

УДК 613.1
DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.04



Научная статья

К ОЦЕНКЕ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, А.А. Хасанова

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Экстремальные климатические условия Крайнего Севера являются причиной формирования риска для здоровья населения, проживающего на данной территории. Для анализа адаптации к сложившимся условиям актуальным является проведение оценки риска, обусловленного влиянием климатических факторов. Ее использование позволит установить и количественно охарактеризовать воздействие климатических факторов на здоровье населения.

Для оценки уровней риска, формируемых для взрослого и детского населения, проживающего на территории Крайнего Севера, был выполнен анализ зависимости «экспозиция – эффект» для ранее установленных климатических факторов (атмосферного давления и температуры атмосферного воздуха, влажности воздуха, скорости ветра (в виде индекса нормальной эквивалентно-эффективной температуры – НЭЭТ)). На основе полученных результатов с использованием методов математического моделирования выполнялся расчет дополнительной вероятности заболеваемости, ассоциированной с действием климатических факторов, и формируемых уровней риска с их последующей характеристикой.

По результатам проведенного исследования параметризованы причинно-следственные связи среднемесячной НЭЭТ, перепадов атмосферного давления и заболеваемости населения, проживающего на территории Крайнего Севера. Для взрослого населения установлены неприемлемые уровни риска, обусловленные болезнями системы кровообращения, ассоциированными с влиянием НЭЭТ и атмосферного давления, болезнями органов дыхания и болезнями по классу травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, ассоциированные с влиянием НЭЭТ. Для детского населения установлены неприемлемые уровни риска, обусловленные болезнями органов дыхания и болезнями по классу травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, ассоциированные с влиянием НЭЭТ. Полученные результаты могут послужить ориентиром для разработки мер по адаптации к сложившимся климатическим условиям с целью сохранения здоровья населения.

Ключевые слова: оценка риска, климатические факторы, характеристика риска, анализ зависимости «экспозиция-эффект», атмосферное давление, индекс НЭЭТ, адаптация, изменения климата, здоровье населения.

© Шур П.З., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Хасанова А.А., 2022

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник – ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

Кирьянов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов, доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Камалтдинов Марат Решидович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник с исполнением обязанностей заведующего лабораторией ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления (e-mail: kmr@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0969-9252>).

Хасанова Анна Алексеевна – научный сотрудник отдела анализа риска для здоровья (e-mail: KhasanovaAA@inbox.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7438-0358>).

В соответствии с Распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации» к отрицательным последствиям ожидаемых изменений климата относится увеличение риска для здоровья населения (увеличение уровня заболеваемости и смертности)¹. В связи с этим одними из приоритетных задач политики в области климата будут являться формирование и внедрение мер по адаптации к происходящим климатическим изменениям [1–3]. Для этого был разработан национальный план мероприятий адаптации к изменениям климата, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р². В качестве одной из важнейших составляющих при разработке и планировании мер по адаптации к изменениям климата выступает оценка рисков, использование которой позволит дать количественную характеристику и прогноз последствий влияния климатических факторов на здоровье населения [4, 5].

Для территорий Крайнего Севера характерен комплекс экстремальных природно-климатических факторов, создающих риск формирования нарушений здоровья населения. К ним относятся низкие температуры атмосферного воздуха в течение длительного времени, резкие перепады атмосферного давления с высокой амплитудой, высокая влажность воздуха, шквальные ветра и др. [6–9]. Влияние этих факторов способствует функциональной напряженности отдельных органов и систем, снижает биологическую устойчивость организма и приводит к возникновению изменений в тех системах и органах, в которых наиболее полно задействованы резервы и выражены адаптивные перестройки [10, 11]. Все это является основой формирования риска для здоровья взрослого и детского населения, проживающего на данной территории. Вместе с этим глобальное изменение климата на данной территории происходит значительно быстрее, чем в других регионах планеты [12, 13]. В связи с этим при необходимости адаптации населения к сложившимся условиям актуальным является проведение оценки риска, обусловленного влиянием климатических факторов, позволяющей дать количественную характеристику воздействия климатических факторов на здоровье населения, выявить и оценить сравнительную значимость существующих опасностей для здоровья населения.

В соответствии с результатами ранее проведенной идентификации опасности установлено, что в качестве ключевых показателей для оценки влия-

ния климатических факторов риска на здоровье населения Крайнего Севера целесообразно использовать индекс нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ) и суточные перепады атмосферного давления. Выбранные факторы обладают преимущественно комплексным действием, что позволяет наиболее полно оценить их влияние на здоровье населения и не приводит к переоценке формируемого риска. Для выбранных показателей установлены достоверные причинно-следственные связи с нарушениями здоровья по классам болезней органов дыхания (J00–J99), системы кровообращения (I00–I99), эндокринной системы (E00–E90), психических расстройств и расстройств поведения (F00–F99), а также травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин (S00–T88) [7, 10].

Цель исследования – расчет и оценка уровней риска, формируемых для взрослого и детского населения на территории Крайнего Севера, ассоциированного с влиянием факторов атмосферного давления (суточные перепады) и температуры атмосферного воздуха, влажности воздуха и скорости ветра (в виде индекса НЭЭТ).

Материалы и методы. Расчет и оценка уровней риска здоровью населения, ассоциированного с влиянием факторов атмосферного давления и температуры атмосферного воздуха, влажности воздуха, скорости ветра (в виде индекса НЭЭТ), установленных в качестве ключевых по результатам ранее проведенной идентификации опасности [7, 10], были проведены на примере взрослого и детского населения, проживающего на территории одного из крупных промышленных городов, расположенных за Полярным кругом (69° с.ш.).

Для достижения поставленной цели был выполнен анализ зависимости «экспозиция – эффект» для анализируемых климатических факторов, на основе которого с использованием методов математического моделирования выполнялся расчет дополнительной вероятности заболеваемости, ассоциированной с действием климатических факторов. На основании полученных результатов был проведен расчет уровней риска, представляющих собой произведение дополнительной вероятности заболеваемости, ассоциированной с действием климатических факторов, и средневзвешенной тяжести заболеваний, используемых в качестве ответов.

На этапе оценки зависимости «экспозиция – эффект» проведено установление количественных

¹ О Климатической доктрине Российской Федерации: Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 № 861-рп [Электронный ресурс] // Правительство России. – URL: <http://government.ru/docs/all/70631/> (дата обращения: 20.05.2022).

² Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года: Распоряжение Правительства РФ от 25.12.2019 № 3183-р (ред. от 17.08.2021) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342408/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/ (дата обращения: 20.05.2022).

связей между экспозицией климатических факторов (атмосферного давления и температуры атмосферного воздуха, влажности воздуха, скорости ветра (в виде индекса НЭЭТ)) и ранее установленными на этапе идентификации опасности ассоциированными классами заболеваний (болезни органов дыхания (J00–J99), болезни эндокринной системы (E00–E90), болезни системы кровообращения (I00–I99), травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (S00–T88), психические расстройства и расстройства поведения (F00–F99)). Проведено уточнение нозологических форм, которые могут быть использованы в качестве ответов при оценке влияния анализируемых климатических факторов в рамках установленных ранее классов заболеваний. Для этого было проанализировано более 100 источников литературы, включающих в себя современные публикации результатов фундаментальных и прикладных научных исследований, включенных в общепризнанные системы цитирования (Google Scholar, Web of Science, Scopus, NCBI PubMed и пр.) и соответствующих критериям релевантности. Для уточнения нозологических форм использовались также методические рекомендации «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска»³.

Для индекса НЭЭТ и фактора атмосферного давления (показатель суточных перепадов) по результатам анализа данных научной литературы установлены значения экспозиции, которые, вероятно, не приводят к возникновению и развитию установленных эффектов со стороны здоровья населения.

Для расчета уровней риска, ассоциированных с действием фактора атмосферного давления и температуры атмосферного воздуха, влажности воздуха, скорости ветра (в виде индекса НЭЭТ), была вычислена дополнительная вероятность заболеваемости взрослого и детского населения. В основе расчета лежала система параметризованных зависимостей среднемесячной заболеваемости населения по указанным причинам от среднемесячной НЭЭТ и количества дней в месяц с суточными перепадами атмосферного давления выше значения экспозиции, не вызывающего развития неблагоприятных эффектов (установленного на этапе оценки зависимости «экспозиция – эффект»).

В качестве исходных данных по климатическим параметрам были использованы результаты наблюдений на метеорологических станциях исследуемой территории в период с 01.01.2014 г. по 31.12.2018 г. (суточное осреднение): атмосферное давление (межсуточные перепады) на уровне станции (гПа), а также температура атмосферного воз-

духа (°C), относительная влажность воздуха (%), скорость ветра (м/с), на основе которых были рассчитаны среднемесячные величины индексов нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ) [14, 15].

В качестве исходных данных по заболеваемости населения использовались данные фонда обязательного медицинского страхования (ФОМС) о количестве обратившихся за медицинской помощью и застрахованных на исследуемой территории за 2014–2018 гг. в разрезе возрастных групп (дети, взрослые) по причинам болезней отдельных нозологических форм по классам болезней органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, и классу травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин. На основе абсолютных случаев заболеваний были рассчитаны относительные показатели заболеваемости (на 1000 населения) путем деления абсолютных показателей на численность застрахованных и умножения на 1000.

Моделирование причинно-следственных связей между НЭЭТ, атмосферным давлением и заболеваемостью населения выполнялось с использованием методов математической статистики. Все модели проходили проверку на статистическую значимость установленных связей ($p < 0,05$) и экспертную оценку соответствия медико-биологическим представлениям.

Общий вид причинно-следственных связей представлен линейной множественной регрессионной моделью (табл. 1, формула 1). Заболеваемость, ассоциированная с влиянием анализируемых климатических факторов, была рассчитана как разность оценок, полученных при фактическом уровне фактора и уровне фактора, при котором, вероятно, не происходит возникновения неблагоприятных эффектов со стороны здоровья человека, обусловленных его действием (табл. 1, формула 2). На основе полученных данных была рассчитана вероятность случая заболевания в течение года (табл. 1, формула 3). Дополнительная вероятность заболевания, ассоциированная с воздействием фактора атмосферного давления и НЭЭТ, определяется как разность оценок заболеваемости при фактическом уровне действия фактора и уровне, при котором, вероятно, не происходит возникновения неблагоприятных эффектов для здоровья населения, обусловленных его действием (табл. 1, формула 4).

Расчет уровней риска выполнялся как произведение дополнительной вероятности заболеваемости, ассоциированной с действием климатических факторов, и средневзвешенной тяжести заболеваний в разрезе классов болезней, используемых в качестве ответов. Тяжесть заболеваний определялась

³ 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.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 48 с.

Формулы, используемые для моделирования причинно-следственных связей между НЭЭТ, атмосферным давлением и заболеваемостью населения

№ п/п	Формула	Обозначения
1	$Y^j = a_0^j + \sum_i a_1^{ij} X^{ij}$	Y^j – относительная заболеваемость или смертность населения по j -й причине, случаев на 1000 населения; a_0^j, a_1^{ij} – коэффициенты модели; X^{ij} – i -й фактор, действующий на j -й ответ
2	$\Delta Y^{ij} = a_1^{ij} (X^{ij} - X_N^{ij})$	ΔY^{ij} – дополнительная заболеваемость или смертность населения по j -й причине, ассоциированная с воздействием i -го фактора, случаев на 1000 населения; a_1^{ij} – коэффициент модели; X_N^{ij} – уровень фактора, при котором вероятно не происходит возникновения неблагоприятных эффектов со стороны здоровья человека, обусловленных его действием
3	$P^j = 1 - (1 - 1/1000)^{Y^j}$	P^j – вероятность случая заболевания по j -й причине в течение календарного года
4	$\Delta P^{ij} = P^j (X^{ij}) - P^j (X_N^{ij})$	ΔP^{ij} – дополнительная вероятность заболевания по j -й причине, ассоциированная с воздействием i -го фактора

в соответствии с публикацией Всемирной организации здравоохранения «WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019» и измерялась в виде безразмерного коэффициента из диапазона от 0 до 1⁴.

Результаты и их обсуждение. По результатам анализа данных научной литературы с целью оценки зависимости «экспозиция – эффект» определено, что фактор атмосферного давления, а именно такой его показатель, как суточные перепады, оказывает влияние на систему кровообращения, вызывая нарушение функций сердечно-сосудистой системы (в том числе изменение артериального давления, возникновение сосудистых кризов и внутренних кровоизлияний и пр.) [16–18]. По данным ряда релевантных зарубежных исследований, перепады давления, составляющие 7,5 мм рт. ст. в сутки, приводят к возникновению острых заболеваний сердечно-сосудистой системы, в том числе острого инфаркта миокарда, субарахноидального кровоизлияния, гипертонических кризов, острых нарушений мозгового кровообращения, острых заболеваний коронарных сосудов и др. [19–21]. Таким образом, для фактора атмосферного давления установлено, что в качестве эффектов, в рамках влияния на сердечно-сосудистую систему, целесообразно рассматривать возникновение острых заболеваний сердечно-сосудистой системы – эссенциальной (первичной) гипертензии (I10), гипертонивной болезни сердца (I11), стенокардии (грудной жабы) (I20), острого инфаркта миокарда (I21), субарахноидального кровоизлияния (I60), инсульта, не уточненного как кровоизлияние или инфаркт (I64). При этом данные эффекты с наибольшей вероятностью могут возникать при суточных перепадах, составляющих 7,5 мм рт. ст. и более, в связи с чем данный уровень целе-

сообразно использовать в качестве значения экспозиции, которое, вероятно, не приводит к возникновению неблагоприятных эффектов для здоровья населения, ассоциированных с данным фактором. При осреднении за пять лет количество дней с межсуточными перепадами атмосферного давления, составляющими 7,5 мм рт. ст. и более, на изучаемой территории составило 80,4 дня в год.

Установлено, что выделенные нозологические формы в большей степени характерны для взрослого населения [19–23], поэтому дальнейший расчет и характеристика уровней риска, ассоциированных с влиянием фактора атмосферного давления, будет проведена для взрослого населения, проживающего на анализируемой территории.

По данным анализа релевантных источников литературы установлено, что для индекса НЭЭТ комфортным является диапазон от 17,0 до 22,0 °С, температуры за этими границами предъявляют повышенные требования к механизмам терморегуляции [3, 8]. В связи с этим величина 17 °С может быть использована в качестве значения экспозиции, которое, вероятно, не приводит к возникновению неблагоприятных эффектов для здоровья населения, обусловленных данным фактором. На анализируемой территории за весь изучаемый период величина НЭЭТ не превышала данную величину.

В рамках выделенных ранее классов заболеваний были уточнены нозологические формы, которые будут наиболее вероятными климаточувствительными ответами, обусловленными влиянием НЭЭТ. В качестве ответов, ассоциированных с влиянием НЭЭТ, в рамках класса болезней органов дыхания целесообразно использовать острые респираторные инфекции (J00–J22) и хронические обструктивные болезни легких (J40–J44); класса болезней эндок-

⁴ WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019: Global Health Estimates Technical Paper WHO/DDI/DNA/GHE/2020.3. – Geneva: WHO, 2020. – 47 p.

ринной системы – сахарный диабет (E10–E14); болезней системы кровообращения – болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением, (I10–I15) и ишемическая болезнь сердца (I20–I25); класса психических расстройств и расстройств поведения – алкогольные психозы (F10), невротические, связанные со стрессом, и соматоформные расстройства (F40–F48), эмоциональные расстройства и расстройства поведения, начинающиеся обычно в детском и подростковом возрасте (дети) (F90–F98); в рамках класса травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин – отморожения (T33–T35) [24–35].

Результаты корреляционно-регрессионного анализа приведены в табл. 2 (a_0 , a_1 – параметры модели, R^2 – коэффициент детерминации). Отобраны только статистически значимые связи ($p < 0,05$). Отрицательный знак коэффициента a_1 означает, что заболеваемость увеличивается при уменьшении НЭЭТ.

По результатам проведенных расчетов установлено, что дополнительная вероятность заболевания взрослого населения, проживающего на территории одного из крупных промышленных городов, расположенных за Полярным кругом, по классу болезней системы кровообращения составляет $1,1 \cdot 10^{-2}$. Уровень риска здоровью, обусловленный болезнями системы кровообращения, составил $6,33 \cdot 10^{-3}$.

Результаты расчетов уровней риска для детского и взрослого населения, ассоциированных с влиянием температуры атмосферного воздуха, влажности воздуха, скорости ветра (в виде НЭЭТ), представлены в табл. 3.

По результатам проведенных расчетов установлено, что дополнительная вероятность заболеваний по классу болезни органов дыхания, ассоциированная с влиянием НЭЭТ, для детского населения составляет $3,91 \cdot 10^{-1}$, а для взрослого населения –

$1,56 \cdot 10^{-1}$; по классу болезни системы кровообращения – для взрослого населения – $2,51 \cdot 10^{-2}$; по классу травмы и отравления (отморожения) – для детского населения – $7,06 \cdot 10^{-4}$, а для взрослого населения – $9,59 \cdot 10^{-4}$. Уровень риска здоровью, обусловленный болезнями органов дыхания, для детского населения составил $4,7 \cdot 10^{-2}$, для взрослого населения – $3,34 \cdot 10^{-2}$; болезнями системы кровообращения – для взрослого населения – $1,45 \cdot 10^{-2}$; болезнями по классу травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (отморожения) – для детского населения – $2,63 \cdot 10^{-4}$ и $4,24 \cdot 10^{-4}$ для взрослого населения.

Для характеристики рассчитанных уровней риска была использована следующая классификация:

- 1) $1,0 \cdot 10^{-6}$ и менее – минимальный уровень риска;
- 2) $1,1 \cdot 10^{-6}$ – $1,0 \cdot 10^{-4}$ – допустимый (приемлемый) уровень риска;
- 3) $1,1 \cdot 10^{-4}$ – $1,0 \cdot 10^{-3}$ – настораживающий уровень риска;
- 4) $> 10^{-3}$ – высокий уровень риска.

Настораживающий и высокий уровни риска характеризуются как неприемлемые, при установлении которых целесообразно рекомендовать разработку мер по предупреждению нарушений и созданию условий сохранения здоровья населения. При этом они должны быть направлены на те органы и системы, для которых были установлены неприемлемые уровни риска.

В соответствии с предложенной классификацией для взрослого населения, проживающего на территории одного из крупных промышленных городов, расположенных за Полярным кругом, установлены неприемлемые уровни риска, обусловленные болезнями системы кровообращения, ассоциированными с влиянием НЭЭТ и атмосферного

Таблица 2

Параметры статистически значимых линейных регрессионных моделей ($p < 0,05$)

Класс болезней по МКБ-10	Фактор риска	a_0	a_1	R^2
Болезни системы кровообращения (I00–I99)	Перепады атмосферного давления	93,23	0,205	0,04
Болезни органов дыхания (J00–J99)		308,230	-7,808	0,3
Болезни системы кровообращения (I00–I99)	НЭЭТ	103,651	-1,051	0,2
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (S00–T88)		0,72	-0,078	0,59

Таблица 3

Уровни риска для детского и взрослого населения, ассоциированные с влиянием НЭЭТ

Класс (МКБ-10)	Возраст	Дополнительная вероятность заболевания	Уровень риска
Болезни органов дыхания	Дети	$3,91 \cdot 10^{-1}$	$4,70 \cdot 10^{-2}$
Травмы и отравления		$7,06 \cdot 10^{-4}$	$2,63 \cdot 10^{-4}$
Болезни органов дыхания	Взрослые	$1,56 \cdot 10^{-1}$	$3,34 \cdot 10^{-2}$
Болезни системы кровообращения		$2,51 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$
Травмы и отравления		$9,59 \cdot 10^{-4}$	$4,24 \cdot 10^{-4}$

давления, а также болезнями органов дыхания и болезнями по классу травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, ассоциированные с влиянием НЭЭТ. Для детского населения установлены неприемлемые уровни риска, обусловленные болезнями органов дыхания и болезнями по классу травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, ассоциированные с влиянием НЭЭТ.

Выводы. По результатам анализа данных научной литературы в рамках оценки зависимости «экспозиция – эффект» определено, что в качестве значения экспозиции, которое может приводить к возникновению неблагоприятных эффектов для здоровья населения, ассоциированных с влиянием данного фактора, для НЭЭТ целесообразно использовать величину среднемесячного значения, равную 17 °С и менее, а для атмосферного давления – величину межсуточных перепадов, составляющих 7,5 мм рт. ст. и более.

По итогам расчета и оценки уровней риска, формируемых для населения, проживающего на территории Крайнего Севера, для взрослого населения установлены неприемлемые уровни риска, обусловленные болезнями системы кровообращения, ассоциированные с влиянием НЭЭТ и атмосферного давления ($1,45 \cdot 10^{-2}$ и $6,33 \cdot 10^{-3}$ соответственно), бо-

лезнями органов дыхания ($3,34 \cdot 10^{-2}$) и болезнями по классу травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, ассоциированные с влиянием НЭЭТ ($4,24 \cdot 10^{-4}$). Для детского населения установлены неприемлемые уровни риска, обусловленные болезнями органов дыхания ($4,70 \cdot 10^{-2}$) и болезнями по классу травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин ($2,63 \cdot 10^{-4}$), ассоциированные с влиянием НЭЭТ.

Полученные результаты позволяют прогнозировать негативные изменения состояния здоровья населения, проживающего в условиях Крайнего Севера, формирующиеся под влиянием сочетанного действия климатических факторов (атмосферное давление (суточные перепады) и температура атмосферного воздуха, влажность воздуха, скорость ветра (в виде индекса НЭЭТ)), а также могут послужить ориентиром для разработки мер по адаптации к сложившимся условиям с целью сохранения здоровья населения.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета) / под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. – СПб.; Саратов: Амирит, 2020. – 120 с.
2. Яковлев И.А., Кабир Л.С., Никулина С.И. Климатическая политика Российской Федерации: международное сотрудничество и национальный подход // Финансовый журнал. – 2020. – Т. 12, № 4. – С. 26–36. DOI: 10.31107/2075-1990-2020-4-26-36
3. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Адаптация России к изменению климата: концепция национального плана // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2017. – № 586. – С. 7–20.
4. Метелица Н.Д., Носков С.Н. Мероприятия по адаптации к изменению климата в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, 21–22 октября 2020 г. / под ред. А.Ю. Поповой, А.К. Носкова. – Ростов-на-Дону: ООО «МиниТайп», 2020. – С. 216–218.
5. Васильев М.П. Изучение международного опыта по разработке национальных планов адаптации к изменению и изменчивости климата (структура, цели, ожидаемые результаты, исполнители) // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2017. – № 585. – С. 110–125.
6. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике / В.П. Чащин, А.Б. Гудков, О.Н. Попова, Ю.О. Одланд, А.А. Ковшов // Экология человека. – 2014. – Т. 21, № 1. – С. 3–12.
7. Хасанова А.А. Выделение приоритетных климатогеографических факторов для включения в дальнейшую оценку риска здоровью населения (на примере территорий Крайнего Севера) // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием. – Пермь, 5–9 октября 2020 г. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета. – С. 123–130.
8. Максимов А.Л., Белкин В.Ш. Биомедицинские и климато-экологические аспекты районирования территории с экстремальными условиями среды проживания // Вестник Дальневосточного отделения РАН. – 2005. – № 3. – С. 28–39.
9. Гудков А.Б., Попова О.Н., Лукманова Н.Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов севера. Обзор литературы // Экология человека. – 2012. – № 1. – С. 12–17.
10. Zaitseva N., Chetverkina K., Khasanova A. Hazard identification of climate risk factors on health of the far north population // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2020. – Vienna, Austria, December 08–11, 2020. – Book 4.2. – Vol. 20. – P. 163–168. DOI: 10.5593/sgem2020V/4.2/s06.20
11. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В. Психоэмоциональный стресс и метеореакция как системные проявления дисадаптации человека в условиях изменения климата на Севере России // Экология человека. – 2012. – № 8. – С. 3–7.
12. Никитина Е.Н. Изменение климата в Арктике: адаптация в ответ на новые вызовы // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2019. – Т. 12, № 5. – С. 177–200. DOI: 10.23932/2542-0240-2019-12-5-177-200

13. Изменение климата Арктики: место климатической науки в планировании адаптации / под ред. В.М. Катцова // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Климатический центр Росгидромета. – СПб.: Д'АРТ, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2017. – 104 с.
14. Интегральные биоклиматологические показатели в исследованиях климата Иркутской области за период 1970–2010 гг. / И.В. Латышева, К.А. Лощенко, В.Л. Потемкин, Т.Г. Потемкина, Н.В. Астафьева // Биосфера. – 2014. – Т. 6, № 3. – С. 265–274.
15. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко-континентальным климатом // Сибирское медицинское обозрение. – 2017. – Т. 104, № 2. – С. 84–90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90
16. Беляева В.А. Влияние факторов космической и земной погоды на частоту вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с острым нарушением мозгового кровообращения // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 76–82. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.08
17. Галичий В.А. Сезонный фактор в проявлениях сердечно-сосудистой патологии // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2017. – Т. 51, № 1. – С. 7–17. DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-1-7-17
18. Григорьева Е.А., Кирьянцева Л.П. Кардиореспираторная патология, вызываемая сезонными изменениями погоды, и меры по ее профилактике // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2016. – Т. 275, № 2. – С. 7–10.
19. Complex effects of atmospheric parameters on acute cardiovascular diseases and major cardiovascular risk factors: data from the CardiometeorologySM study / N. Boussoussou, M. Boussoussou, G. Merész, M. Rakovics, L. Entz, A. Nemes // Sci. Rep. – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 6358. DOI: 10.1038/s41598-019-42830-6
20. Unhealthy effects of atmospheric temperature and pressure on the occurrence of myocardial infarction and coronary deaths. A 10-year survey: the Lille-World Health Organization MONICA project (Monitoring trends and determinants in cardiovascular disease) / S. Danet, F. Richard, M. Montaye, S. Beauchant, B. Lemaire, C. Graux, D. Cottel, N. Marécaux, P. Amouyel // Circulation. – 1999. – Vol. 100, № 1. – P. E1–E7. DOI: 10.1161/01.cir.100.1.e1
21. The association between weather conditions and stroke admissions in Turkey / Y. Cevik, N.O. Dogan, M. Das, A. Ahmedali, S. Kul, H. Bayram // Int. J. Biometeorol. – 2015. – Vol. 59, № 7. – P. 899–905. DOI: 10.1007/s00484-014-0890-9
22. Effects of Barometric Pressure and Temperature on Acute Ischemic Stroke Hospitalization in Augusta, GA / W. Guan, S.J. Clay, G.J. Sloan, L.G. Pretlow // Transl. Stroke Res. – 2019. – Vol. 10. – P. 259–264. DOI: 10.1007/s12975-018-0640-0
23. Differences of hemorhagic and ischemic strokes in age spectra and responses to climatic thermal conditions / P. Ma, J. Zhou, S.G. Wang, T.S. Li, X.G. Fan, J. Fan, J. Xie // Sci. Total Environ. – 2018. – Vol. 644. – P. 1573–1579. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.080
24. Association of occurrence of aneurysmal bleeding with meteorologic variations in the north of France / J.P. Lejeune, M. Vinchon, P. Amouyel, T. Escartin, D. Escartin, J.L. Christiaens // Stroke. – 1994. – Vol. 25, № 2. – P. 338–341. DOI: 10.1161/01.str.25.2.338
25. Seasonal variation in ischemic stroke incidence and association with climate: a six-year population-based study / H.-C. Lee, C.-J. Hu, C.-S. Chen, H.-C. Lin // Chronobiol. Int. – 2008. – Vol. 25, № 6. – P. 938–949. DOI: 10.1080/07420520802551469
26. Associations between meteorological variables and acute stroke hospital admissions in the west of Scotland / J. Dawson, C. Weir, F. Wright, C. Bryden, S. Aslanyan, K. Lees, W. Bird, M. Walters // Acta Neurol. Scand. – 2008. – Vol. 117, № 2. – P. 85–89. DOI: 10.1111/j.1600-0404.2007.00916.x
27. Air temperature exposure and outdoor occupational injuries: a significant cold effect in Central Italy / M. Morabito, M. Iannuccilli, A. Crischi, V. Capocchi, A. Baldasseroni, S. Orlandini, G.F. Gensini // Occup. Environ. Med. – 2015. – Vol. 71, № 10. – P. 713–716. DOI: 10.1136/oemed-2014-102204
28. Human cold stress of strong local-wind “Hijikawa-arashi” in Japan, based on the UTCI index and thermophysiological responses / Y. Ohashi, T. Katsuta, H. Tani, T. Okabayashi, S. Miyahara, R. Miyashita // Int. J. Biometeorol. – 2018. – Vol. 62, № 7. – P. 1241–1250. DOI: 10.1007/s00484-018-1529-z
29. Селятицкая В.Г. Глюкокортикоидные гормоны: от процессов адаптации к экологическим факторам Севера до метаболических нарушений при диабете // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2012. – Т. 32, № 1. – С. 13–20.
30. Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to -10 degrees C / D. Gavhed, T. Mäkinen, I. Holmér, H. Rintamäki // Eur. J. Appl. Physiol. – 2000. – Vol. 83, № 4–5. – P. 449–456. DOI: 10.1007/s004210000262
31. Shabat Y.B., Shitzer A. Facial convective heat exchange coefficients in cold and windy environments estimated from human experiments // Int. J. Biometeorol. – 2011. – Vol. 56, № 4. – P. 639–651. DOI: 10.1007/s00484-011-0463-0
32. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В. Особенности психоэмоционального стресса у жителей регионов Севера и Сибири с дискомфортным климатом при высоком и низком содержании гормонов стресса в крови // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – Т. 36, № 5. – С. 32–35.
33. Аленикова А.Э., Типисова Е.В. Анализ изменений гормонального профиля мужчин г. Архангельска в зависимости от факторов погоды // Журнал медико-биологических исследований. – 2014. – № 3. – С. 5–15.
34. Башкатова Ю.В., Карпин В.А. Общая характеристика функциональных систем организма человека в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Экология человека. – 2014. – Т. 21, № 5. – С. 9–16. DOI: 10.17816/humeco17234
35. Петров В.Н. Особенности влияния парциального градиента плотности кислорода в атмосферном воздухе на состояние здоровья населения, проживающего в Арктической зоне РФ // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2015. – № 22. – С. 82–92.

К оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием климатических факторов в условиях Крайнего Севера / П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, М.П. Камалтдинов, А.А. Хасанова // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.04



Research article

ASSESSING HEALTH RISKS CAUSED BY EXPOSURE TO CLIMATIC FACTORS FOR PEOPLE LIVING IN THE FAR NORTH

P.Z. Shur, D.A. Kiryanov, M.R. Kamaltdinov, A.A. Khasanova

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

Extreme climatic conditions in the Far North region create health risks for people living there. Given the necessity to adapt to these conditions, it seems vital to assess health risks caused by exposure to extreme climatic factors. Such an assessment will give an opportunity to establish and quantify influence exerted by climatic factors on public health.

The task was to assess risk rates for adults and children living in the Far North region in Russia. To do that, we analyzed the “exposure – effect” relationship for previously established climatic factors (atmospheric pressure and atmospheric air temperature, air humidity, and wind speed (as an index of the normal equivalent-effective temperature – NEET). Additional likelihood of incidence associated with exposure to climatic factors and occurring risk rates were calculated and then characterized based on the results of the analysis using mathematical modeling techniques.

As a result, we identified parameters of a cause-effect relation between average monthly NEET, daily pressure drops and incidence among population living in the Far North. We established unacceptable health risks for adults caused by diseases of the circulatory system that were associated with effects produced by NEET and atmospheric pressure, diseases of the respiratory system, injury, poisoning and certain other consequences of external causes associated with effects produced by NEET. We also established unacceptable health risks for children caused by diseases of the respiratory system, injury, poisoning and certain other consequences of external causes associated with effects produced by NEET. The results produced by this study can provide a guideline for developing activities aimed at facilitating adaptation to the existing climatic conditions in order to preserve public health.

Keywords: risk assessment, climatic factors, risk characteristic, analysis of the “exposure – effect” relationship, atmospheric pressure, NEET index, adaptation, climate change, public health.

References

1. Doklad o nauchno-metodicheskikh osnovakh dlya razrabotki strategii adaptatsii k izmeneniyam klimata v Rossiiskoi Federatsii (v oblasti kompetentsii Rosgidrometa) [Report on the scientific and methodological foundations for developing strategies for adapting to climate change in the Russian Federation (within the competence of Rosgidromet)]. In: V.M. Kattsov, B.N. Porfir'ev eds. Saint Petersburg; Saratov, Amirit, 2020, 120 p. (in Russian).
2. Yakovlev I.A., Kabir L.S., Nikulina S.I. Climate policy of the Russian Federation: international cooperation and national approach. *Finansovyi zhurnal*, 2020, vol. 12, no. 4, pp. 26–36. DOI: 10.31107/2075-1990-2020-4-26-36 (in Russian).
3. Kattsov V.M., Porfiriev B.N. Adaptation of Russia to climate change: a concept of the national plan. *Trudy Glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voeikova*, 2017, no. 586, pp. 7–20 (in Russian).

© Shur P.Z., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., Khasanova A.A., 2022

Pavel Z. Shur – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher-Academic Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

Dmitrii A. Kiryanov – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department for Mathematical Modeling of Systems and Processes, Associate Professor at the Department of Human Ecology and Life Safety (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Marat R. Kamaltdinov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher acting as the Head of the Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory (e-mail: kmr@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0969-9252>).

Anna A. Khasanova – Researcher at the Health Risk Analysis Department (e-mail: KhasanovaAA@inbox.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7438-0358>).

4. Metelitsa N.D., Noskov S.N. Мероприятия по адаптации к изменению климата в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения [Measures for adaptation to climate change in the field of sanitary and epidemiological welfare of the population]. *Sovremennye problemy epidemiologii, mikrobiologii i gigieny: materialy XII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov Rospotrebnadzora*. In: A.Yu. Popova, A.K. Noskov eds. Rostov-on-Don, ООО «MiniTaip», pp. 216–218 (in Russian).
5. Vasilev M.P. Analysis of international practices with elaboration of national plans for adaptation to climate variability and change (structure, objectives, expected results, authorized workers). *Trudy Glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voeikova*, 2017, no. 585, pp. 110–125 (in Russian).
6. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland J.O., Kovshov A.A. Description of main health deterioration risk factors for population living on territories of active natural management in the Arctic. *Ekologiya cheloveka*, 2014, vol. 21, no. 1, pp. 3–12 (in Russian).
7. Khasanova A.A. Vydelenie prioritnykh klimatogeograficheskikh faktorov dlya vklyucheniya v dal'neishuyu otsenku riska zdorov'yu naseleniya (na primere territorii Krainego Severa) [Identification of priority climatic factors for inclusion in further risk assessment of public health (on the example of the territories of the Far North)]. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'yu naseleniya: materialy vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov Rospotrebnadzora s mezhdunarodnym uchastiem*. Perm, Perm National Research Polytechnic University Publ., 2020, pp. 123–130 (in Russian).
8. Maksimov A.L., Belkin V.Sh. Biomeditsinskie i klimato-ekologicheskie aspekty raionirovaniya territorii s ekstremal'nymi usloviyami sredy prozhivaniya [Biomedical and climatic-ecological aspects of zoning in regions with extreme environmental conditions]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN*, 2005, no. 3, pp. 28–39 (in Russian).
9. Gudkov A.B., Popova O.N., Lukmanova N.B. Ecological-physiological characteristic of northern climatic factors. Literature review. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 1, pp. 12–17 (in Russian).
10. Zaitseva N., Chetverkina K., Khasanova A. Hazard identification of climate risk factors on health of the far north population. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2020*. Vienna, Austria, December 08–11, 2020, book 4.2, vol. 20, pp. 163–168. DOI: 10.5593/sgem2020V/4.2/s06.20
11. Hasnuln V.I., Hasnulina A.V. Psycho-emotional stress and meteorological reactions as systemic manifestations of human disadaptation under changing climatic conditions in the north of Russia. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 8, pp. 3–7 (in Russian).
12. Nikitina E.N. Climate change in the Arctic: adaptation to new challenges. *Kontury global'nykh transformatsii: politika, ekonomika, pravo*, 2019, vol. 12, no. 5, pp. 177–200. DOI: 10.23932/2542-0240-2019-12-5-177-200 (in Russian).
13. Изменение климата Арктики: место климатической науки в планировании адаптации [Climate change in the Arctic: the place of climate science in adaptation planning]. In: V.M. Katsov ed. *Rosgidromet, Klimaticheskii tsentr Rosgidrometa*. Saint Petersburg, D'ART, Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A.I. Voeikova Publ., 2017, 104 p. (in Russian).
14. Latysheva I.V., Loshchenko K.A., Potemkin V.L., Potemkina T.G., Astaf'eva N.V. Integral'nye bioklimatologicheskie pokazateli v issledovaniyakh klimata Irkutskoi oblasti za period 1970–2010 gg. [Integral bioclimatologic parameters and their use for climate research in Irkutsk region in 1970–2010]. *Biosfera*, 2014, vol. 6, no. 3, pp. 265–274 (in Russian).
15. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Influence features of cold and heat waves to the population mortality – the city with sharply continental climate. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*, 2017, vol. 104, no. 2, pp. 84–90. DOI: 10.20333/2500136-2017-2-84-90 (in Russian).
16. Belyaeva V.A. Influence exerted by risk factors of space and earth weather on frequency of emergency calls from patients with acute cerebral circulation disorders. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 4, pp. 76–82. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.08.eng
17. Galichiy V.A. Seasonal factor in manifestations of cardiovascular pathology. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2017, vol. 51, no. 1, pp. 7–17. DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-1-7-17 (in Russian).
18. Grigoryeva E.A., Kiryantseva L.P. Cardiorespiratory morbidity caused by seasonal weather changes and measures for its prevention. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*, 2016, vol. 275, no. 2, pp. 7–10 (in Russian).
19. Boussoussou N., Boussoussou M., Merész G., Rakovics M., Entz L., Nemes A. Complex effects of atmospheric parameters on acute cardiovascular diseases and major cardiovascular risk factors: data from the CardiometeorologySM study. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 6358. DOI: 10.1038/s41598-019-42830-6
20. Danet S., Richard F., Montaye M., Beauchant S., Lemaire B., Graux C., Cottel D., Marécaux N., Amouyel P. Unhealthy effects of atmospheric temperature and pressure on the occurrence of myocardial infarction and coronary deaths. A 10-year survey: the Lille-World Health Organization MONICA project (Monitoring trends and determinants in cardiovascular disease). *Circulation*, 1999, vol. 100, no. 1, pp. E1–E7. DOI: 10.1161/01.cir.100.1.e1
21. Cevik Y., Dogan N.O., Das M., Ahmedali A., Kul S., Bayram H. The association between weather conditions and stroke admissions in Turkey. *Int. J. Biometeorol.*, 2015, vol. 59, no. 7, pp. 899–905. DOI: 10.1007/s00484-014-0890-9
22. Guan W., Clay S.J., Sloan G.J., Pretlow L.G. Effects of barometric pressure and temperature on acute ischemic stroke hospitalization in Augusta, GA. *Transl. Stroke Res.*, 2019, vol. 10, pp. 259–264. DOI: 10.1007/s12975-018-0640-0
23. Ma P., Zhou J., Wang S.G., Li T.S., Fan X.G., Fan J., Xie J. Differences of hemorrhagic and ischemic strokes in age spectra and responses to climatic thermal conditions. *Sci. Total. Environ.*, 2018, vol. 644, pp. 1573–1579. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.080
24. Lejeune J.P., Vinchon M., Amouyel P., Escartin T., Escartin D., Christiaens J.L. Association of occurrence of aneurysmal bleeding with meteorologic variations in the north of France. *Stroke*, 1994, vol. 25, no. 2, pp. 338–342. DOI: 10.1161/01.str.25.2.338
25. Lee H.-C., Hu C.-J., Chen C.-S., Lin H.-C. Seasonal variation in ischemic stroke incidence and association with climate: a six-year population-based study. *Chronobiol. Int.*, 2008, vol. 25, no. 6, pp. 938–949. DOI: 10.1080/07420520802551469

26. Dawson J., Weir C., Wright F., Bryden C., Aslanyan S., Lees K., Bird W., Walters M. Associations between meteorological variables and acute stroke hospital admissions in the west of Scotland. *Acta Neurol. Scand.*, 2008, vol. 117, no. 2, pp. 85–89. DOI: 10.1111/j.1600-0404.2007.00916.x

27. Morabito M., Iannuccilli M., Crisci A., Capocchi V., Baldasseroni A., Orlandini S., Gensini G.F. Air temperature exposure and outdoor occupational injuries: a significant cold effect in Central Italy. *Occup. Environ. Med.*, 2015, vol. 71, no. 10, pp. 713–716. DOI: 10.1136/oemed-2014-102204

28. Ohashi Y., Katsuta T., Tani H., Okabayashi T., Miyahara S., Miyashita R. Human cold stress of strong local-wind “Hijikawa-arashi” in Japan, based on the UTCI index and thermo-physiological responses. *Int. J. Biometeorol.*, 2018, vol. 62, no. 7, pp. 1241–1250. DOI: 10.1007/s00484-018-1529-z

29. Selyatitskaya V.G. Glucocorticoid hormones: from adaptation processes to northern ecology factors up to metabolic disturbances at diabetes. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2012, vol. 32, no. 1, pp. 13–20 (in Russian).

30. Gavhed D., Mäkinen T., Holmér I., Rintamäki H. Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to -10 degrees C. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2000, vol. 83, no. 4–5, pp. 449–456. DOI: 10.1007/s004210000262

31. Shabat Y.B., Shitzer A. Facial convective heat exchange coefficients in cold and windy environments estimated from human experiments. *Int. J. Biometeorol.*, 2011, vol. 56, no. 4, pp. 639–651. DOI: 10.1007/s00484-011-0463-0

32. Hasnuln V.I., Hasnulina A.V. Features of emotional stress in the residents of the North and Siberian regions with discomfortable climate at high or low content of hormones in the blood. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2012, vol. 36, no. 5, pp. 32–35 (in Russian).

33. Alenikova A.E., Tipisova E.V. Analysis of the changes in male hormone profile depending on weather conditions in Akhangelsk. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*, 2014, no. 3, pp. 5–15 (in Russian).

34. Bashkatova Y.V., Karpin V.A. General characteristic of human body functional systems in conditions of Khanty-Mansi autonomous okrug – Ugra. *Ekologiya cheloveka*, 2014, vol. 21, no. 5, pp. 9–16 (in Russian).

35. Petrov V.N. Features of influence of oxygen partial density gradient in the air on the health status of populations living in the Arctic zone of the Russian Federation. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 22, pp. 82–92 (in Russian).

Shur P.Z., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., Khasanova A.A. Assessing health risks caused by exposure to climatic factors for people living in the Far North. Health risk Analysis, 2022, no. 3, pp. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.04.eng

Получена: 01.06.2022

Одобрена: 23.07.2022

Принята к публикации: 21.09.2022