном климате опасности для одетого человека по периодам наблюдения не было определено.

При более суровых погодных условиях (сочетании влияния минимальной температуры и максимального ветра) значения месячных показателей ЭТ увеличивались (табл. 2). В субарктической зоне в первом периоде наблюдения риск обморожения был возможен в течение 6 месяцев в году при нахождении на открытом воздухе. Из них 4 месяца (декабрь–март) – в течение 10–15 минут, в апреле – в течение 20–30 минут. Кроме того, в ноябре также было возможно обморожение как в течение 20–30 минут, так и через 10–15 минут. Во втором периоде наблюдения 5 месяцев в году было возможным получение холодовой травмы: из них 2 месяца (январь и февраль) – через 10–15 минут и 3 месяца (ноябрь, декабрь и март) – в течение 20–30 минут. Интересно, что в январе в каждом периоде наблюдения значения ЭТ свидетельствовали о возможном критическом риске обморожения. В умеренно континентальном климате в первом периоде в январе и феврале было возможно обморожение в течение 20–30 минут, а в декабре риск обморожения не исключался. Во втором периоде наблюдения 1 месяц (январь) в году был возможен риск холодовой травмы, не исключалась она и в феврале.

Обсуждение. Температура окружающей среды не всегда может являться мерой охлаждающего и повреждающего воздействия на организм [14, 15]. Эффект ощущений при одной и той же температуре зависит от силы ветра и влажности. При этом высокая влажность может усугублять негативное влияние ветра. В условиях низких температур метеощущения усугубляются как действием сильного ветра, так и высокой влажности [6, 9, 16]. Особенно значима роль влажности при экстремально низких температурах воздуха, высокой скорости ветра и утрате теплозащитных свойств одежды при ее увлажнении. При отсутствии средств обогрева или условий для нахождения в сухой одежде риск нахождения человека в таких условиях резко возрастает [17]. Усиление скорости ветра и уменьшение влажности приводят к увеличению потери тепла (ощущение понижения температуры воздуха) ослабление ветра и рост влажности приводят к обратному эффекту [18].

Уровень влажность воздуха, может оказывать различное негативное влияние на здоровье человека. При низких показателях отмечается сухость глаз, кожи, слизистой носа, что способствует повышению простудной заболеваемости [19, 20], особенно на фоне повышенного движения воздуха [21]. При высоких показателях на фоне повышения температуры может нарушаться терморегуляция организма, приводя к таким серьезным последствиям, как обезвоживание, усталость, тепловой удар и даже смерть [22–24]. Снижается производительность труда и повышается риск производственной травмы [24, 25]. Показано, что увеличенная относительная влажность была связана с увеличенной активностью гриппа [26]. Относительная влажность имела большее влияние из всех других физических параметров на регистрацию числа случаев COVID-19 [27–30].

Как показало наше исследование в 1991–2020 гг. (периode установления климатических норм) по сравнению с предыдущим, произошло изменение погодно-климатических условий, приведшее к потеплению погоды. В субарктической зоне снизилась сила ветра (средние значения), увеличилась длительность таких периодов, повысилась

Таблица 1. Эффективные температуры по средним показателям по периодам наблюдения в различных климатических зонах, °C**Table 1. Estimated mean effective temperatures in different climatic zones during the observation periods, °C**

Периоды / Periods	Показатели по месяцам года / Indicators by months of the year, $M \pm m$											
	Умеренно континентальный климат / Temperate continental climate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	$-20,8 \pm 1,1$	$-20,7 \pm 1,9$	$-10,9 \pm 1,7$	$-4,4 \pm 0,9$	$6,0 \pm 1,1$	$12,1 \pm 1,5$	$17,9 \pm 1,1$	$15,0 \pm 1,2$	$6,7 \pm 0,9$	$-2,7 \pm 1,2$	$-13,2 \pm 1,6$	$-19,3 \pm 1,9$
3	$-22,4 \pm 2,0$	$-18,9 \pm 1,8$	$-8,6 \pm 1,2$	$0,5 \pm 0,8$	$6,1 \pm 0,8$	$17,4 \pm 1,1$	$19,1 \pm 1,0$	$16,1 \pm 0,9$	$7,1 \pm 1,1$	$-1,4 \pm 1,4$	$-12,2 \pm 1,3$	$-17,6 \pm 2,5$
$p =$	0,47	0,39	0,121	0,001	0,55	0,001	0,178	0,142	0,62	0,125	0,332	0,468
Субарктический климат / Subarctic climate												
2	$-31,5 \pm 2,2$	$-29,5 \pm 1,7$	$-24,2 \pm 1,2$	$-18,4 \pm 2,1$	$-5,9 \pm 0,5$	$6,7 \pm 2,8$	$17,7 \pm 2,6$	$12,9 \pm 1,3$	$3,1 \pm 1,5$	$-11,2 \pm 0,9$	$-25,7 \pm 2,6$	$-28,7 \pm 2,1$
3	$-30,8 \pm 1,7$	$-28,7 \pm 1,8$	$-23,7 \pm 2,1$	$-14,0 \pm 1,3$	$-3,9 \pm 1,4$	$12,3 \pm 1,8$	$18,3 \pm 1,5$	$12,9 \pm 1,7$	$4,4 \pm 1,6$	$-9,5 \pm 1,5$	$-24,7 \pm 1,3$	$-26,6 \pm 1,7$
$p =$	0,758	0,69	0,081	0,002	0,184	0,011	0,396	0,776	0,374	0,293	0,657	0,222

Таблица 2. Эффективные температуры по минимальной температуре и максимальному ветру по периодам наблюдения в различных климатических зонах, °C**Table 2. Effective temperatures by the minimum ambient temperature and maximum wind speed in different climatic zones during the observation periods, °C**

Периоды / Periods	Показатели по месяцам года / Indicators by months of the year, $M \pm m$											
	Умеренно континентальный климат / Temperate continental climate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$-30,1 \pm 1,1$	$-31,1 \pm 1,9$	$-20,1 \pm 1,5$	$-13,4 \pm 1,1$	$-4,8 \pm 0,6$	$2,3 \pm 0,8$	$8,2 \pm 1,1$	$6,0 \pm 0,4$	$-1,6 \pm 0,8$	$-10,8 \pm 0,7$	$-22, \pm 2,0$	$-28,8 \pm 2,2$
2	$-28,5 \pm 1,7$	$-26,9 \pm 1,8$	$-14,8 \pm 1,0$	$-7,6 \pm 0,6$	$-3,4 \pm 0,8$	$6,9 \pm 0,5$	$10,4 \pm 0,4$	$8,2 \pm 0,4$	$-1,0 \pm 0,8$	$-9,4 \pm 1,1$	$-22,1 \pm 0,7$	$-23,1 \pm 2,1$
$p =$	0,226	0,026	0,031	0,009	0,133	0,001	0,461	0,736	0,362	0,134	0,33	0,115
Субарктический климат / Subarctic climate												
1	$-46,4 \pm 2,4$	$-45,3 \pm 2,4$	$-40,9 \pm 1,1$	$-35,5 \pm 1,6$	$-18,8 \pm 0,5$	$-7,6 \pm 1,7$	$1,3 \pm 1,3$	$-0,4 \pm 0,3$	$-8,9 \pm 1,1$	$-23,5 \pm 0,8$	$-38,5 \pm 2,8$	$-43,2 \pm 1,8$
2	$-47,5 \pm 1,7$	$-41,3 \pm 1,2$	$-31,0 \pm 1,6$	$-17,0 \pm 1,3$	$-12,8 \pm 0,9$	$-0,4 \pm 1,1$	$5,0 \pm 0,6$	$0,6 \pm 0,8$	$-10,6 \pm 1,2$	$-21,2 \pm 0,9$	$-34,8 \pm 1,6$	$-37,5 \pm 2,4$
$p =$	0,726	0,059	0,001	0,001	0,029	0,004	0,019	0,396	0,342	0,109	0,321	0,172

температура на открытой территории. Влажность воздуха не изменилась. В умеренном климате отмечено изменение всех трех физических показателей. Это отразилось на длительности периодов риска здоровью по холодному влиянию: по показателям средних и крайних значениях силы ветра и температуры в субарктической зоне отмечено сокращение срока на 1 месяц. В умеренном климате риска здоровью при средних значениях риска не определили, а при крайних значениях также отмечено сокращение этого периода на 1 месяц. Таким образом, проведенный анализ показал разную степень риска здоровью населения Красноярского края, проживающего в разных климатических зонах.

Как известно, Правительство РФ для активного решения вопросов, связанных с изменениями климата, в числе приоритетных выделяет проведение научной оценки погодно-климатических условий как прогностической составляющей для обеспечения прогноза связи с изменением климата угроз национальной безопасности, оценку рисков и выгод для экономики страны и ее территории, а также способности адаптации к изменению климата¹.

Для оценки риска здоровью в холодное время года Роспотребнадзор рекомендует использовать интегральный показатель условий охлаждения (обморозения), который определяет время безопасной работы на открытой территории². Для устранения негативного воздействия холодных

сред на здоровье и деятельность человека, а также на производительность, качество и безопасность работы разработан стандарт оценки риска при работах в холодных средах с использованием ветрохолодового индекса³. Вместе с тем эти био-климатические индексы не учитывают «вклад» в терморегуляцию человека влажности воздуха. Совокупное влияние ветра и влажности в условиях экстремальных климатических зон может повысить риск холодовой травмы.

Таким образом, исследование показало увеличение периода безопасного нахождения на открытой территории, что имеет значение при организации работ; условия обитания стали более комфортными. Также актуализируется межведомственное обоснование критерия безопасности работ на открытой территории. Однако потепление несет и определенные риски, в частности эпидемиологические (возможный рост инфекционных и паразитарных заболеваний), медицинские (рост заболеваемости), социальные (ухудшение условий проживания местного населения, природопользования коренных народов Севера), деградация вечной мерзлоты привести к просадке грунта, заболачиванию территории [31].

Выводы

1. На территориях Красноярского края в интервале наблюдения для установления климатических норм (1991–2020 гг.) определены различия по отношению к предыдущему (1961–1990 гг.), приведшие к потеплению погоды: в субарктической зоне по

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. № 730р «Об утверждении Комплексного плана реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года».

² МР 2.2.7.2129–06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях».

³ ГОСТ Р ИСО 15743–2012. Практические аспекты менеджмента риска. Менеджмент и оценка риска для холодных сред.

средней и максимальной силе ветра и средней и минимальной температуре, в умеренном климате — по среднему и максимальному ветру, средней и минимальной температуре и влажности воздуха.

2. Установлено достоверное повышение эффективных температур: в субарктической зоне при средних показателях силы ветра и температуры — в феврале—апреле и июне, при максимальном ветре и минимальной температуре — в марте—июле; в умеренном климате соответственно в апреле и июне.

3. Длительность периодов риска здоровью по холодовому воздействию в условиях субарктического климата при средних значениях ветра и температуры — 2 (I—II), при максимальном ветре и минимальной температуре — 5 (XI—III) месяцев; в умеренном климате, соответственно, нет риска и 2 (3) (I, II и XII) месяца.

Список литературы

- Черных Д.А., Тасейк О. В. Оценка риска от температурных волн, влияющих на повышение уровня смертности населения г. Красноярска // Экология человека. 2018. № 2. С. 3—8. doi: 10.33396/1728-0869-2018-2-3-8
- Диханова З.А., Мухаметжанова З.Т., Исакова А.К. и др. Влияние климата на организм человека // Гигиена труда и медицинская экология. 2017. № 1 (54). С. 12—16.
- 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. С. 33—39.
- 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. С. 131—140.
- Мастрюков С.И., Червякова И.В. Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека // Навигация и гидрография. 2014. № 38. С. 83—90.
- Григорьева Е.А., Христофорова Н.К. Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения // Экология человека. 2019. № 5. С. 4—10. doi: 10.33396/1728-0869-2019-5-4-10
- Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Анисимов О.А. и др. Волны жары и холода в городах, расположенных в Арктической и Субарктической зонах как факторы риска повышения смертности населения на примере Архангельска, Мурманска и Якутска // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 9. С. 791—798. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798
- Синицын И.С., Георгица И.М., Иванова Т.Г. Биоклиматическая характеристика территории в медико-географических целях // Ярославский педагогический вестник. 2013. Т. 3. № 4. С. 279—283.
- Григорьева Е.А. Климатические условия Дальнего Востока как фактор развития болезней органов дыхания // Региональные проблемы. 2017. Т. 20. № 4. С. 79—85.
- Шартова Н.В., Шапошников Д.А., Константинов П.И. и др. Определение порогов температурно-зависимой смертности на основе универсального индекса теплового комфорта — UTCI // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 83—93. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.10
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Динамические климатические нормы температуры воздуха // Метеорология и гидрология. 2012. № 12. С. 5—18.
- Груза Г.В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН, 2012. 193 с.
- Карандеев Д.Ю. Эффективная температура как фактор, влияющий на электропотребление города // Современная техника и технологии. 2015. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2015/02/5728> (дата обращения: 11.09.2020).
- 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. С. 5—15.
- Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (обзор). Сообщение I // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 1. С. 5—15.
- Дубровская С.В. Метеочувствительность и здоровье. М.: РИПОЛ классик, 2011. 180 с.
- Чашин В.П., Гудков А.Б., Чашин М.В. и др. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3—13. doi: 10.33396/1728-0869-2017-5-3-13
- Ivankov A. Explainer: What is wind chill? What are its effects? Profolus. Published January 31, 2019. Accessed October 25, 2021. <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>
- Sunwoo Y, Chou C, Takeshita J, Murakami M, Tochi-hara Y. Physiological and subjective responses to low relative humidity. *J Physiol Anthropol*. 2006;25(1):7—14. doi: 10.2114/jpa2.25.7
- Jang SI, Han J, Lee M, Seo J, Kim BJ, Kim E. A study of skin characteristics according to humidity during sleep. *Skin Res Technol*. 2019;25(4):456—460. doi: 10.1111/srt.12673
- Hashiguchi N, Tochi-hara Y. Effects of low humidity and high air velocity in a heated room on physiological responses and thermal comfort after bathing: an experimental study. *Int J Nurs Stud*. 2009;46(2):172—180. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2008.09.014
- Marchetti E, Capone P, Freda D. Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. *Ann Ist Super Sanita*. 2016;52(3):338—342. doi: 10.4415/ANN_16_03_05
- Cariappa MP, Dutt M, Reddy KP, Mukherji S. 'Health, Environment and Training': Guidance on conduct of physical exertion in hot and humid climates. *Med J Armed Forces India*. 2018;74(4):346—351. doi: 10.1016/j.mjafi.2017.09.017
- Kjellstrom T, Crowe J. Climate change, workplace heat exposure, and occupational health and productivity in Central America. *Int J Occup Environ Health*. 2011;17(3):270—281. doi: 10.1179/107735211799041931
- Dally M, Butler-Dawson J, Sorensen CJ, et al. Wet bulb globe temperature and recorded occupational injury rates among Sugarcane harvesters in Southwest Guatemala. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8195. doi: 10.3390/ijerph17218195
- Suntronwong N, Vichaiwattana P, Klinfueng S, et al. Climate factors influence seasonal influenza activity in Bangkok, Thailand. *PLoS One*. 2020;15(9):e0239729. doi: 10.1371/journal.pone.0239729
- Alkhowailed M, Shariq A, Alqossayir F, Alzahrani OA, Rasheed Z, Al Abdulmonem W. Impact of meteorological parameters on COVID-19 pandemic: A comprehensive study from Saudi Arabia. *Inform Med Unlocked*. 2020;20:100418. doi: 10.1016/j.imu.2020.100418
- Pani SK, Lin N-H, Babu SR. Association of COVID-19 pandemic with meteorological parameters over Singapore. *Sci Total Environ*. 2020;740:140112. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140112
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission. *Transbound Emerg Dis*. 2020;67(6):3069—3074. doi: 10.1111/tbed.13766

30. Ward MP, Xiao S, Zhang Z. The role of climate during the COVID-19 epidemic in New South Wales, Australia. *Transbound Emerg Dis.* 2020;67(6):2313–2317. doi: 10.1111/tbed.13631
31. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: Последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: Экология и экономика. 2012. № 2(6). С. 066–079.

References

1. Chernykh DA, Taseiko OV. Assessment of the risk mortality from thermal waves in Krasnoyarsk City. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2018;(2):3–8. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2018-2-3-8
2. Dikhanova ZA, Mukhametzhanova ZT, Iskakova AK, Altaeva BZ, Mukasheva BG. [Effects of climate on the human body.] *Gigiena Truda i Meditsinskaya Ekologiya*. 2017;(1(54)):12–16. (In Russ.)
3. Shipko YuV, Shuvakin EV, Ivanov AV. [Generalized bioclimatic safety index for outdoor work in severe weather conditions.] *Vestnik VGU, Seriya: Geografiya. Geokologiya*. 2015;(3):33–39. (In Russ.)
4. Shipko YuV, Shuvakin EV, Shuvaev MA. Regression models of assessment of the staff safety operations outdoors in severe weather condition. *Vozdushno-Kosmicheskie Sily. Teoriya i Praktika*. 2017;(1):131–140. (In Russ.)
5. Mastryukov SI, Chervyakova IV. [Review of modern domestic and foreign methods for assessing human wind cooling.] *Navigatsiya i Gidrografiya*. 2014;(38):83–90. (In Russ.)
6. Grigorieva EA, Khristoforova NK. Climate and human health at the Russian Far East. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2019;(5):4–10. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-5-4-10
7. Revich BA, Shaposhnikov DA, Anisimov OA, Belolutskaia MA. Heat waves and cold spells in three Arctic and Subarctic cities as mortality risk factors. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(9):791–798. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-791-798
8. Sinitsyn IS, Georgitsa IM, Ivanova TG. The bioclimatic characteristics of the territory in medical-geographical purposes. *Yaroslavskiy Pedagogicheskii Vestnik*. 2013;3(4):279–283. (In Russ.)
9. Grigorieva EA. Climatic conditions of the Far East as a factor in the development of respiratory diseases. *Regional'nye Problemy*. 2017;20(4):79–85. (In Russ.)
10. Shartova NV, Shaposhnikov DA, Konstantinov PI, Revich BA. Universal thermal climate index (UTCI) applied to determine thresholds for temperature-related mortality. *Health Risk Analysis*. 2019;(3):83–93. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.3.10
11. Gruza GV, Ran'kova EYa. Dynamic normals of surface air temperature. *Meteorologiya i Gidrologiya*. 2012;(12):5–18. (In Russ.)
12. Gruza GV. [Observed and Expected Climate Changes in Russia: Ambient Temperature.] Moscow: IGKE Rosgidrometa i RAN Publ.; 2012. (In Russ.)
13. Karandeev DJu. The effective temperature as a factor influencing the power consumption of the city. *Sovremennaya Tekhnika i Tekhnologii*. 2015;(2). (In Russ.) Accessed October 25, 2021. <http://technology.snauka.ru/2015/02/5728>
14. Alenikova AE, Tipisova EV. Analysis of the changes in male hormone profile depending on weather conditions in Arkhangelsk. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo Universiteta. Seriya: Mediko-Biologicheskie Nauki*. 2014;(3):5–15. (In Russ.)
15. Bocharov MI. Thermoregulation in cold environments (review). Report I. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo Universiteta. Seriya: Mediko-Biologicheskie Nauki. Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2015;(1):5–15. (In Russ.)
16. Dubrovskaya SV. [Weather Sensitivity and Health.] Moscow: RIPOl klassic Publ., 2011. (In Russ.)
17. Chashchin VP, Gudkov AB, Chashchin MV, Popova ON. Predictive assessment of individual human susceptibility to damaging cold exposure. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2017;(5):3–13. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2017-5-3-13
18. Ivankov A. Explainer: What is wind chill? What are its effects? Profolus. Published January 31, 2019. Accessed October 25, 2021. <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>
19. Sunwoo Y, Chou C, Takeshita J, Murakami M, Tochihara Y. Physiological and subjective responses to low relative humidity. *J Physiol Anthropol*. 2006;25(1):7–14. doi: 10.2114/jpa2.25.7
20. Jang SI, Han J, Lee M, Seo J, Kim BJ, Kim E. A study of skin characteristics according to humidity during sleep. *Skin Res Technol*. 2019;25(4):456–460. doi: 10.1111/srt.12673
21. Hashiguchi N, Tochihara Y. Effects of low humidity and high air velocity in a heated room on physiological responses and thermal comfort after bathing: an experimental study. *Int J Nurs Stud*. 2009;46(2):172–180. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2008.09.014
22. Marchetti E, Capone P, Freda D. Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. *Ann Ist Super Sanita*. 2016;52(3):338–342. doi: 10.4415/ANN_16_03_05
23. Cariappa MP, Dutt M, Reddy KP, Mukherji S. 'Health, Environment and Training': Guidance on conduct of physical exertion in hot and humid climates. *Med J Armed Forces India*. 2018;74(4):346–351. doi: 10.1016/j.mjafi.2017.09.017
24. Kjellstrom T, Crowe J. Climate change, workplace heat exposure, and occupational health and productivity in Central America. *Int J Occup Environ Health*. 2011;17(3):270–281. doi: 10.1179/107735211799041931
25. Dally M, Butler-Dawson J, Sorensen CJ, et al. Wet bulb globe temperature and recorded occupational injury rates among Sugarcane harvesters in Southwest Guatemala. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8195. doi: 10.3390/ijerph17218195
26. Suntronwong N, Vichaiwattana P, Klinfueng S, et al. Climate factors influence seasonal influenza activity in Bangkok, Thailand. *PLoS One*. 2020;15(9):e0239729. doi: 10.1371/journal.pone.0239729
27. Alkhawailed M, Shariq A, Alqossayir F, Alzahrani OA, Rasheed Z, Al Abdulmonem W. Impact of meteorological parameters on COVID-19 pandemic: A comprehensive study from Saudi Arabia. *Inform Med Unlocked*. 2020;20:100418. doi: 10.1016/j.imu.2020.100418
28. Pani SK, Lin N-H, Babu SR. Association of COVID-19 pandemic with meteorological parameters over Singapore. *Sci Total Environ*. 2020;740:140112. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140112
29. Ward MP, Xiao S, Zhang Z. Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission. *Transbound Emerg Dis*. 2020;67(6):3069–3074. doi: 10.1111/tbed.13766
30. Ward MP, Xiao S, Zhang Z. The role of climate during the COVID-19 epidemic in New South Wales, Australia. *Transbound Emerg Dis*. 2020;67(6):2313–2317. doi: 10.1111/tbed.13631
31. Kattsov VM, Porfiryev BN. [Climate changes in the Arctic: Implications for the environment and economy.] *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*, 2012;(2(6)):066–079. (In Russ.)

