

Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д., Нагорнев С.Н.

НОВЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119121, Москва

Несмотря на длительную историю изучения влияния метео- и гелиогеофизических факторов на организм человека, механизмы этого влияния остаются неясными. Невозможность повлиять на погодные условия делает необходимой разработку новых экспериментальных подходов к таким исследованиям. Для анализа воздействия на организм человека температуры окружающего воздуха, атмосферного давления, влажности и других метеорологических показателей, а также для выявления механизмов такого воздействия предложен новый подход с использованием соответствующего испытательного стенда (метеостенда). Основу такого стенда может составить климатическая камера, технические характеристики которой позволяют проводить в ней исследования с участием человека. В таких исследованиях могут мониториться различные физиологические и биохимические показатели, а также проводиться психологическое тестирование. Особую актуальность эти исследования приобретают в связи с интенсивным освоением Арктики, поскольку влияние гелиогеофизических и метеорологических факторов наиболее выражено в высоких широтах. Климату Арктики характерны сочетания значительных колебаний температуры, атмосферного давления, низкой абсолютной и высокой относительной влажности воздуха, сильные ветры, существенные изменения геомагнитного поля и атмосферного электричества, выраженный дефицит УФ-радиации и световая аперодичность. Эти особенности природных условий Севера, видимо, обуславливают высокую заболеваемость пришлого населения (по сравнению с коренным) болезнями системы кровообращения и органов дыхания. Кроме того, в статье обращается внимание на то, что единственным погодным фактором, механизмы влияния которого достаточно хорошо изучены, является изменение температуры окружающего воздуха, и эти механизмы были изучены благодаря исследованиям, проведенным в экспериментальных условиях.

Ключевые слова: метеочувствительность; механизмы влияния; метеофакторы; адаптация.

Для цитирования: Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д., Нагорнев С.Н. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(11): 1038-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42>

Для корреспонденции: Салтыкова Марина Михайловна, доктор биол. наук, зав. лаб. изучения проблем изменения климата, биометеорологии и арктической медицины ФГБУ «ЦСП» Минздрава России. E-mail: marinams2002@mail.ru

Saltykova M.M., Bobrovnikskii I.P., Yakovlev M.Yu., Banchenko A.D., Nagornev S.N.

A NEW APPROACH TO THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE HUMAN ORGANISM

Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation

Despite the long history of studying the influence of meteo- and heliogeophysical factors on the human body, the mechanisms of this influence remain unclear. The inability to influence weather conditions makes it necessary to develop new, experimental approaches to such research. To analyze the effect of the ambient air temperature, atmospheric pressure, moisture and other meteorological indices on the human body, and to identify the mechanisms of such impact, there is proposed a new approach using an appropriate experimental stand (weather experimental stand). The basis of such stand can be composed of a climatic chamber, the technical characteristics of which allow carrying out research with human participation. In such studies, various physiological and biochemical indices can be monitored, as well as psychological tests can be administered. Such studies are of particular relevance in relation to the intensive development of the Arctic since in high latitudes the influence of heliogeophysical and meteorological factors is very pronounced. The climate of the Arctic is characterized by a combination of significant temperature fluctuations, atmospheric pressure, low absolute and high relative humidity, strong winds, significant changes in the geomagnetic field and atmospheric electricity, a pronounced deficit of UV radiation and light aperiodicity. Features of the natural conditions of the North, apparently, cause a high incidence of the diseases of the circulatory and respiratory system in the alien population (in comparison with the indigenous one). In addition, the article draws attention to the fact that the only weather factor, whose mechanisms of influence are sufficiently well studied, is the change in ambient air temperature, and these mechanisms were studied through research done under experimental conditions.

Key words: *meteosensitivity; mechanisms of influence; weather conditions; adaptation.*

For citation: Saltykova M.M., Bobrovnikskii I.P., Yakovlev M.Yu., Banchenko A.D., Nagornev S.N. A new approach to the analysis of the influence of weather conditions on the human organism. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(11): 1038-42. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42>

For correspondence: Marina M. Saltykova, MD, Ph.D., DSci., Head of the Laboratory for the Study of Climate Change Problems, Biometeorology and Arctic Medicine, Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: marinams2002@mail.ru

Information about authors:

Saltykova M.M., <https://orcid.org/0000-0002-1823-8952>; Bobrovnikskii I.P., <https://orcid.org/0000-0002-1805-4010>;
Yakovlev M.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-5260-8304>; Nagornev S.N., <https://orcid.org/0000-0002-1190-1440>.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The article was prepared within the framework of the state task AAAA-A16-116053150125-0.

Received: 28 February 2018

Accepted: 18 October 2018

Введение

По данным ВОЗ, основной причиной смертности населения являются неинфекционные заболевания, от которых ежегодно умирает до 40 млн человек, что составляет 70% всех случаев смерти в мире. Первое место в этом ряду занимают болезни системы кровообращения, от которых каждый год умирает 17,7 млн человек [1].

В последние десятилетия значительно возросло понимание роли факторов окружающей среды в этиологии развития заболеваний системы кровообращения, при этом в условиях потепления климата заметно усилился интерес к метеопатологии. Накоплен значительный объём фактологического материала, который даёт возможность исследователям выявлять основные закономерности влияния метеофакторов на здоровье населения [2, 3]. Однако эта задача существенно осложняется тем, что адаптивные физиологические механизмы позволяют большинству здоровых людей приспосабливаться без заметных расстройств к любой погоде, и лишь снижение эффективности этих механизмов приводит к возникновению различных патологических реакций. Так, в крупных международных исследованиях, охвативших ряд популяций в различных климатических поясах [2–4], показана связь погодных условий с заболеваемостью и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний. Аналогичные результаты получены российскими исследователями при изучении смертности населения в регионах Российской Федерации с различными климатогеографическими характеристиками [5].

Погода – это физическое состояние нижнего слоя атмосферы, характеризуемое комплексом таких факторов, как лучистая энергия, космическое излучение, атмосферное давление, температура и влажность воздуха, направление и скорость ветра, облачность, туман, осадки, аэрохимические, энергетические и магнитные явления в атмосфере.

Необходимо отметить, что имеющиеся на сегодняшний день данные о влиянии метеоусловий на течение заболеваний сердечно-сосудистой системы весьма противоречивы, механизмы влияния погодных факторов остаются неясными [6, 7].

Большинство опубликованных исследований, посвящённых изучению связи заболеваемости с погодными факторами, представляют собой либо ретроспективный статистический анализ эпидемиологических данных, либо проспективный анализ небольших по объёму выборок.

Основные закономерности, которые обсуждаются в публикациях, посвящённых влиянию метеофакторов на заболеваемость и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, это зависимости от:

- сезона года;
- температуры воздуха вне помещений;
- атмосферного давления;
- абсолютной влажности воздуха;
- солнечной активности и изменений электромагнитного поля Земли.

Кроме того, обсуждается влияние на метеочувствительность пола и возраста пациентов [8].

Результаты проведённых исследований свидетельствуют о необходимости учитывать воздействие на организм человека всего комплекса метеофакторов [9–11]. При этом невозможность повлиять на погодные условия делает необходимым включение в анализ больших массивов многолетних наблюдений, с тем чтобы в анализируемом материале были представлены все возможные сочетания погодных условий. Такого рода многолетние массивы

обычно сопоставляются с базами данных, характеризующих частоту вызовов скорой медицинской помощи либо показатели смертности [5, 6]. Динамика физиологических и клинических показателей изучается на относительно небольших выборках, что позволяет проанализировать влияние лишь отдельных метеофакторов без учёта их сочетания [10, 11]. Всё это делает необходимым разработку методики комплексной оценки воздействия на организм температуры окружающего воздуха, атмосферного давления, влажности и других метеорологических показателей в условиях модельных исследований с использованием соответствующего испытательного стенда (метеостенда). Основу такого стенда может составить климатическая камера, технические характеристики которой позволяют проводить в ней исследования с участием человека. В таких исследованиях могут мониториться различные физиологические и биохимические показатели, а также проводиться психологическое тестирование. Примерами использования климатической камеры для решения медико-биологических задач являются исследования, проводимые в Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова с использованием климатической камеры «Табай» V-18. Основными направлениями этих исследований являются испытание и оценка свойств одежды, обуви и экипировки; изучение влияния различных средств на функциональное состояние человека; адаптация специалистов к будущему нахождению в экстремальных климатических условиях; проведение лечебно-профилактических мероприятий [12]. Хотя такая установка не рассчитана на возможность моделировать космическую погоду, но она позволит сопоставить реакции организма на контролируемые параметры микроклимата камеры (температура, давление, влажность, движение воздуха (ветер), освещённость, ультрафиолетовое излучение) как во время магнитных бурь, так и в период их отсутствия.

Особую актуальность такие исследования приобретают в связи с интенсивным освоением Арктики. Необходимо отметить, что влияние гелиогеофизических и метеорологических факторов наиболее выражено в высоких широтах. Климату Арктики характерны сочетания значительных колебаний температуры, атмосферного давления, низкой абсолютной и высокой относительной влажности воздуха, сильные ветры, существенные изменения геомагнитного поля и атмосферного электричества, выраженный дефицит УФ-радиации и световая аперриодичность. Особенности природных условий Севера, видимо, обуславливают высокую заболеваемость некоренного населения (по сравнению с коренными) болезнями системы кровообращения и органов дыхания [13–17]. По мнению Л.Е. Панина [14], северный вариант гипертонической болезни характеризуется выраженной метеолабильностью.

Вместе с тем, решение экономических задач, связанных с освоением природных ресурсов Арктики, приводит к усилению миграции туда населения из районов, существенно отличающихся по климатогеографическим параметрам. При этом обеспечить возможность полноценного существования человека в новых условиях может лишь определённая перестройка физиологических функций организма.

Начальный период адаптации к суровым климатическим условиям Крайнего Севера продолжается в среднем до полугода и характеризуется дестабилизацией многих физиологических параметров. [13, 14, 16]. Напряжённая адаптация к арктическим условиям характеризуется тем, что формирование системного структурного следа в одних органах может сопровождаться прямыми структурными повреждениями в других органах [17, 18]. Известно, что

около 40% приезжающих в высокие широты людей могут сохранять свое здоровье на Севере не более 3–7 лет [19].

У людей, мигрировавших на Север, отмечается нарастание изменений биохимических показателей крови атерогенного характера и повышение проницаемости сосудов. В крови увеличивается содержание триглицеридов, свободных жирных кислот, липопротеидов низкой и очень низкой плотности. Обследование группы практически здоровых лиц, прибывших в Норильск из Новосибирска, выявило возрастание содержания в крови свободных жирных кислот уже в первую неделю на 40%, холестерина – через 2 недели на 60%, кроме того, возросло содержание липопротеинов низкой и очень низкой плотности [14]. Помимо усиления липидного обмена («полярный метаболический тип» [14]) у мигрантов выявляется повышение уровня тиреоидных гормонов в крови [20], увеличение толерантности к гепарину [13].

Таким образом, адаптация к непрерывному, эволюционно не предусмотренному, действию холода оказывается фактором, способствующим развитию атеросклероза.

При этом среди коренного населения Севера атеросклероз и ишемическая болезнь сердца (ИБС) встречаются относительно редко [21, 22]. Хотя аборигенным популяциям Аляски, Канады, Гренландии и севера России, проживающим в сопоставимых климатических условиях, характерен высокий уровень липидного обмена, но увеличение содержания липопротеинов очень низкой и низкой плотности у них сопровождается повышением уровня липопротеинов высокой плотности и снижением индекса атерогенности [14, 21–23].

Большинство исследователей отмечают у мигрантов на Север повышение артериального кровяного давления [13–15, 24]. По данным Е.В. Агбалаяна с соавт. [15], артериальная гипертония встречается практически у половины мигрантов Арктики. При этом у большинства аборигенов Севера в течение всей жизни сохраняется низкое АД [22]. При анализе геномов коренных народов Севера было показано, что гены, задействованные в процессах адаптации, – это гены, которые главным образом вовлечены в регуляцию энергии и метаболизма, а также в процесс сокращения гладкой мускулатуры сосудов [25].

Характерной особенностью процесса адаптации к экстремальным климатическим условиям Крайнего Севера являются морфологические и функциональные изменения органов дыхания, часто сопровождающиеся одышкой [13, 18, 24, 26] и получившие название полярной. А.П. Авцын и соавт. [16] установили, что в период начальной адаптации к холоду происходит наращивание функциональных резервов за счёт дополнительного раскрытия альвеол в верхних и средних зонах лёгких. Однако при более длительном пребывании на Севере увеличение площади газообмена осуществляется за счёт морфологических изменений – увеличения размеров альвеол, а также количества, диаметра и объёма капилляров, выходящих в просвет альвеол. При этом давление крови в малом круге кровообращения значительно превышает нормальную величину.

В 1980 году В.П. Казначеевым с сотрудниками описан «синдром полярного напряжения» [13], основой которого являются метаболические сдвиги, характеризующиеся возрастанием перекисного окисления липидов и токсического действия свободных радикалов на мембранные структуры клеток на фоне истощения защитной системы антиоксидантов.

В связи с отмечаемой многими исследователями высокой метеочувствительностью лиц, переезжающих в арктическую зону, и существенным риском развития

у них отрицательных последствий напряжённой адаптации к климатическим условиям Севера актуальной представляется задача выявления физиологических механизмов, обуславливающих влияние метео- и гелиогеофизических факторов на организм человека. Сделать это в натурных исследованиях, видимо, невозможно в силу высокой вариативности и слабой предсказуемости этих факторов.

В настоящее время наиболее изучены механизмы адаптации к холоду [26–28]. При этом основные результаты получены в экспериментальных условиях.

Целью физиологических изменений, запускаемых при адаптации к холоду, является увеличение теплопродукции и снижение потерь тепла [27]. Снижение теплопотерь у человека осуществляется, во-первых, за счёт вазоконстрикции кожных сосудов [17, 26–29] и, во-вторых, за счёт уменьшения частоты дыхания и объёма лёгочной вентиляции при повышении утилизации кислорода из вдыхаемого воздуха [16]. Главными производителями дополнительной теплопродукции являются мышцы и бурый жир. Однако у человека (в отличие от лабораторных грызунов – наиболее распространённого объекта при изучении терморегуляции) вклад несократительного термогенеза за счёт бурой жировой ткани невелик вследствие относительно небольшого её количества [26, 27, 30, 31], поэтому основным источником регулируемого теплообразования исходно и после холодовой адаптации организма является мышечная система. Установлено, что в результате адаптации организма к холоду изменяется энергетика мышечного сокращения [26, 27, 30, 32] за счёт уменьшения сопряжённости окисления и фосфорилирования. Кроме того, увеличивается теплопродукция внутренних органов (прежде всего печени) [20, 33].

Основными субстратами окисления при адаптации к холоду являются жирные кислоты, которые, кроме того, являются и разобщителями окисления и фосфорилирования. После адаптации к холоду отмечено не только стабильное повышение липидного обмена, но и повышение мощности механизма, способного быстро изменить его уровень в соответствии с физиологическими потребностями [30]. При этом резко возрастает калоригенный эффект норадреналина – медиатора химической терморегуляции [26, 27, 30]. Поскольку эффект разобщения зависит не только от концентрации разобщителей, но и от чувствительности мембран митохондрий к их разобщающему действию [26, 28, 30, 32], то при адаптации к холоду усиливаются метаболические эффекты тиреоидных гормонов [30, 34], которые увеличивают чувствительность мембран митохондрий к влиянию норадреналина.

Необходимо отметить, что поскольку адаптация к холоду приводит к тому, что большая (чем до адаптации) часть энергии рассеивается в виде тепла, то это приводит к увеличению потребления кислорода для выполнения мышечной работы, то есть снижается КПД мышечного сокращения, что отмечается не только в лабораторных [27, 29, 30, 32], но и в натурных исследованиях [13, 14, 26, 35]. Было показано, что КПД физической работы на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера на 15–25% ниже, чем в средних широтах [35].

При действии холода разобщение окисления и фосфорилирования сопровождается относительным дефицитом АТФ, но при дальнейшем развитии адаптации увеличивается общая мощность митохондрий на единицу массы ткани и это компенсирует недовыработку АТФ каждой митохондрией. В целом в архитектуре системного структурного следа, составляющего основу адаптации к холоду,

выделяют несколько связанных между собой звеньев. Таковыми звеньями являются:

- повышение функциональной активности надпочечников и щитовидной железы;
- адаптационный рост массы и мощности системы митохондрий в мышцах, печени и бурой жировой ткани, индуцированный гормонами надпочечников и щитовидной железы;
- увеличение массы и физиологической эффективности всей системы транспорта к митохондриям кислорода и субстратов окисления [17].

Таким образом, реализация эволюционно отработанных механизмов адаптации к холоду приводит к напряжению большинства жизненно важных систем и функций организма, что при отсутствии достаточных адаптационных резервов может индуцировать патологические реакции и приводить к развитию заболеваний [36]. При этом влияние метео- и гелиогеофизических факторов может дополнительно дестабилизировать функциональные системы организма. Знание механизмов влияния этих факторов позволит разработать меры профилактики, направленные на снижение напряжения функциональных систем организма, в наибольшей степени задействованных в компенсаторных реакциях, и, следовательно, снизить риск развития дизадаптаций и заболеваемость прежде всего болезнями системы кровообращения и органов дыхания.

Вместе с тем, анализ динамики физиологических, биохимических и психологических показателей в исследованиях с использованием испытательного метеостенда позволит определить комплексы метеофакторов, наиболее сильно воздействующие на организм, и выявить основные механизмы, обуславливающие зависимость изменений функционального состояния организма человека в традиционных для него климатических условиях. В дальнейшем результаты статистического анализа данных, полученных в модельных исследованиях, могут быть положены в основу разработки информационных систем медицинского прогноза погоды и программного обеспечения аппаратно-программных комплексов, предназначенных для персонализированной профилактики метеозависимых обострений заболеваний системы кровообращения [37].

Тот факт, что за предыдущие десятилетия изучения влияния метео- и гелиогеофизических факторов на организм человека механизмы этого влияния не были выявлены, делает необходимым разработку новых экспериментальных подходов к таким исследованиям в т. ч. с использованием климатической камеры.

Финансирование. Статья подготовлена в рамках государственного задания АААА-А16-116053150125-0.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Л и т е р а т у р а

(пп. 1–4, 6, 7, 9, 10, 23, 25, 31, 34 см. References)

- Бойцов С.А., Лукьянов М.М., Концевая А.В., Деев А.Д., Баланова Ю.А., Капустина А.В. и др. Особенности сезонной смертности населения от болезней системы кровообращения в зимний период в регионах Российской Федерации с различными климатогеографическими характеристиками. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2013; 9 (6): 627-632.
- Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д. Влияние погоды на пациентов с болезнями кровообращения; главные направления и основные проблемы. *Экология человека*. 2017; 6.
- Хаснулин В.И., Гафаров В.В., Воевода М.И., Разумов Е.В., Артамонова М.М. Влияние метеорологических факторов в различные сезоны года на частоту возникновения осложнений гипертонической болезни у жителей Новосибирска. *Экология человека*. 2015; 7:3-8.

- Яковлев А.В., Извозчикова О.В., Кудрин А.И., Ганапольский В.П., Юсупов В.В., Пелешок С.А. Анализ характеристик климатических камер, применяемых для физиолого-гигиенической оценки современных образцов боевой экипировки и средств индивидуальной защиты, разрабатываемых для специалистов силовых структур РФ. *Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму*. 2012; 5-6: 29-34.
- Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт*. Ред. В.П. Казначеев. Л.: Медицина; 1980.
- Панин Л.Е. Фундаментальные проблемы приполярной медицины. *Бюллетень СО РАМН*. 2013; 33(6):5-10.
- Агбалян Е.В., Клименко О.А., Буяк М.А., Шинкарук Е.В. Ведущие предикторы развития и дальнейшего прогрессирования ишемической болезни сердца среди мигрантов Арктики. *Успехи современного естествознания*. 2014; 9: 8-10.
- Авцын А. П., Марачев А. Г., Матвеев Л. Н. Циркумпольный гипоксический синдром. *Вестн. АМН СССР*. 1979; 6: 32-39.
- Барабаш Н.А., Двуреченская Г.Я. Адаптация к холоду. В кн. *Физиология адаптационных процессов*. М.: Наука; 1986.
- Величковский Б.Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в лёгких человека на Крайнем Севере. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2013; 2: 97-101.
- Фомин А.Н. Особенности формирования приспособительных реакций у пришлого населения на Севере. Автореф. дисс. к м.н. Новосибирск, 2004. 25 с.
- Колпаков А.Р. Энергетический обмен и метаболическая функция печени при адаптации организма к холоду. Автореф. дисс. докт. мед. наук. Новосибирск. 1997. 44 с.
- Климова Т.М., Федорова В.И., Балтахинова М.Е., Кривошапкин В.Г. Липидный профиль и дислипидотеинемии у коренного сельского населения Якутии. *Сибирский медицинский журнал*. 2012; 27(3): 142-146.
- Гырголькау Л.А., Щербаква Л.В., Иванова М.В. Содержание липидов в крови и частота дислипидотеинемий у коренных жителей Чукотки. *Бюллетень СО РАМН*. 2011; 31(5): 79-83.
- Солонин Ю. Г., Бойко Е. Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике. *Арктика: экология и экономика*. 2015; 1:70-75.
- Пастухов Ю.Ф., Максимов А.Л., Хаскин В.В. Адаптация к холоду и условиям Субарктики: проблемы термифизиологии. Магадан: СВНЦ ДВО РАН; 2003. Т.1.
- Иванов К.П. *Основы энергетики организма: Теоретические и практические аспекты*. Том. 1. Общая энергетика, теплообмен и терморегуляция. Л., Наука; 1990.
- Салтыкова М.М. Основные физиологические механизмы адаптации человека к холоду. *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова*. 2017; 103(2): 138-151.
- Козырева Т.В., Ткаченко Е.Я., Симонова Т.Г. Функциональные изменения при адаптации к холоду. *Успехи физиологических наук*. 2003; 34(2):76-84.
- Хаскин В.В. Биохимические механизмы адаптации к холоду. В кн. *Физиология терморегуляции*. Л., Наука; 1984.
- Скулачев В.П., Богачев А.В., Каспаринский Ф.О. *Мембранная биоэнергетика*. Издательство Московского университета; 2010.
- Пайдыганов А.П. Влияние температуры и ионов водорода на разобщающее действие жирных кислот в митохондриях печени Автореф. дисс. к.б.н. 2004. 18 с.
- Кандрор И. С. *Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере*. М.: Медицина; 1968.
- Ушаков И.Б., Бобровницкий И.П. Воздействие факторов внешней среды на здоровье человека: методы оценки и профилактики заболеваний. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2016 (2): 3-31.
- Бобровницкий И.П., Нагорнев С.Н., Яковлев М.Ю., Уянаева А.И., Худов В.В., Банченко А.Д., Шашлов С.В. Методология персонализированной немедикаментозной профилактики распространенных метеозависимых заболеваний системы кровообращения как основа активного здорового долголетия у населения России. *Вестник восстановительной медицины*. 2017; 1:72-78.

References

- <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/ru/>.
- Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease and all causes in warm and cold regions of Europe. The Eurowinter Group. *Lancet*. 1997; 349:1341-1346.
- Barnett A.G., Dobson A.J., McElduff P., Salomaa V., Kuulasmaa

- K., Sans S., et al. Cold periods and coronary events: an analysis of populations worldwide. *J. Epid. Comm. Health.* 2005; 59:551–557.
4. Analitis K., Katsouyanni A., Biggeri M., Baccini M., Forsberg B., Bisanti L., et al. Effects of Cold Weather on Mortality: Results From 15 European Cities Within the PHEWE Project. *Am. J. Epidemiol.* 2008; 168:1397–1408.
 5. Boytsov S.A., Lukyanov M.M., Kontsevaya A.V., Deev A.D., Balanova Yu.A., Kapustina A.V. et al. Features of seasonal mortality of the population from diseases of the circulatory system in winter in the regions of the Russian Federation with different climatic and geographic characteristics. *Racional'naya farmakoterapiya v kardiologii.* 2013; 9 (6): 627-632. (in Russian).
 6. Cowperthwaite M.C., Burnett M.G. The Association Between Weather and Spontaneous Subarachnoid Hemorrhage: An Analysis of 155 US Hospitals. *Neurosurgery.* 2011; 68: 132–139.
 7. Neidert M.C., Sprenger M., Mader M., Esposito G., Hosp J.A., Bozinov O., et al. A High-Resolution Analysis on the Meteorological Influences on Spontaneous Intracerebral Hemorrhage Incidence. *World Neurosurg.* 2017; 98: 695-703.
 8. Saltykova M.M., Bobrovnikitsky I.P., Yakovlev M.Yu., Banchenko A.D. The effect of weather on patients with circulatory diseases; main directions and main problems. *Ehkologiya cheloveka.* 2017; 6. (in Russian).
 9. Vodonos A., Novack V., Horev A. Abu Salameh I., Lotan Y., Ifergane G. Do Gender and Season Modify the Triggering Effect of Ambient Temperature on Ischemic Stroke? *Women's Health Issues.* 2017; 27(2):245–251.
 10. Azcarate T., Mendoza B. Influence of geomagnetic activity and atmospheric pressure in hypertensive adults. *Int. J. Biometeorol.* 2017; 61:1585–1592.
 11. Khasnulin V.I., Gafarov V.V., Voevoda M.I., Razumov E.V., Artamonova M.M. Influence of meteorological factors in different seasons of the year on the incidence of complications of hypertensive disease among residents of Novosibirsk. *Ehkologiya cheloveka.* 2015; 7: 3-8. (in Russian).
 12. Yakovlev A.V., Izvozchikova O.V., Kudrin A.I., Ganapolsky V.P., Yusupov V.V., Peleshok S.A. Analysis of the characteristics of climatic chambers used for physiological and hygienic assessment of modern samples of combat equipment and personal protective equipment, developed for specialists of law enforcement agencies of the Russian Federation. *Voprosy oboronnoy tekhniki.* Series 16: Technical Countermeasures to Terrorism. 2012; 5-6: 29-34 (in Russian).
 13. *Mechanisms of human adaptation in high latitude conditions.* Ed. V.P. Kaznacheev. L.: Medicine; 1980. (in Russian).
 14. Panin L.E. Fundamental problems of circumpolar medicine. *Byulleten' SO RAMN.* 2013; 33 (6): 5-10. (in Russian).
 15. Agbalyan E.V., Klimenko O.A., Buyak M.A., Shinkaruk E.V. Leading predictors of the development and further progression of coronary heart disease among migrants in the Arctic. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* 2014; 9: 8-10. (in Russian).
 16. Avtsyn A.P., Marachev A.G., Matveev L.N. Circumpolar hypoxic syndrome. *Vestn. AMN SSSR.* 1979; 6: 32-39. (in Russian).
 17. Barabash N.A., Dvurechenskaya G.Ya. *Adaptation to cold.* In the book. *Physiology of adaptation processes.* M.: Science; 1986. (in Russian).
 18. Velichkovsky B.T. Causes and mechanisms of reducing the oxygen utilization factor in the lungs in the Far North. *Byulleten' VSNC SO RAMN.* 2013; 2: 97-101. (in Russian).
 19. Fomin A.N. Features of the formation of adaptive reactions in the newcomer population in the North. Author's abstract of PhD thesis. Novosibirsk, 2004. 25 p. (in Russian).
 20. Kolpakov A.R. Energy metabolism and metabolic function of the liver when the organism adapts to the cold. Author's abstract of DSc thesis. Novosibirsk. 1997. 44 p. (in Russian).
 21. Klimova T.M., Fedorova V.I., Baltahinova M.E., Krivoschapkin V.G. Lipid profile and dyslipoproteinemia in the indigenous rural population of Yakutia. *Sibirskiy medicinskij zhurnal.* 2012; 27 (3): 142-146. (in Russian).
 22. Gyrgolkau L.A., Shcherbakova L.V., Ivanova M.V. The lipid content in the blood and the frequency of dyslipoproteinemia in the indigenous inhabitants of Chukotka. *Byulleten' SO RAM.* 2011; 31 (5): 79-83. (in Russian).
 23. Young M.D., Bjerregaard P., Dewailly E., Risica P.M., Jørgensen M.E., Ebbesson S.E. Prevalence of obesity and its metabolic correlates among the circumpolar Inuit in 3 countries. *Am. J. Publ. Health.* 2007; 97(4): 691–695.
 24. Solonin Yu. G., Boyko E.R. Medico-physiological aspects of life in the Arctic. *Arktika: ehkologiya i ehkonomika.* 2015; 1: 70-75. (in Russian).
 25. Cardona A., Pagani L., Antao T., Lawson D.J., Eichstaedt C.A., Yngvadottir B., et al. Genome-wide analysis of cold adaptation in indigenous Siberian populations. *PLoS ONE.* 2014; 9: e98076.
 26. Pastukhov Yu.F., Maksimov A.L., Khaskin V.V. *Adaptation to the cold and conditions of the Subarctic: problems of thermophysiology.* Magadan: SSC of FEB RAS; 2003. T.1. (in Russian).
 27. Ivanov K.P. *Fundamentals of the energy of the organism: Theoretical and practical aspects.* V.I. General energy, heat exchange and thermoregulation. L., Science; 1990. (in Russian).
 28. Saltykova M.M. The basic physiological mechanisms of human adaptation to the cold. *Ros. fiziol. zhurn. im. I.M. Sechenova.* 2017; 103 (2): 138-151. (in Russian).
 29. Kozyreva T.V., Tkachenko E.Ya., Simonova T.G. Functional changes in adaptation to cold. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk.* 2003; 34 (2): 76-84. (in Russian).
 30. Khaskin V.V. Biochemical mechanisms of adaptation to cold. In the book. *Physiology of thermoregulation.* L., Science; 1984. (in Russian).
 31. Wijers S. L. J., Schrauwen P., Saris W.H.M., van Marken Lichtenbelt W.D. Is Associated Human Skeletal Muscle Mitochondrial Uncoupling with Cold Induced Adaptive Thermogenesis. *PLoS ONE.* 2008; 3 (3): e1777.
 32. Skulachev V.P., Bogachev A.V., Kasparinskiy F.O. *Membrane bioenergetics.* Publishing house of Moscow University; 2010. (in Russian).
 33. Paidyanov A.P. Influence of temperature and hydrogen ions on uncoupling effect of fatty acids in liver mitochondria Author's abstract of Ph.D thesis. 2004. 18 p. (in Russian).
 34. Silva J.E. The Thermogenic Effect of Thyroid Hormone and Its Clinical Implications. *Ann Intern Med.* 2003; 139 (3): 205-213.
 35. Kandror I.S. *Essays on the physiology and hygiene of man in the Far North.* M.: Medicine; 1968. (in Russian).
 36. Ushakov IB, Bobrovnikitsky I.P. The impact of environmental factors on human health: methods for assessing and preventing diseases. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine.* 2016; (2): 3-31.
 37. Bobrovnikitsky I.P., Nagornev S.N., Yakovlev M.Yu., Uyanaeva A.I., Khudov V.V., Banchenko A.D., Shashlov S.V. Methodology of personalized non-medicamentous prophylaxis of common meteo-dependent diseases of the circulatory system as the basis of active healthy longevity in the population of Russia. *Vestnik vosstanovitel'noy mediciny.* 2017; 1: 72-78. (in Russian).