

УДК 614.873.23

ПРЕДИКТИВНАЯ ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К ОПАСНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ХОЛОДА

© 2017 г. ^{1,3}В. П. Чашчин, ^{2,4}А. Б. Гудков, ¹М. В. Чашчин, ²О. Н. Попова¹Северо-западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, г. Санкт-Петербург;²Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск;³Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья, г. Санкт-Петербург;⁴Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН, г. Архангельск

По результатам систематического анализа опубликованных работ, доступных в национальной и международных системах научного индексирования, включая результаты собственных исследований, определены критерии выбора внутренних (фено-генотипических) детерминантов риска повышения индивидуальной восприимчивости организма человека к острому воздействию холода. В соответствии с критериями доказательности определен перечень повреждений здоровья, основной причиной или условием возникновения которых является охлаждение организма. В этот перечень включены 33 класса и групп болезней в соответствии с кодами МКБ-10. На основе принципов коморбидности разработана и валидизирована инновационная модель количественной предиктивной оценки индивидуальной восприимчивости человека к опасному воздействию холода, учитывающая помимо внешних условий охлаждения и внутренние детерминанты риска, в том числе показатели физического состояния, поведенческие, патогенетические и функциональные нарушения, а также прием изменяющих терморегуляцию лекарственных средств в рекомендованных терапевтических дозах. На основе применения предложенного нами индекса коморбидности представлен алгоритм расчета риска возникновения повреждений здоровья и предельной продолжительности пребывания человека на открытой территории или в неотапливаемых помещениях при опасном воздействии холода без специальных средств активной теплозащиты

Ключевые слова: воздействие чрезмерно низкой природной температуры, нарушения здоровья от опасного воздействия холода, индекс коморбидности, оценка индивидуальной восприимчивости

PREDICTIVE ASSESSMENT OF INDIVIDUAL HUMAN SUSCEPTIBILITY TO DAMAGING COLD EXPOSURE

^{1,3}V. P. Chashchin, ^{2,4}A. B. Gudkov, ¹M. V. Chashchin, ²O. N. Popova¹Northwestern State Medical University named I. I. Mechnikov, Saint Petersburg;²Northern State Medical University, Arkhangelsk;³North-West Scientific Center of Hygiene and Public Health, Saint Petersburg;⁴Federal Research Center for a comprehensive study of Arctic Sciences, Arkhangelsk, Russia

According to a systematic review of published data in both the national and international scientific indexing systems, including the results of our own researches, there have been selected evidence-based criteria and internal genotype-phenotype risk determinants for assessing the individual susceptibility to the acute cold exposure. In accordance with these criteria, the list of cold-related health conditions was defined. This list includes 33 classes and groups of diseases and conditions by ICD-10 codes, arising from or tightly associated with the cold exposure. According to the comorbidity principles, the novel quantitative predictive model for assessing the individual susceptibility to the acute cold exposure was developed and validated. This assessment takes into account, in addition to the meteorological risk factors, also internal risk determinants, including physical status, behavioral, pathogenic and functional disorders, as well as receiving thermoregulation-altering pharmaceuticals prescribed by recommended therapeutic doses. The algorithm for calculating the individual health risk and recommended time limits based on the use of suggested comorbidity index for the acute exposure to cold in an open area or in unheated premises without special active thermal protection is described.

Keywords: Exposure to excessive natural cold, cold-induced health effects, comorbidity index, evaluation of individual susceptibility to cold

Библиографическая ссылка:

Чашчин В. П., Гудков А. Б., Чашчин М. В., Попова О. Н. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3–13.

Chashchin V. P., Gudkov A. B., Chashchin M. V., Popova O. N. Predictive Assessment of Individual Human Susceptibility to Damaging Cold Exposure. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 5, pp. 3-13.

Актуальность проблемы сохранения здоровья человека в условиях опасного воздействия на организм охлаждающих метеорологических факторов в значительной мере определяется климатогеографическими особенностями природных зон России, около 65 % территории которой представлено самой протяженной в мире зоной «вечной» мерзлоты (арктическая пустыня, тундра, лесотундра), где заморозки и выпадение

снега возможны в любой месяц года. Как известно, в районах холодного климата сосредоточены основные запасы многих полезных ископаемых, лесных и рыбных ресурсов, являющихся важнейшими секторами национальной экономики [7, 8, 19, 20]. Особенностью производственных процессов в размещенных в этих районах видах экономической деятельности является высокий удельный вес трудовых операций, выполня-

емых на открытой территории и в неотапливаемых помещениях [25, 33].

Среди общего числа травм повреждения холодом составляют 1–2 % в регионах с умеренным климатом, а в северных территориях частота отморожений в структуре травматизма достигает 6–10 % [5, 26]. Согласно статистическим данным, от 10 до 15 % людей, погибших во время длительных переходов в холодный период года, стали жертвами переохлаждения [14, 22].

Неудовлетворительные результаты лечения пострадавших от отморожений констатируются в 15–50 % клинических наблюдений [4, 12, 35]. В России регистрируется до 11 тысяч случаев госпитализации в связи с холодовой травмой и до 4 тысяч случаев смерти от гипотермии в год [23, 25], в США в среднем 650 смертельных случаев гипотермии [36].

После завершения лечения профессиональную трудоспособность сохраняют в среднем 59 % работников, пострадавших от тяжелой холодовой травмы [2]. К трудовой деятельности по специальности после завершения лечения в связи с отморожением пострадавшие возвращаются не чаще чем в 59 % случаев [12, 14, 35].

Высокая частота тяжелых последствий холодовой травмы придает проблеме большую социальную значимость, что особенно актуально для жителей восточных и северных регионов России, где отморожения условно можно рассматривать как эндемичные состояния [26]. Кроме того, социальная значимость отморожений определяется также и тем, что чаще всего (78,6–87,5 %) пострадавшими являются мужчины в возрасте до 50 лет, то есть наиболее трудоспособная часть населения. Необходимо подчеркнуть, что как отморожения, так и общее переохлаждение могут развиваться и при слабopоложительной температуре окружающей среды [10].

Методы оценки риска опасного воздействия холода

Существующая мировая практика оценки рисков опасного воздействия холода на человека и нормативные правовые акты, принятые как в нашей стране, так и на международном уровне, базируются главным образом на учете ограниченного числа внешних факторов, определяющих среду формирования этих рисков [1]. Такой подход, являющийся по своей сути популяционной оценкой риска, применяется, в частности, для обоснования допустимых, опасных и критических сочетаний температуры воздуха и скорости ветра при определенном уровне энергозатрат, связанных с выполнением в этих условиях физической работы, а также необходимых мер по обеспечению надлежащей теплозащиты [3, 18, 21, 34].

Однако как восприимчивость организма к воздействию холода, так и навыки безопасного поведения при повышенном риске такого воздействия характеризуются большой индивидуальной вариабельностью, что создаёт много неопределенностей в оценке реальной опасности возникновения холодовой травмы и

других тяжелых последствий для отдельного человека при использовании популяционных критериев риска.

Хотя роль внутренних факторов риска в возникновении повреждений здоровья в результате воздействия метеорологических факторов также широко обсуждается (например, в форме метеочувствительности, метеозависимости человека), методология их применения для количественной оценки индивидуального риска к опасному воздействию этих факторов до настоящего времени не разработана. Известно, что существует довольно много индивидуальных особенностей, включая заболевания, синдромы, состояние функциональных систем, состав тела, конституциональные типы, возраст и т. д., которые могут оказывать влияние на частоту возникновения и тяжесть последствий воздействия холода [28, 29, 38–43]. Обилие внутренних детерминантов риска, различных по своей природе, формам взаимосвязи и патогенетическим механизмам, по-видимому, явилось основным препятствием для разработки методологии оценки индивидуального риска при таком воздействии.

Под индивидуальным риском мы понимаем персонализированную количественную меру опасности для человека, которая определяется вероятностью того, что один или несколько факторов являются причиной либо решающим условием возникновения повреждения здоровья и увеличения тяжести их последствий. Наиболее актуальной оценка индивидуального риска является в тех случаях, когда вредный или опасный внешний фактор относится к категории малоуправляемых и неуправляемых и результатом воздействия его на организм человека могут быть смертельные или тяжелые последствия. К одной из областей реализации подобного риска относятся опасные природные явления, в том числе внезапное сочетание экстремально низких температур воздуха, высокой скорости ветра и утраты теплозащитных свойств одежды при ее увлажнении в условиях отсутствия или ограниченных возможностей применения эффективных средств защиты человека от воздействия холода.

Критерии оценки восприимчивости организма человека к холоду

Для количественной оценки внутренних факторов риска, способных увеличить индивидуальную восприимчивость организма человека (ИВЧ) к опасному воздействию холода, проведен систематический анализ результатов 14 эпидемиологических исследований, хорошо спланированных с точки зрения доказательности, которые опубликованы в 1987–2016 годах в научных журналах и технических отчетах, доступных в реферативных базах данных (Medline, PubMed, Scopus, Web of Science, Researchgate и РИНЦ). Учтены также клинические сообщения об отдельных случаях повреждений здоровья и осложнений хронических заболеваний после переохлаждения, если такие сообщения представлены не менее чем в трех публикациях разных авторов [37, 40, 45].

Идентификация и выбор публикаций для анализа были проведены по болезням, синдромам и функциональным состояниям, ассоциированным с острым

и хроническим охлаждением организма, а также фенотипическим признакам, болезням и другим нарушениям здоровья, снижающим эффективность терморегуляции в этих условиях.

По результатам анализа литературы и собственных исследований [9, 23, 24, 30, 44] были определены критерии отбора и оценки факторов риска повышения ИВЧ к холоду, отвечающие принципам доказательности. Подобный подход, иногда обозначаемый как мультиморбидность, был реализован, в частности, в виде индекса сосуществующих болезней ICED (Index of Co-existent Diseases), предложенного S. Greenfield и соавт. в 1993 году для оценки послеоперационных осложнений при замене тазобедренного сустава [32], который получил дальнейшее развитие в клинической практике для некоторых других категорий пациентов [27, 31].

Валидизация результатов систематического анализа опубликованных работ была осуществлена двумя независимыми группами экспертов, состоящими из 6 врачей-специалистов, в каждой из которых привлекались травматолог, терапевт, невролог, профпатолог, эндокринолог и клинический физиолог, имеющие достаточный опыт оказания медицинской помощи больным, подвергшимся переохлаждению.

В подавляющем большинстве опубликованных работ в качестве последствий воздействия холода на организм человека рассматривается весьма ограниченный перечень болезней и синдромов, в основном гипотермия, отморожения и траншейная стопа. В иностранной литературе достаточно часто к этим болезням причисляется холодовой стресс (cold stress) и ознобление (chilblains).

Однако перечень повреждений здоровья, тесно связанных с воздействием холода, судя по результатам выполненного нами анализа, многократно шире. В перечень таких повреждений нами включено 33 класса и групп болезней (табл. 1), где холод может как являться причинным (этиологическим) фактором возникновения повреждений, так и выступать решающим условием для реализации других патологических процессов (патогенетический фактор). Результаты (последствия) опасного воздействия холода на организм распределены нами на четыре группы по степени устойчивости ассоциации и доказанности его этиологической или патогенетической роли в возникновении, обострении клинического течения и утяжелении исходов болезней.

Таблица 1

Болезни и другие повреждения здоровья, возникновение, тяжесть клинического течения и исходы которых этиологически и патогенетически связаны с воздействием холода

№	Вид болезней	Код по МКБ-10
1	Болезни и другие повреждения здоровья, основной причиной или определяющим условием которых является воздействие холода. Уровень силы и устойчивости ассоциации с холодом очень высокий	
	Острые поражения от воздействия чрезмерно низкой природной температуры	X31
1.1.	Гипотермия (острая)	T68

Продолжение таблицы 1

№	Вид болезней	Код по МКБ-10
1.2.	Отморожения	T33–T35
1.3.	Крапивница, вызванная воздействием низкой температуры	L50.2
1.4.	Ознобление	T69.1
1.5.	Траншейная рука и стопа	T69.0
	Хронические поражения от воздействия чрезмерно низкой природной температуры	X31
1.6.	Синдром холодовой травмы	P80.0
1.7.	Другие уточненные полиневропатии (полиневропатия от воздействия чрезмерно низкой природной температуры)	G62.8.
1.8.	Рабдомиолиз* (миопатия, миоглобинурия с почечной недостаточностью вследствие гемолиза, вызванного воздействием низкой температуры)	G71.8 R82.1
	Болезни и другие повреждения здоровья, при которых воздействие холода не является основной причиной возникновения, но выступает определяющим условием тяжести их клинических проявлений	
1.9.	Холодовая агглютининовая болезнь	D59.1
1.10.	Пароксизмальная холодовая гемоглобинурия (синдром Доната — Ландштейнера)	D59.6
1.11.	Криоглобулинемия	D89.1
1.12.	Облитерирующий тромбоангиит (болезнь Бергера)	I73.1
1.13.	Синдром Рейно	I73.0
1.14.	Другие уточненные болезни периферических сосудов: акроцианоз, акропарестезия вазомоторная (тип Нотнагеля); эритроцианоз, эритромелалгия	I73.8
2	Болезни и другие нарушения здоровья, в возникновении, обострении клинического течения и тяжести исходов которых воздействие холода является одним из доказанных факторов риска. Уровень силы и устойчивости ассоциации с холодом высокий	
2.1.	Хроническая обструктивная легочная болезнь	G62
2.2.	Астма	J44
2.3	Артропатии	J45
2.4.	Флебит и тромбофлебит	I80
2.4.1	Флебит и тромбофлебит поверхностных сосудов нижних конечностей	I80.0
2.4.2	Флебит и тромбофлебит бедренной вены	I80.1
2.4.3.	Флебит и тромбофлебит других глубоких сосудов нижних конечностей	I80.2
2.5.	Васкулит, ограниченный кожей, не классифицированный в других рубриках	L95
2.6.	Дорсопатии	M40–M54
3	Болезни и другие нарушения здоровья, в возникновении, обострении клинического течения и тяжести исходов которых воздействие холода является одним из вероятных факторов риска. Уровень холодовой индуцируемости — вероятный	
3.1.	Ишемическая болезнь сердца	I20–I25
3.2.	Нарушения сердечного ритма	I49
3.3.	Цереброваскулярные болезни	I60–I69
3.4.	Артериит	I77.6
3.5.	Пережимающаяся хромота, спазм артерий	I73.9

Продолжение таблицы 1

№	Вид болезней	Код по МКБ-10
3.6.	Острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей	J00–J06
3.7.	Другие острые респираторные инфекции нижних дыхательных путей	J20–J22
3.8.	Самопроизвольный аборт, преждевременные роды	O03;O60
3.9.	Отеки, протеинурия и гипертензивные расстройства во время беременности	O10–O16
3.10	Острый и хронический простатит	N30.0; N30.1
3.11	Острый и интерстициальный цистит (хронический)	N41.0; N41.1

*Примечание.** — Рабдомиолиз хотя и редкое, но тяжелое повреждение мышечной ткани, где острое охлаждение может быть одной из причин его развития (Lim S. T. et al. [40]; Yama N. et al. [45]; Khan F. Y. [37])

Детерминанты индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода

Детерминанты увеличения восприимчивости к опасному действию холода были сгруппированы по признаку клинической и диагностической однородности. Симптомы и синдромы, упомянутые в публикациях, но не идентифицированные в Международной классификации болезней (МКБ-10), были исключены. Всего сформировано четыре группы, объединяющие показатели физического состояния (табл. 2), поведенческие (табл. 3), патогенетические (табл. 4) и функциональные (табл. 5) характеристики, рассматриваемые в качестве детерминантов ИВЧ к опасному воздействию холода. В дополнение к ним выделена еще одна группа, представленная лекарственными средствами, которые по своей природе являются внешним фактором, однако их прием опосредован наличием у человека нарушений здоровья, требующих медикаментозного лечения. В этой группе объединены лекарственные средства, побочное действие которых при приеме в терапевтических дозах способно влиять на терморегуляцию организма (табл. 6), что может оказывать существенным фактором риска при опасном воздействии холода.

В большинстве методов оценки коморбидности учитываются такие индивидуальные фенотипические характеристики, которые в принципе не являются повреждением здоровья и не индексируются в МКБ. Например, возраст в случае опасного воздействия холода может быть важным детерминантом риска, поскольку сопровождается известными изменениями функциональной активности, в частности снижением эффективности термогенеза и периферической гемодинамики. Разумеется, применять показатель календарного возраста надо с известной долей осторожности в силу большой индивидуальной вариабельности возрастных изменений. Альтернативой этому может быть прямое измерение эффективности терморегуляторных функций, однако это сильно усложнит практическое использование предлагаемого метода, например, в производственных условиях.

Таблица 2

Особенности физического состояния организма, повышающие риск опасных последствий воздействия холода*

№	Индивидуальная характеристика	Критерий оценки тяжести последствий	Коэффициент тяжести последствий (К)
1	Возраст	Дети 0–5 лет и взрослые старше 70 лет К=2. Дети 6–10 лет и взрослые 50–69 лет К=1	1–2
2	Наиболее уязвимый пол	Женщины	1
3	Низкая масса тела	ИМТ 16,0–18,5 К=1. ИМТ менее 16 К=2	1–2
4	Недостаточная мышечная масса	У мужчин 30–40% К=1, более 40% К=2. У женщин 25–35% К=1, более 35% К=2	1–2
5	Дефицит жира в организме	Содержание жира: у мужчин 5–10% К=1, менее 5% К=2; у женщин 8–15% К=1, менее 8% К=2	1–2
6	Последствия перенесенных холодовых травм: онемение, эритема, локальный гипергидроз	Перенесенные холодовые травмы в анамнезе: поверхностные К=1, множественные или глубокие К=2 некротические К=3	1–3

Примечания: ИМТ — индекс массы тела; * — при значениях критерия меньше нижнего предела, указанного для К = 1, или отсутствии признака коэффициент тяжести последствий имеет значение К = 0.

Таблица 3

Оценка поведенческих факторов риска по увеличению тяжести последствий при опасном воздействии холода

№	Нарушения адаптивного поведения в условиях опасного воздействия холода	Код по МКБ-10	Коэффициент тяжести последствий
1	Девияция, характеризующаяся повреждением адаптивного поведения	F60–F63	0–3
2	Психические расстройства и расстройства поведения, связанные с употреблением психоактивных веществ	F10–F19	0–3
3	Поведенческие синдромы, связанные с физиологическими нарушениями, в том числе:		
3.1.	Психические и поведенческие расстройства, вызванные употреблением галлюциногенов, каннабиоидов, опиоидов, кокаина	F16 , F11, F12,	0–3
3.2.	Психические и поведенческие расстройства, вызванные употреблением алкоголя	F10	0–3
3.3	Психические и поведенческие расстройства, вызванные употреблением летучих растворителей	F18	0–3
3.4.	Психические и поведенческие расстройства, вызванные употреблением табака	F17	0–2
4	Невротические, связанные со стрессом и соматоформные расстройства, нарушающие адаптивное поведение в условиях холода	F40–F48	0–3

Продолжение таблицы 3

№	Нарушения адаптивного поведения в условиях опасного воздействия холода	Код по МКБ-10	Коэффициент тяжести последствий
5	Аффективные расстройства (депрессия)	F30–F39	0–2
6	Проблемы, связанные с образом жизни: в том числе недостаток физической активности	Z72 Z72.3	0–2

Примечание для табл. 3 и 4. Значения коэффициентов принимаются в соответствии с рекомендованными классификациями тяжести клинического течения нарушений здоровья (0 – отсутствие нарушения, 1 – легкая степень, 2 – средняя степень, 3 – тяжелая степень). При отсутствии классификации тяжесть устанавливается методами экспертной оценки [16].

Таблица 4

Болезни, сопровождающиеся нарушениями терморегуляции, которые могут повышать восприимчивость организма к опасному воздействию холода

№	Нозологические формы	Код по МКБ-10	Коэффициент тяжести последствий
1	Полиневропатии	G62	0–3
2	Дисфункция гипоталамуса	E23	0–3
3	Болезнь Паркинсона	G20	0–3

Продолжение таблицы 4

№	Нозологические формы	Код по МКБ-10	Коэффициент тяжести последствий
4	Рассеянный склероз	G35	0–3
5	Клинически выраженные формы злокачественных новообразований	C00–C97	0–3
6	Острая почечная недостаточность	N17	0–3
7	Хроническая почечная недостаточность	N18	0–3
8	Острые инфекционные заболевания	A00–B99	0–3
9	Сахарный диабет	E10–E14	0–3
10	Гипотензия	I95	0–3
11	Термические и химические ожоги	T20–T32	0–3
12	Псориаз	L40.0	0–3
13	Приобретенный ихтиоз Врожденный ихтиоз	L85.0 Q80	0–3
14	Дерматит и экзема	L20–L30	0–3
15	Болезни нервно-мышечного синапса и мышц	(G70–G73)	0–3
16	Синдром Рейно	I73	0–3
17	Синдром запястного канала	G56.0	0–3
18	Анемии	D50–D77	0–3
19	Системная красная волчанка	M32	0–3

Таблица 5

Функциональные состояния органов и систем, снижающие эффективность терморегуляции организма*

Вид функционального нарушения	Код по МКБ-10	Основной рискмодифицирующий эффект при воздействии холода	Рекомендуемые критерии оценки	Коэффициент тяжести последствий
Гипокинезия и гиподинамия, нарушение походки	R 26	Снижение теплообразования и теплопередачи (объема циркулирующей крови)	Метаболический эквивалент от 2,9 до 1,4 МЕТ/мин К=1 Менее 1,4 МЕТ/мин К=2	0–2
Переутомленное состояние. Синдром хронической усталости, недомогание и утомляемость	Z73.0 R53	Снижение теплообразования, изменение терморегуляторного ответа на охлаждение	Снижение работоспособности: хроническая усталость (на 15–20%) К=1; переутомление (более 20%) К=2	0–2
Обезвоживание организма (дегидратация)	E86	Нарушения гемодинамики, снижение теплообразования и теплопередачи	Легкое обезвоживание: (потеря 2,5% массы тела или 1–2 л жидкости) К=1 Обезвоживание средней тяжести (потеря 3–6% массы тела или 2–4 л жидкости) К=2 Тяжелое обезвоживание: (потеря 7–14% массы тела или более 4 л жидкости) К=3	0–3
Гипотиреоз	E00 E03	Снижение теплообразования	Снижение уровня ТТГ: латентный (субклинический) 2,5 мЕд/л К=1; средняя степень 4,0 мЕд/л К=2; тяжелая степень 10,0 мЕд/л К=3	0–3
Гипогликемия	E16.2	Снижение теплообразования	Содержание глюкозы в плазме (натощак): легкая степень 5–3 ммоль/л К=1; выраженная 3–2,5 ммоль/л К=2; менее 2,5 ммоль/л (кома) К=3	0–3
Гипокалиемия	E87.6	Нарушение водного баланса, белкового и углеводного обмена. Снижение теплообразования	Уровень калия в сыворотке крови 2,5–3,5 ммоль/л К=1; более 3,5 ммоль/л К=2	0–2
Гипокортицизм (хроническая недостаточность коры надпочечников)	E 27.1	Нарушение терморегуляции	Снижение уровня: кортизола в сыворотке крови утром 50–100 нмоль/л К=1, ниже 50 нмоль/л К=2; альдостерона выше 400 пмоль/л в крови К=1	0–2
Гипоглобулинемия	E88.0	Нарушение центральной терморегуляции	Содержание общего белка крови: 70–50 г/л К=1, ниже 50 г/л К=2 Увеличение: креатинина 115–130 мкмоль/л К=1, выше 130 мкмоль/л К=2; мочевины 8,3–9,6 мкмоль/л К=1, выше 9,6 мкмоль/л К=2	0–2

Продолжение таблицы 5

Вид функционального нарушения	Код по МКБ-10	Основной рискмодифицирующий эффект при воздействии холода	Рекомендуемые критерии оценки	Коэффициент тяжести последствий
Нарушения свертываемости крови: ДВС синдром 1–2 стадии; другие нарушения свертываемости	D65 D68	Нарушение теплопередачи и температурной чувствительности	Тромбообразование: уменьшение активированного парциального тромбoplastинного времени 20–28 с К=1, 15–20 с К=2, менее 15 с К=3 Снижение протромбированного времени менее 9 с. К=1 Гиперфибриногенемия (фибриноген 6,0 г/л и выше) К=1	0–3
Гипергидроз	R61 L74.3	Повышение испарительных теплопотерь, увеличение риска гипотермии при генерализованной форме и риска отморожений при акрогидрозе	Видимое, избыточное двустороннее выделение пота эккринными железами в объеме 3–4 л/сутки К=1, 4–6 л/сутки К=2, более 6 л/сутки К=3	0–3
Системные нарушения микроциркуляции и капиллярного кровотока	I98	Нарушение теплопередачи	Снижение индекса реактивной гиперемии, измеренное методом периферической артериальной тонометрии (ПАТ) 0,8–1,0 К=1; 0,6–0,8 К=2. Менее 0,6 К=3	0–3
Синдром иммобилизации, ограничение подвижности конечностей	M62.3	Нарушение регионального кровообращения и теплопередачи в пораженной области, гемостаз, лимфостаз	Ограничение легкой степени К=1; средней К=2; полная неподвижность К=3	0–3

Примечание. * – при значениях критерия меньше нижнего предела, указанного для К=1, или отсутствии признака коэффициент тяжести последствий имеет значение К=0.

Таблица 6

Последствия неблагоприятного воздействия лекарственных средств, медикаментов и биологических веществ, примененных в терапевтических целях (Код по МКБ-10 Y88.0)*

Фармакологические группы и средства, прием которых повышает восприимчивость организма к опасному воздействию холода	Основной рискмодифицирующий эффект
Адренолитические средства: альфа- и бета-адреноблокаторы альфа-адреноблокаторы бета-адреноблокаторы симпатолитики	Увеличение теплоотдачи в связи с увеличением кровотока в периферических сосудах
Холинолитические средства: н-холинолитики (миорелаксанты и ганглиоблокаторы) м-, н-холиномиметики, в т.ч. антихолинэстеразные средства	Увеличение теплоотдачи в результате расширения периферических сосудов; снижение эффективности гормональной регуляции теплообмена и сократительного термогенеза; нарушение температурной чувствительности в результате торможения передачи импульсов с холодовых рецепторов
Нейротропные средства: анксиолитики	Снижение эффективности теплообразования в результате уменьшения синаптических рефлексов и угнетения активности гипоталамуса; нарушение адаптивного поведения на холоде в связи со снотворным эффектом
Спазмолитики миотропные	Уменьшение эффективности сократительного термогенеза
Средства, регулирующие функцию органов мочеполовой системы диуретики	Увеличение теплопотерь с выделяемой мочой и повышение вязкости крови в результате обезвоживания
Антагонисты гормонов гипоталамуса, щитовидной железы и коры надпочечников	Нарушение гормональной регуляции теплообразования и теплоотдачи
Ципрофлоксацин	Увеличение теплопотерь в результате гипергидроза
Пропанолол	Нарушение теплообразования
Седативные и снотворные средства	Поведенческие расстройства

*Примечание.** – при приеме лекарственных средств в терапевтических дозах коэффициент тяжести последствий К=1.

Описание метода предиктивной оценки индивидуальной восприимчивости человека к опасному воздействию холода

Учитывая большое разнообразие внутренних факторов, оказывающих влияние на ИВЧ к холоду, целесообразно при определенном упрощении рассмотреть возможности их интеграции в систему коморбидной оценки не только болезней и нарушений функций организма, как это принято

в большинстве разработанных индексов коморбидности, но и других доказанных детерминантов, которые принимают участие в формировании ИВЧ к холоду, в частности некоторых фенотипических особенностей, поведенческих факторов риска, побочное действие приема лекарственных средств, изменяющих терморегуляцию.

Следует особо подчеркнуть, что предлагаемая нами методология оценки ИВЧ к холоду ограничена только

условиями воздействия, относящимися к категории опасных, которые согласно их нормативному определению могут приводить к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья или смерти в результате однократного (длительностью не более одной рабочей смены) воздействия [6]. При этом под событием риска понимается как возникновение холодовых травм, так и опасное обострение клинического течения хронических заболеваний, причиной которого является предшествующее острое охлаждение организма.

Метод предиктивной оценки ИВЧ представляет собой балльную систему значимости внутренних детерминантов тяжести последствий при воздействии холода, которые суммируются с интегральным показателем внешних условий охлаждения, исчисленным по утвержденной методике расчета, а результат этого суммирования сопоставляется с ожидаемым среднестатистическим показателем популяционного риска [3].

Интегральный показатель условий охлаждения (ИПУО) рассчитывается по формуле:

$$\text{ИПУО} = 34,654 - 0,4664 T_v + 0,6337 V,$$

где T_v — температура в приземном слое воздуха в градусах $^{\circ}\text{C}$, а V — скорость ветра в м/с.

Полученным значениям этого показателя соответствуют определенные уровни риска переохлаждения и рекомендуемое предельное время пребывания в этих условиях без специальных средств защиты (табл. 7).

Таблица 7

Уровень риска повреждений здоровья в зависимости от условий охлаждения на открытой территории и в неотапливаемых помещениях

№	Уровень риска	Интегральный показатель условий охлаждения, баллы	Допустимая продолжительность непрерывного пребывания на открытой территории, мин
1	Допустимый	Менее 25	Не ограничивается
2	Малый, холодовая травма маловероятна, возможно обострение зависимых от холода болезней и синдромов	25–34	360
3	Умеренный	35–47	60
4	Высокий	48–57	5
5	Критический	Выше 57	Без специальных средств с активной теплозащитой недопустимо

Оценка восприимчивости человека к опасному воздействию холода производится в следующем порядке:

Первый этап: для каждого внутреннего детерминанта риска определяется значение коэффициента тяжести последствий в соответствии с общепринятыми клиническими классификациями и рекомендованными критериями оценки, приведенными в табл. 3–7. Рекомендуемый диапазон этих коэффициентов для

разных детерминантов может отличаться в зависимости от предполагаемой степени их влияния на восприимчивость к опасному воздействию холода, установленного нами в результате систематического анализа опубликованных работ. Можно также воспользоваться упрощенной оценкой коэффициентов тяжести нарушений здоровья (табл. 8 и 9).

Второй этап: коэффициент тяжести последствий опасного воздействия холода может принимать следующие значения: 0 — отсутствие признаков нарушений здоровья, 1 — легкая степень, 2 — средняя степень, 3 — тяжелая степень. Им соответствуют индексы коморбидности: 0 баллов, 2 балла, 6 баллов и 10 баллов, которые затем суммируются с интегральным показателем условий охлаждения, значения которых представлены в табл. 7 для заданных метеорологических параметров воздушной среды.

Третий этап: полученный результат сопоставляется с соответствующим уровнем риска и предельной длительностью пребывания на холоде (табл. 7), рассчитанных для предполагаемых метеорологических

Таблица 8

Коэффициенты тяжести последствий и индекс коморбидности болезней, патологических нарушений психического здоровья и поведения, применяемый для оценки восприимчивости к воздействию холода

Клинические проявления	Коэффициент тяжести последствий	Индекс коморбидности, баллы
Нарушения отсутствуют	0	0
Слабые симптомы, требующие наблюдения либо профилактической коррекции лечебными средствами	1	2
Умеренно выраженная симптоматика, но клиническое течение болезни контролируется лечебными средствами	2	6
Сильно выраженная симптоматика, болезнь прогрессирует, несмотря на лечение	3	10

Таблица 9

Коэффициенты тяжести последствий и индекс коморбидности функциональных нарушений, применяемый для оценки восприимчивости к воздействию холода

Вид нарушений	Коэффициент тяжести последствий	Индекс коморбидности, баллы
Функциональных нарушений нет, лабораторно-диагностические показатели в пределах нормы	0	0
Умеренное снижение функциональных или небольшое отклонение лабораторно-диагностических показателей от нормальных значений до 30%	1	2
Выраженные функциональные нарушения и существенное отклонение лабораторно-диагностических показателей от нормальных значений более 30%, но контролируемых при использовании лечебных средств	2	6
Прогрессирующие функциональные нарушения, несмотря на лечение	3	10

условий, в которых индивидиум может оказаться без специальных средств теплозащиты.

Функциональные состояния и синдромы (табл. 2), а также физические характеристики и изменение состава тела (табл. 3) в случаях их отклонения от допустимых пределов сопровождаются нарушением терморегуляции организма, что следует учитывать при оценке восприимчивости, только если данный вид нарушений не является облигатным симптомом какой-либо болезни, уже включенной в расчет индекса коморбидности (табл. 4). Например, если в расчет включены баллы индекса коморбидности для болезни Паркинсона, установленные в соответствии с описательной оценкой тяжести ее клинического течения, то баллы, соответствующие тяжести проявлений синдрома гипокинезии (табл. 5), не учитываются. Таким же образом следует поступать и в случаях, когда изменение состава тела, например снижение мышечной его массы, является проявлением миопатии, и в других подобных случаях. Принимая решение о том, какие критерии следует использовать в расчете индекса коморбидности — по клинической классификации тяжести течения болезни или по лабораторно-диагностическим критериям оценки тяжести ее функциональных проявлений и синдромов, необходимо руководствоваться доступностью достоверной информации из медицинских источников при обязательном соблюдении ограничений, связанных с защитой персональных данных и врачебной тайны.

Прием в терапевтических дозах лекарственных средств, побочными эффектами которых является снижение эффективности терморегуляции, оценивается по шкале коэффициента тяжести от 0 до 1 (да/нет). В случае приема таких средств для каждого из перечисленных в табл. 6 в расчете индекса коморбидности учитываются 2 балла.

Рассмотрим на примере процедуру определения индивидуальной восприимчивости человека к опасному воздействию холода.

Женщина 53 лет должна выполнять операторскую работу, сидя не менее 3 часов на открытой территории при ожидаемой температуре воздуха $+7^{\circ}\text{C}$ и скорости ветра 2 м/с. Индекс массы тела 17,8. Четыре года назад перенесла отморожение пальцев левой кисти I степени. Страдает сахарным диабетом I-го типа легкой степени тяжести, субкомпенсированная форма (гликемия 8 ммоль/л). Артериальная гипертензия I степени тяжести. Принимает лекарственные средства бета-адреноблокаторы по назначению врача. Имеется недостаток физической активности — преимущественно сидячий образ жизни.

Первый этап — определение ИПУО: $34,654 - (0,4664 \times 7) + (0,6337 \times 2) = 32,656$ балла. Это значение показателя соответствует малому риску с ограничением пребывания на открытой территории до 360 мин (6 часов) (табл. 7).

Второй этап — определение коэффициентов тяжести последствий и суммы баллов индекса коморбидности (табл. 8). Возраст свыше 50 лет (табл. 2). $K = 1$ (2 балла), женский пол (табл. 2) $K = 1$ (2 балла); индекс массы тела

17,8 (табл. 2) $K = 1$ (2 балла); перенесенное отморожение пальцев кисти I-й степени (табл. 2) $K = 1$ (2 балла); сахарный диабет легкой степени тяжести (табл. 4) $K = 1$ (2 балла). Гипергликемия как симптом диабета не учитывается. Артериальная гипертензия (в табл. 4 отсутствует — не учитывается), но прием бета-адреноблокаторов (табл. 6) $K = 1$ (2 балла). Недостаток физической активности (табл. 3) $K = 1$ (2 балла). Всего 14 баллов.

Третий этап — к рассчитанному интегральному показателю условий охлаждения 32,656 балла (малый риск) добавляется 14 баллов. Итого = 46,656 балла, что соответствует умеренному уровню риска. Предельное время пребывания этой женщины в заданных условиях охлаждения без специальных средств активной теплозащиты — 60 мин (табл. 7).

Предложенный метод количественной оценки ИВЧ к холоду разработан применительно к внешним условиям, при которых переохлаждение организма может возникнуть в результате острого (непродолжительного) воздействия холода в воздушной среде с преобладанием конвективного и радиационного компонентов теплопотерь, что на практике является наиболее частой ситуацией. Поскольку в этой методике расчет уровней риска основан на сочетании двух внешних факторов — температуры воздуха и скорости ветра, следует отметить, что она в полной мере применима лишь к случаям, когда не предполагается острого иммерсионного охлаждения или обильного увлажнения одежды и пододежного пространства, а также прямого контакта незащищенных участков кожи человека с материалами, обладающими высокой теплопроводностью (металлы, графит и т. п.) при низких температурах. Эти ситуации будут рассмотрены нами в последующих публикациях.

Известно, что помимо факторов повышения восприимчивости организма к холоду существуют также механизмы, реализующие физиологическую адаптацию к его действию, результатом которой является повышение холодовой толерантности [11, 13, 15, 17]. Однако ее рассмотрение в проблеме острого воздействия холода, с нашей точки зрения, не слишком актуально, поскольку адаптация к такому воздействию носит ограниченный характер. Так, например, повышение температуры тела на $4-5^{\circ}\text{C}$ в течение непродолжительного времени, как правило, не влечет за собой особо опасных последствий, тогда как ее снижение на $2,5-3^{\circ}\text{C}$ приводит к развитию состояний, результатом которых может быть развитие смертельной гипотермии. В принципе мы исходим из того, что феномен физиологической адаптации мало применим к любому острому травмирующему воздействию.

Выводы:

1. Определен перечень повреждений здоровья, включающий 33 вида и класса болезней и синдромов, где острое воздействие холода с доказанным высоким уровнем вероятности может как являться причинным (этиологическим) фактором возникновения этих повреждений, так и выступать решающим условием

для реализации других патологических процессов (патогенетический фактор), способствуя обострению их клинического течения и утяжелению исходов.

2. На основе принципов коморбидности разработан и валидизирован экспертным путем количественный метод предиктивной оценки индивидуальной восприимчивости человека к опасному воздействию холода, учитывающий в качестве ее детерминантов показатели физического состояния, поведенческие, патогенетические и функциональные нарушения, а также связанный с наличием других заболеваний прием лекарственных средств в терапевтических дозах.

3. Учет индивидуальных внутренних факторов риска позволяет уточнить меру опасности для конкретного человека и определить адекватные способы и средства по предотвращению тяжелых и смертельных последствий при остром воздействии холода на его организм.

Список литературы

1. Агошков А. И., Трегубенко А. Ю., Вершкова Т. И. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности. М. : Проспект, 2015. 157 с.
2. Ажаев А. Н., Берзин И. А., Деева С. А. Физиолого-гигиенические аспекты действия низких температур на организм человека. М. : Медицина, 2008. 120 с.
3. Афанасьева Р. Ф., Бурмистрова О. В., Бурмистров В. М. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях : методические рекомендации. МР 2.2.7.2129-06 Изд. официальное. М., 2006.
4. Вихриев Б. С., Кичемасов С. Х., Скворцов Ю. Р. Местные поражения холодом. Л. : Медицина, 1991. 188 с.
5. Горелик И. Э. Профилактика некроза при отморожениях конечностей в дореактивном и раннем реактивном периодах : автореф. дис. ... канд. мед. наук Кемерово, 2010. 22 с.
6. ГОСТ 12.0.002-80 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. М., 1980. 12 с.
7. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёгтева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 4. С. 137–142.
8. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р. Характер метаболических изменений у рабочих при экспедиционно-вахтовом режиме труда в Заполярье // Физиология человека. 1999. № 3. С. 138–142.
9. Гудков А. Б., Мосягин И. Г., Иванов В. Д. Характеристика фазовой структуры сердечного цикла у новобранцев учебного центра ВМФ на Севере // Военно-медицинский журнал. 2014. Т. 335, № 2. С. 58–59.
10. Жидков С. А., Шнитко С. Н. Военно-полевая хирургия. Гродно, 2001. 313 с.
11. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск : Наука, 1980. 192 с.
12. Кичемасов С. Х., Бурмистров В. М., Вихриев Б. С., Скворцов Ю. Р. Отморожения как проблема кожно-пластической хирургии // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. 1998. № 5. С. 97–99.
13. Кубушка О. Н., Гудков А. Б., Лабутин Н. Ю. Некоторые реакции кардиореспираторной системы у молодых лиц трудоспособного возраста на стадии адаптивного напряжения при переезде на Север // Экология человека. 2004 № 5. С. 16–18.
14. Кузнецова Н. Л., Савкин А. Н. Комплексное обследование и варианты лечения пострадавших с холодовой травмой верхней конечности // Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации при повреждениях и заболеваниях верхней конечности : материалы I Междунар. конгресса. Москва, 2007. С. 56–57.
15. Нифонтова О. Л., Литовченко О. Л., Гудков А. Б. Показатели центральной и периферической гемодинамики детей коренной народности Севера // Экология человека. 2010. № 1. С. 28–32.
16. Орлов А. И. Экспертные оценки. М. : 2002. 31 с.
17. Пастухов Ю. Ф., Максимов А. Л., Хаскин В. В. Адаптация к холоду и условиям Субарктики: проблемы термофизиологии. Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2003. Т. 1. 373 с.
18. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Р2.2.1766-03. М., 2004. 13 с.
19. Сарычев А. С., Алексеенко В. Д., Симонова Н. Н., Гудков А. Б., Дёгтева Г. Н. Проблемы вахтового труда в Заполярье // Медицинский академический журнал. 2007. Т. 7, № 4. С. 113–119.
20. Сарычев А. С., Гудков А. Б., Попова О. Н. Компенсаторно-приспособительные реакции внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционного режима труда в Заполярье // Экология человека. 2011. № 3. С. 7–13.
21. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05. М., 2005. 61 с.
22. Факторы риска. Школа выживания [Электронный ресурс]. URL: http://www.e-reading.club/chapter.php/24168/2/Il'in__Shkola_vyzhivaniya_v_prirodnyh_usloviyah.html / (дата обращения: 17.02.2017)
23. Чащин В. П., Анфалова Г. Л., Никанов А. Н., Чернев А. В. Правила безопасности при организации и производстве работ на открытых площадках, территориях и внутри неотапливаемых помещений в холодный период года ; утв. Постановлением губернатора Мурманской области 07.06.99 № 242-ПГ. Мурманск : НИЦ «Пазори», 1999. 22 с.
24. Чащин В. П., Величковский Б. Т. Взаимодействие организма и вредных веществ в условиях холода // Вестник Российской академии медицинских наук. 1989. № 9. С. 21–26.
25. Чащин В. П., Деденко И. И. Труд и здоровье человека на Севере. Мурманск, 1990. 104 с.
26. Шуткин А. В. Повышение эффективности технологий хирургической некрэктомии при отморожениях (клинико-патолофизиологическое обоснование) : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2014. 23 с.
27. Athienites N. V., Miskulin D. C., Fernandez G., Bunnapradist S., Simon G., Landa M., Schmid C. F., Greenfield S., Levey A. S., Meyer K. B. Comorbidity Assessment in Hemodialysis and Peritoneal Dialysis Using the Index of Coexistent Disease // Seminars in Dialysis. September 2000. Vol. 13 (5). P. 320–326.
28. Buijze G. A., Sierevelt I. N., van der Heijden B. C. J. M., Dijkgraaf M. G., Frings-Dresen M. H. W. The Effect of Cold Showering on Health and Work: A Randomized Controlled Trial. // PLoS One. 2016. Vol. 11 (9). P. e0161749.
29. Burstrom L., Jarvholm B., Nilsson T., Wahlstrom J.

Lower back pain and the effect of exposure to cold environment and whole-body vibration. Hartford, Connecticut, USA, 2012. P. 67–68.

30. Chashchin V. Work in the cold: a review of Russian experience in the North // Barents. 1998. Vol. 1, N 3. P. 80–82.

31. Di Iorio B., Cillo N., Cirillo M., De Santo N. G. Charlson Comorbidity Index is a predictor of outcomes in incident hemodialysis patients and correlates with phase angle and hospitalization // Int J Artif Organs. 2004 Apr. Vol. 27 (4). P. 330–336.

32. Greenfield S., Apolone G., McNeil B. J., Cleary P. D. The importance of co-existent disease in the occurrence of postoperative complications and one-year recovery in patients undergoing total hip replacement // Medical Care. 1993, Vol. 31. P. 141–154.

33. Hassi J., Ikäheimo T. M., Pyy L., Ahysekerä J., Giedraitytė L., Holmér I., Kuklane K., Chashchin V., Nikitina N., Nikanov A. Risk assessment and management of cold related hazards in arctic workplaces // Technical Report. January 2002. Barents Interreg IIA-Programme DOI: 10.13140/RG.2.1.3251.7603.

34. Ikäheimo T. M., Hassi J. Usability of isothermal standards for cold risk assessment in the workplace // International Journal of Circumpolar Health. June 2002. Vol. 61 (2). P. 142–153.

35. Ingram B. J., Raymond T. J. Recognition and treatment of freezing and nonfreezing cold injuries // Curr Sports Med Rep. 2013 Mar-Apr. Vol. 12 (2). P. 125–130.

36. Jurkovich G. J. Environmental cold-induced injury // Surg Clin North Am. 2007 Feb. Vol. 87 (1). P. 247–267.

37. Khan F. Y. Rhabdomyolysis: a review of the literature // Neth J Med. 2009. Oct. Vol. 67 (9). P. 272–283.

38. Kim F., Nichol G., Charles Maynard C., Hallstrom A., Kudenchuk P. G., Rea T., Copas M. C., Carlbom D., Deem S., Longstreth Jr W. F., Olsufka M., Cobb L. A. Effect of Prehospital Induction of Mild Hypothermia on Survival and Neurological Status Among Adults With Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial // JAMA. 2014. Vol. 311 (1). P. 45–52.

39. Kraemer H. C. Statistical issues in assessing comorbidity // Stat Med. 1995. Vol. 14. P. 721–723.

40. Lim S. T., Sohn M. H., Jeong H. J. Cold exposure-induced rhabdomyolysis demonstrated by bone scintigraphy // Clin. Nucl. Med. 2008. Vol. 33 (5). P. 349–350.

41. Long W. B., Edlich R. F., Winters K. L., Britt L. D. Cold injuries // Eff Med Implants. 2005. Vol. 15 (1). P. 67–78.

42. Petrone P., Asensio J. A., Marini C. P. Management of accidental hypothermia and cold injury // Curr Probl Surg. 2014 Oct. Vol. 51 (10). P. 417–431. Epub. 2014 Jul 29.

43. Romua Th., Vavruch C., Dahlqvist-Leinhardt O., Tallbergd J., Dahlström N., Persson A., Heglinde M., Lidelle M. E., Enerbäcke S., Borgaa M., Nystrom F. E. A randomized trial of cold-exposure on energy expenditure and supraclavicular brown adipose tissue volume in humans // Metabolism. June 2016. Vol. 65, iss. 6. P. 926–934.

44. Van den Akker M., Buntinx F., Roos S., Knottners J. A. Comorbidity or multimorbidity: what's in a name? A review of the literature // Eur J Gen Pract. 1996. Vol. 2 (2). P. 65–70.

45. Yama N., Koito K., Fujimori K. Technetium Tc 99m methylene diphosphonate bone scintigraphy of rhabdomyolysis after near-drowning in cold seawater // Am J Emerg Med. 2007. Vol. 25 (7). P. 848–850.

References

1. Agoshkov A. I., Tregubenko A. Yu., Vershkova T. I. *Mediko-biologicheskie osnovy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti*

[Medical and biological basis of life safety]. Moscow, 2015, 157 p.

2. Azhaev A. N., Berzin I. A., Deeva S. A. *Fiziologo-gigienicheskie aspekty deistviya nizkikh temperatur na organizm cheloveka* [Physiological and hygienic assessment of the effect related to the human exposure to low temperatures]. Moscow, 2008, 120 p.

3. Afanas'eva R. F., Burmistrova O. V., Burmistrov V. M. Time length limits at work in the cold in an open area or in unheated premises. *Guidelines*. MP 2.2.7.2129-06. Moscow, 2006. [in Russian]

4. Vikhriev B. S., Kichemasov S. Kh., Skvortsov Yu. R. *Mestnye porazheniya kholodom* [Local cold injuries]. Leningrad, 1991, 188 p.

5. Gorelik I. E. *Profilaktika nekroza pri otmorozheniyakh konechnostei v doreaktivnom i rannem reaktivnom periodakh. Avtoref. kand. dis.* [Prevention of necrosis due to frostbite of the extremities and early pre-reactive and earlier reactive periods. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Kemerovo, 2010, 22 p.

6. *GOST 12.0.002-80. Sistema standartov bezopasnosti truda. Terminy i opredeleniya* [Occupational safety standards system. Terms and Definitions]. Moscow, 1980, 12 p.

7. Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. Some Features of Physiological Responses in Expedition and Rotational Workers in the Arctic. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1996, 22 (4), pp. 137–142. [in Russian]

8. Gudkov A. B., Tedder Ju. R. Metabolic changes in workers under conditions of expedition shift work schedule beyond the polar circle. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1999, 3, pp. 138–142. [in Russian]

9. Gudkov A. B., Mosyagin I. G., Ivanov V. D. Characteristic of cardiac cycle phase structure in recruits of a Navy Training Center in the North. *Voenno-meditsinskii zhurnal* [Military Medical Journal]. 2014, 335 (2), pp. 58–59. [in Russian]

10. Zhidkov S. A., Shnitko S. N. *Voenno-polevaya khirurgiya* [Military field surgery]. Grodno, 2001, 313 p.

11. Kaznacheev V. P. *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Modern aspects of adaptation]. Novosibirsk, 1980, 192 p.

12. Kichemasov S. Kh., Burmistrov V. M., Vikhriev B. S., Skvortsov Yu. R. Frostbite as the problem of skin and plastic surgery. *Vestnik Khirurgii Imeni I. I. Grekova* [Annals of Surgery named after I. I. Grekov]. 1998, 5, pp. 97–99. [in Russian]

13. Kubushka O. N., Gudkov A. B., Labutin N. Yu. Some reactions in the cardiorespiratory system in young persons of able-bodied age at the stage of the adaptive strain by removal to the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 5, pp. 16–18. [in Russian]

14. Kuznetsova N. L., Savkin A. N. Complex examination and treatment options for patients with cold injury of the upper extremities. In: *Modern technologies of diagnostics, treatment and rehabilitation of injuries and diseases of the upper extremity*. Proceedings I International Congress, Moscow, 2007. Moscow, 2007, pp. 56–57. [in Russian]

15. Nifontova O. L., Litovchenko O. L., Gudkov A. B. Indices of central and peripheral hemodynamics in indigenous children of the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 1, pp. 28–32. [in Russian]

16. Orlov A. I. *Ekspertnye otsenki* [Expert estimation]. Moscow, 2002, 31 p.

17. Pastukhov Yu. F., Maksimov A. L., Khaskin V. V. *Adaptatsiya k kholodu i usloviyam Subarktiki: problemy termofiziologii* [Adaptation to the cold and to subarctic climatic conditions: problems of thermal physiology]. Magadan, 2003, vol. 1, 373 p.

18. *Guidelines on occupational risk assessment for workers' health. Organizational and methodological aspects, principles and criteria. P2.2.1766-03.* Moscow, 2004, 13 p. [in Russian]
19. Sarychev A. S., Alekseenko V. D., Simonova N. N., Gudkov A. B., Degteva G. N. *Meditinskii akademicheskii zhurnal* [Academic Medical Journal]. 2007, 7 (4), pp. 113-119. [in Russian]
20. Sarychev A. S., Gudkov A. B., Popova O. N. Compensatory-adaptive reactions of external respiration in oil industry workers in dynamics of field work regime in Polar region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 3, pp. 7-13. [in Russian]
21. Guidelines on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions. P 2.2.2006-05. Moscow, 2005, 61 p. [in Russian]
22. Faktory riska. Shkola vyzhivaniya [Risk factors. Survival School]. Available at: http://www.e-reading.club/chapter.php/24168/2/Il'in__Shkola_vyzhivaniya_v_prirodnyh_usloviyah.html (accessed 17.02.2017)
23. Chashchin V. P., Anfalova G. L., Nikanov A. N., Chernov A. V. Safety rules for the organization of work in open areas, and areas inside the unheated premises in the cold season, approved by Decree of the Governor of the Murmansk region 07.06.99 N 242-ПГ. Murmansk, 1999, 22 p. [in Russian]
24. Chashchin V. P., Velichkovskii B. T. Chemical exposure and human body interaction in the cold. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk* [Annals of the Russian academy of medical sciences]. 1989, 9, pp. 21-26. [in Russian]
25. Chashchin V. P., Dedenko I. I. *Trud i zdorov'e cheloveka na Severe* [Labor and Human Health in the North]. Murmansk, 1990, 104 p.
26. Shutkin A. V. *Povyshenie effektivnosti tekhnologii khirurgicheskoi nekrektomii pri otmorozheniyakh (kliniko-patofiziologicheskoe obosnovanie). Avtoref. kand. dis.* [Improving efficiency of surgical techniques for necrosectomy in frostbite patients (clinical and pathophysiological rationale). Author's Abstract of Cand. Diss.] Saint Petersburg, 2014, 23 p.
27. Athienites N. V., Miskulin D. C., Fernandez G., Bunnapradist S., Simon G., Landa M., Schmid C. F., Greenfield S., Levey A. S., Meyer K. B. Comorbidity Assessment in Hemodialysis and Peritoneal Dialysis Using the Index of Coexistent Disease. *Seminars in Dialysis*. September 2000, 13 (5), pp. 320-6.
28. Buijze G. A., Siersevelt I. N., van der Heijden B. C. J. M., Dijkgraaf M. G., Frings-Dresen M. H. W. The Effect of Cold Showering on Health and Work: A Randomized Controlled Trial. *PLoS One*. 2016, 11 (9), p. e0161749.
29. Burstrom L., Jarvholm B., Nilsson T., Wahlstrom J. Lower back pain and the effect of exposure to cold environment and whole-body vibration. Hartford, Connecticut, USA, 2012, pp. 67-68.
30. Chashchin V. Work in the cold: a review of Russian experience in the North. Barents. 1998, 1 (3), pp. 80-82.
31. Di Iorio B., Cillo N., Cirillo M., De Santo N. G. Charlson Comorbidity Index is a predictor of outcomes in incident hemodialysis patients and correlates with phase angle and hospitalization. *Int J Artif Organs*. 2004 Apr, 27 (4), pp. 330-6.
32. Greenfield S., Apolone G., McNeil B. J., Cleary P. D. The importance of co-existent disease in the occurrence of postoperative complications and one-year recovery in patients undergoing total hip replacement. *Medical Care*. 1993, 31, pp. 141-154.
33. Hassi J., Ikäheimo T. M., Pyy L., Abysekera J., Giedraitytė L., Holmér I., Kuklane K., Chashchin V., Nikitina N., Nikanov A. Risk assessment and management of cold related hazards in arctic workplaces. *Technical Report*. January 2002. Barents Interreg IIA-Programme DOI: 10.13140/RG.2.1.3251.7603.
34. Ikäheimo T. M., Hassi J. Usability of isothermal standards for cold risk assessment in the workplace. *International Journal of Circumpolar Health*. June 2002, 61 (2), pp. 142-53.
35. Ingram B. J., Raymond T. J. Recognition and treatment of freezing and nonfreezing cold injuries. *Curr. Sports Med. Rep.* 2013 Mar-Apr, 12 (2), pp. 125-30.
36. Jurkovich G. J. Environmental cold-induced injury. *Surg Clin North Am*. 2007 Feb, 87 (1), pp. 247-67.
37. Khan F. Y. Rhabdomyolysis: a review of the literature. *Neth J Med*. 2009 Oct, 67 (9), pp. 272-83.
38. Kim F., Nichol G., Charles Maynard C., Hallstrom A., Kudenchuk P. G., Rea T., Copas M. C., Carlom D., Deem S., Longstreth Jr W. F., Olsufka M., Cobb L. A. Effect of Prehospital Induction of Mild Hypothermia on Survival and Neurological Status among Adults with Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2014, 311 (1), pp. 45-52.
39. Kraemer H. C. Statistical issues in assessing comorbidity. *Stat Med*. 1995, 14, pp. 721-723.
40. Lim S. T., Sohn M. H., Jeong H. J. Cold exposure-induced rhabdomyolysis demonstrated by bone scintigraphy. *Clin. Nucl. Med*. 2008, 33 (5), pp. 349-350.
41. Long W. B., Edlich R. F., Winters K. L., Britt L. D. Cold injuries. *Eff Med Implants*. 2005, 15 (1), pp. 67-78.
42. Petrone P., Asensio J. A., Marini C. P. Management of accidental hypothermia and cold injury. *Curr Probl Surg*. 2014 Oct, 51 (10), pp. 417-31. Epub. 2014 Jul 29.
43. Romua Th., Vavruche C., Dahlqvist-Leinhardt O., Tallberg J., Dahlström N., Persson A., Heglinde M., Lidell M. E., Enerbäcke S., Borgaa M., Nystrom F. E. A randomized trial of cold-exposure on energy expenditure and supraclavicular brown adipose tissue volume in humans. *Metabolism*. June 2016, 65, iss. 6, pp. 926-934.
44. Van den Akker M., Buntinx F., Roos S., Knottnerus J. A. Comorbidity or multimorbidity: what's in a name? A review of the literature. *Eur J Gen Pract*. 1996, 2 (2), pp. 65-70.
45. Yama N., Koito K., Fujimori K. Technetium Tc 99m methylene diphosphonate bone scintigraphy of rhabdomyolysis after near-drowning in cold seawater. *Am J Emerg Med*. 2007, 25 (7), pp. 848-850.

Контактная информация:

Чащин Валерий Петрович — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, директор международного центра общественного здравоохранения имени А. Коха и И. И. Мечникова ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России
Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41
E-mail: valerych05@mail.ru