

УДК 612.014.43

ЗАЩИТА РАБОТАЮЩЕГО НАСЕЛЕНИЯ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ ОТ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Лосик Т.К., Конюхов А.В.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда
имени академика Н.Ф. Измерова», Москва, Российская Федерация

Изменение климата, в настоящее время, связано с глобальным потеплением – всё чаще публикуются материалы, свидетельствующие о росте атмосферной температуры, учащением экстремальных погодных явлений и повышением уровня мирового океана. В Российской Федерации наибольший ущерб глобальное потепление наносит южным регионам страны. Последствия изменения климата сказывается на состоянии работников, вынужденных трудиться в жару или в нагревающих микроклиматических условиях. В тёплый период года длительное выполнение физической работы при высокой температуре воздуха с использованием необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ) невозможно.

Цель исследования: проведение обзора научных данных отечественных и зарубежных авторов с целью оценки и огласки мер по повышению адаптации к жарким условиям, минимизации профессиональных рисков и сохранения здоровья работников; определение значимых факторов трудового процесса в формировании тепловой нагрузки на организм человека в условиях потепления климата; комплекс профилактических мероприятий для поддержания теплового гомеостаза, улучшения самочувствия и укрепления здоровья работников.

Материалы и методы. Обзор выполнен с использованием контент-анализа с последующей классификацией и систематизацией данных исследований – оригинальных статей и литературных обзоров, опубликованных за последние 30 лет и представленных в базах PubMed, Scopus, Google Scholar и eLIBRARY.RU. Поиск источников осуществлялся по ключевым словам: нагревающий микроклимат, глобальное потепление, перегрев организма, терморегуляторные реакции, прогнозирование теплового состояния, профилактика теплового удара и перегревания, средства индивидуальной защиты в нагревающем микроклимате, режим труда и отдыха в нагревающем микроклимате, питьевой режим и питание в нагревающем микроклимате. Приоритетными считались источники из

отечественных и зарубежных рецензируемых научных журналов, опубликованных за последние 10 лет, близкие по теме настоящего обзора.

Ключевые слова: изменение климата; терморегуляция; средства индивидуальной защиты; тепловые расстройства; режим труда и отдыха; тепло-влагообмен; водно-электролитный обмен.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует заключения этического комитета или других документов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Лосик Т.К., Конюхов А.В. Защита работающего населения южных регионов от негативных последствий изменений климата. Профилактические мероприятия. Медицина труда и экология человека. 2026; 3:26-46.

doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10302>

Для корреспонденции: Алексей Владимирович Конюхов, e-mail: epidemiologist@iriioh.ru

PROTECTING THE WORKING POPULATION OF THE SOUTHERN REGIONS FROM THE NEGATIVE CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE. PREVENTIVE MEASURES

Tatyana K. Losik, Alexey V. Konyuhov

Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation

Climate change is currently associated with global warming. Data demonstrating rising atmospheric temperatures, more frequent extreme weather events, and rising sea levels are increasingly being published. In the Russian Federation, global warming is causing the greatest damage to the country's southern regions. The consequences of climate change impact workers forced to work in hot weather or in warming microclimatic conditions. In these climatic and geographical conditions, prolonged physical work at high temperatures during the warm season requires the use of the necessary personal protective equipment (PPE) is impossible.

The purpose of the study. A review of scientific data from domestic and international authors was conducted to evaluate and publicize measures to improve adaptation to hot conditions, minimize occupational risks, and maintain worker health. Significant work-related factors influencing the heat load on the human body in a warming climate were identified. A set of preventive measures has been proposed to maintain thermal homeostasis, improve the well-being, and strengthen the health of employees.

Materials and methods. The review was conducted using content analysis, followed by classification and systematization of research data – original articles and literature reviews published over the past 30 years and available in the PubMed, Scopus, Google Scholar, and eLIBRARY.RU databases. The search was conducted using the following keywords: heating microclimate, global warming, body overheating, thermoregulatory responses, predicting thermal conditions, preventing heat stroke and overheating, personal protective equipment in a heating microclimate, work and rest patterns in a heating microclimate, and drinking and nutrition in a heating microclimate. The sources from domestic and foreign peer-reviewed scientific journals published over the past 10 years, which are close to the topic of this review, were considered to be of priority.

Keywords: climate change; thermoregulation; personal protective equipment; heat disorders; work and rest regime; heat and moisture exchange; water and electrolyte metabolism

Compliance with ethical standards: this study does not require approval from an ethics committee or other documents.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Funding: The study did not have sponsorship.

For citation: Losik T.K., Konyuhov A.V. Protecting the working population of the southern regions from the negative consequences of climate change. Preventive measures. Occupational health and human ecology. 2026; 3 : 26-46.

doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10302>

For correspondence: Alexey V. Konyuhov, e-mail: epidemiologist@irioh.ru

Изменение климата на нашей планете непосредственно связано с продолжающимся глобальным потеплением [1,2]. Имеющиеся научные сведения по влиянию изменений климатических условий на здоровье жителей южных регионов Российской Федерации, занятых в различных сферах народного

хозяйства, разнообразны, иногда несопоставимы и даже противоречивы. Влияние изменения климата неоднозначно и включает в себя как благоприятные, так и неблагоприятные последствия, варьирующиеся в зависимости от региона и фактора. [3,4]. Жители Астраханской, Волгоградской, Самарской и Ростовской областей, Калмыкии, Ставрополья, республик Северного Кавказа, Татарстана, Башкортостана и др., занятых в различных отраслях промышленности, всё чаще сталкиваются со знойным, жарким, засушливым и продолжительным летним сезоном [5,6]. В таких климатогеографических условиях физическая активность в тёплое время года при высоких температурах окружающей среды (по данным метеослужбы достигает **+44°C на открытой территории, а при наличии инсоляции – более +50°C**), при использовании СИЗ, оказывает влияние на функциональную эффективность систем организма, ответственных за поддержание теплового гомеостаза [7].

На сегодняшний день количественно оценить влияние потепления климата на условия работы и качество жизни и здоровья людей, увеличение показателей заболеваемости в т.ч. наиболее уязвимых групп населения (пожилых людей, с недостаточной физической подготовкой и акклиматизацией, особенно страдающих хроническими заболеваниями: ожирение, сахарный диабет, сердечная-сосудистая недостаточность, алкоголизм, деменция, а также лиц, применяющих медикаменты, влияющих на терморегуляцию) сложно.

В целях снижения негативного влияния на состояние здоровья трудового населения южных регионов Российской Федерации в условиях наблюдающихся климатических изменений, требуется комплексный подход, включающий внедрение профилактических мероприятий, ориентированных на снижение рисков для здоровья.

Негативные последствия для организма. При выполнении работы в нагревающей среде нагрузка на организм отражается в степени выраженности изменений физиологических реакций, а также может сопровождаться ухудшением самочувствия и на состоянии здоровья, в т.ч. в развитии различных тепловых расстройств: тепловой обморок (тепловой коллапс), тепловой отек, тепловые судороги, тепловое истощение и тепловой удар [8].

Воздействие повышенной температуры окружающей среды способно вызвать нарушения в нейроэндокринной регуляции и водно-электролитном обмене, стимулирует перекисное окисление липидов, нарушает стабильность клеточных мембран, провоцирует тканевую гипоксию, что в итоге приводит к

метаболическим изменениям и снижению неспецифической резистентности организма [9,10]. Наблюдаются существенные изменения в работе кардиореспираторной системы, которая имеет ключевое значение для теплообмена человека с окружающей средой. На теплообмен и тепловое состояние работников в условиях нагревающей среды, помимо климатических факторов (температура, скорость движения и влажность воздуха, инсоляция), длительности их воздействия и уровня энергозатрат, значительное влияние способны оказывать средства индивидуальной защиты, применяемые для защиты от вредных и опасных производственных факторов. [11-14]. Теплофизические характеристики материалов, из которых изготовлены средства индивидуальной защиты, а также их конструктивные особенности, влияющие на теплообмен с окружающей средой, способны значительно ухудшать тепловое состояние человека.

Наиболее выраженное ухудшение теплового состояния отмечается при применении средств индивидуальной защиты из материалов, не пропускающих воздух и влагу, и обладающих низкой гигроскопичностью несмотря на то, что именно такие материалы наилучшим образом соответствуют предъявляемым требованиям по защите от вредных производственных факторов. При этом в научной литературе практически не представлены данные о том, насколько каждый из указанных параметров влияет на формирование тепловой нагрузки на организм. Такая информация необходима для обоснованного подбора материалов, способствующих оптимизации тепло- и влагообмена между человеком и окружающей средой. Например, при защите от химических или биологических факторов нередко используют материалы с низкой воздухо- и влагопроводностью, которые ограничивают либо полностью исключают потери тепла за счёт испарения влаги [12,14,15]. Именно этот механизм теплоотдачи играет ключевую роль в поддержании температурного гомеостаза в условиях нагревающей среды. Повысить степень воздухо- и влагонепроницаемости материалов позволяют специальные пропитки, применяемые при производстве средств индивидуальной защиты для обеспечения безопасности человека от вредных производственных факторов [16]. Поэтому для корректной оценки воздействия термических параметров окружающей среды на организм работников и их нормативного регулирования необходимо установить, насколько существенно средства защиты влияют на формирование теплового состояния человека [11,17].

СИЗ, обуславливая различную степень напряжения терморегуляторных реакций, оказывает влияние на формирование класса условий труда. Так при температуре воздуха 30°C диапазон классов составляет 3.1-3.3, а при температуре воздуха 35°C – 3.1-3.4 [18]. Это означает, что при оценке условий труда и риска перегревания организма необходимо учитывать вид и степень защиты спецодежды¹.

Прогнозирование теплового состояния. Анализ и прогнозирование теплового состояния человека работающего в нагревающей среде ($T_B = 25-35^\circ\text{C}$) и применяющего СИЗ от вредных производственных факторов, возможен с использованием математических моделей, демонстрирующих связь между показателями теплового и функционального состояния организма и совокупностью факторов, которые формируют тепловую нагрузку (теплофизические свойства материалов СИЗ, климатические параметры и уровень физической активности). [18,19]. Выявленные зависимости дают возможность рассчитывать допустимую продолжительность работы в конкретных производственных условиях, а также проводить подбор материалов с учётом гигиенических требований. Принимая во внимание различные значения показателей климата, теплофизических характеристик материалов, уровня физической активности человека и длительности непрерывной работы, используя следующие уравнения (1-5), можно рассчитать и сделать прогноз о величине критериальных показателях теплового состояния человека – теплосодержания ($Q_{тс}$, кДж/кг), средневзвешенной температуре кожи ($T_{кcv}$, °C), температуре тела (T_T , °C), частоте сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), теплоощущений (T_0 , балл). Это позволит подобрать или изготовить СИЗ, способными обеспечить лучший тепло- и влагообмен человека с окружающей средой и продлить продолжительность работы в нагревающих условиях.

$$Q_{тс} = 113,8975 + 0,1068q_m + 0,0591\tau + 0,2658T_B - 0,0251П + 0,0157\phi - 0,4804V + 0,0107Г \quad (1)$$

где: q_m – мощность работы, Вт;

τ – время выполнения работы в заданных условиях, мин;

T_B – температура воздуха, °C;

¹ Методы контроля. Физические факторы. Методические указания. Интегральная оценка нагревающего микроклимата. МУК 4.3.2755-10 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 12.11.2010)

Π – паропроницаемость используемой одежды, г/м²ч;

φ – относительная влажность воздуха, %;

V – скорость движения воздуха, м/с;

Γ – гигроскопичность используемой одежды (при $\varphi=65\%$), %.

Повышение паропроницаемости и гигроскопичности материала ведёт к уменьшению тепловой нагрузки, испытываемой организмом, о чём свидетельствуют изменения температуры кожи и тела.

$$T_{КСВ} = 25,922 + 0,24879T_B + 0,02157\varphi + 0,02424q_M + 0,00665\Gamma - 0,02356\Pi + 0,01857\tau \quad (2)$$

$$T_T = 35,5792 - 0,00249\Pi - 0,00487\Gamma + 0,01040\tau + 0,01046\varphi - 0,04245V \quad (3)$$

Одним из информативных показателей функционального состояния человека является ЧСС. Согласно уравнению (4), рост ЧСС происходит при увеличении температуры воздуха и его относительной влажности в результате физиологических компенсаторных механизмов организма – уравнение описывает данную закономерность [20].

$$ЧСС = 22,9383 + 0,63203\varphi + 0,42356\tau + 1,84458T_B - 0,20972\Pi + 0,15535V - 0,35752\Gamma \quad (4)$$

где: V – воздухопроницаемость используемой одежды, дм³/м²с.

$$T_o = 1,37186 + 0,00174V - 0,0087\Pi - 0,01380\Gamma + 0,03244\tau - 0,012742q_M + 0,142177T_B + 0,009479\varphi + 0,29738V \quad (5)$$

На основании полученных математических зависимостей открывается возможность проведения оценки значимости отдельных теплофизических свойств материалов, используемых в СИЗ, с точки зрения их вклада в формирование термической нагрузки на организм.

Профилактические мероприятия. При подборе материалов для производства СИЗ рекомендуется отдавать приоритет тем, которые обладают следующими свойствами: паропроницаемостью, гигроскопичностью и достаточной вентиляцией пододёжного пространства [21]. Вентиляция может обеспечиваться путем применения материалов с необходимой воздухопроницаемостью, правильным выбором конструкции СИЗ, и применением в них специальных вентиляционных устройств и отверстий [22-24]. Надлежащая вентиляция пододёжного пространства увеличивает теплоотдачу испарением и тем самым способствует улучшению теплового состояния организма [23-25]. Для эффективного отвода тепла важно, чтобы одежда не прилегала плотно к телу, а образовывала воздушную прослойку. Это позволяет испаряться влаге с кожи, что позволяет телу охлаждаться [26].

Жаркая погода ухудшает условия труда работников, занятых на открытых площадках, а также в производственных и общественных помещениях, где отсутствуют эффективные системы кондиционирования [27]. Терморегуляторные реакции женщин при работе в нагревающей среде имеют отличительную особенность – специфику потоотделительной функции. Она проявляется в двух аспектах: более низкой интенсивности потоотделения и задержке его начала. Эти особенности приводят к усиленному накоплению тепла преимущественно в периферических тканях («оболочке» тела) и вызывают повышенное напряжение сердечно-сосудистой системы. [28, 29]. Тем не менее у женщин при продолжительном воздействии термической нагрузки наблюдается снижение уровня метаболизма, что неизбежно влияет на их тепловой баланс – это обусловлено спецификой механизмов поддержания температурного гомеостаза в женском организме [30]. В связи с этим представляется обоснованным разрабатывать СИЗ от повышенных температур (или для работ в условиях нагревающего микроклимата) с учётом дифференцированного подхода к потребностям мужчин и женщин.

Использование СИЗ с элементами охлаждения также способно решать проблему перегрева работников в нагревающем микроклимате. Имеющиеся варианты систем охлаждения специальной одежды и средств защиты: активные

(воздушные, водные) [31-35] и пассивные (конвекционные отверстия, ткани с отсутствием теплонакопления и теплопроводности из внешней среды и высокой теплопроводности из внутренней среды) [31, 33] могут стать наиболее предпочтительным и эффективным способом борьбы с перегревом работников, но при соответствии таких СИЗ требованиям безопасности на предприятиях.

Ещё одним способом обеспечения оптимального или допустимого теплового состояния человека может быть регламентация периодов работы в неблагоприятном микроклимате и отдыха в помещении с его оптимальными параметрами. Если температура воздуха равна 28,5°C, рекомендуется сокращать продолжительность рабочего дня на один час. При росте температуры воздуха до 29 °C продолжительность непрерывной работы следует сократить на два часа, а при температуре 30,5 °C – на четыре часа. Не рекомендуется проведение работ на открытом воздухе при его температуре 32,5°C. Следует изменить порядок рабочего дня, перенося такие работы на утренние или вечерние часы. При экстренно-срочных работах на открытом воздухе и температуре 32,5°C и выше продолжительность периодов непрерывной работы должна составлять 15-20 минут с последующей продолжительностью отдыха не менее 10-12 минут. При этом общая допустимая продолжительность воздействия термической нагрузки в течение рабочей смены не должна превышать 4-5 часов для работников, использующих специальную одежду, защищающую от теплового излучения, и 1,5-2 часа – для тех, кто такой одежды не применяет².

Выполнение трудовой деятельности в условиях нагревающего микроклимата напрямую связано с обильным потоотделением и повышением утраты жидкости через дыхательные пути [36]. Для сохранения здоровья и работоспособности необходимо восполнять потери жидкости, солей, микроэлементов и витаминов, которые выводятся с потом чтобы предотвратить нарушение водного баланса и электролитов организма при повышенной температуре воздуха. В человеческом поте содержатся соли калия, натрия, фосфора, кальция, микроэлементы, такие как железо, магний, медь, цинк и йод, а также витамины [8, 37, 38]. Несмотря на значительную потерю натрия и хлора с потом, увеличивать потребление поваренной соли не требуется, так как организм способен реабсорбировать часть этих веществ [39] и, в среднем, потребление человеком соли довольно велико [3, 40]. Необходимо также учитывать, что организм адаптируется к жаркому климату,

² Информация Роспотребнадзора от 28.06.2022 "О рекомендациях для работающих в условиях повышенных температур воздуха"

и это отражается на составе пота – у акклиматизированных лиц в нём меньше микроэлементов, чем у неакклиматизированных [3, 41, 42].

Современная пищевая промышленность производит напитки, содержащие витаминно-минеральный комплекс, предназначенный для восстановления водно-солевого баланса, устранения дефицита витаминов, поддержки иммунной системы, а также для нормализации работы сердечно-сосудистой и нервной систем и обмена веществ, что способствует повышению тонуса организма [43]. Для сохранения здоровья и работоспособности, а также поддержания иммунитета рекомендуется употреблять разнообразные напитки, богатые полезными веществами: чай, минеральную воду, изотонические или витаминизированные напитки, или содержащие умеренное количество органических кислот (лимонной, пировиноградной, аскорбиновой, молочной, янтарной). Также могут быть полезны фруктовые и ягодные отвары, морсы, компоты, натуральные соки без сахара, настой шиповника и молочнокислые продукты (обезжиренное молоко, пахта, сыворотка), которые содержат микроэлементы, витамины и необходимые минералы [44-46]. Согласно исследованиям, сладкие напитки, включая газированные воды и соки, не только не утоляют жажду, но и могут её усиливать. Кроме того, высокое содержание сахара в них способствует повышению температуры тела [47-49]. Не рекомендуется также употреблять дистиллированную или деионизированную воду [50]. Не следует принимать кофе и кофейные напитки для регидратации: он не только выводит жидкость из организма, но и создает дополнительную нагрузку на сердечно-сосудистую систему [51]. Употребление алкогольных напитков полностью недопустимо [52]. Для лучшего восполнения витаминов, минералов и микроэлементов, стоит разнообразить свой питьевой режим. Однако, особенно в жаркую погоду, лучше пить воду или любой прохладительный напиток, чем оставаться без жидкости вообще. Устройства питьевого обеспечения должны быть максимально приближены к рабочим местам. Питьевой режим должен быть регулярным, но не обильным, чтобы поддерживать гидратацию организма на физиологическом уровне. При этом рекомендуемая температура питьевой жидкости должна быть $+10-15^{\circ}\text{C}^2$. В условиях жары или нагревающего микроклимата при составлении пищевых рационов для работников рекомендуется выбирать лёгкие и водянистые продукты (плодоовощную продукцию, ягоды, зелень). Для обеспечения питания в условиях жаркой погоды подойдут: холодные супы, нежирное мясо, яйца, рыба и морепродукты [53].

В условиях нагревающего микроклимата работа организма, направленная на поддержание температурного гомеостаза, требует значительных усилий от различных систем³. Для своевременного выявления нарушений здоровья работников и принятия необходимых мер по профилактике и их лечению необходим регулярный медицинский контроль соответствующими специалистами (периодический медицинский осмотр) особенно тех групп, кто находится в группе повышенного риска³. При выполнении работ, характеризующихся существенным тепловым воздействием на организм человека (повышенная температура воздуха, интенсивная физическая активность, применение спецодежды с ограниченной воздухопроницаемостью), способным вызвать повышение температуры тела выше допустимых значений, обязательным является осуществление медицинского контроля за состоянием здоровья работников в течение всего рабочего времени⁴. Однако по-прежнему мониторинг температурных параметров и оценка функциональной готовности персонала на рабочих местах с принятием соответствующих мер служат действенным инструментом для контроля рисков и сохранения здоровья и трудового долголетия человека.

Заключение. Проблема защиты здоровья работников от негативного воздействия меняющегося климата, в особенности в южных регионах Российской Федерации – важная задача в области медицины, биологии и социальной сферы. В условиях нагревающего климата поддержание нормальной температуры тела требует не только внутренних резервов организма, но и применения индивидуальных и коллективных средств защиты.

Колебания температуры, уровня относительной влажности и скорости движения воздуха, и связанными с ними эффекты (волны жары и холода, засухи, лесные пожары и наводнения, распространение инфекционных заболеваний, и, как следствие, вынужденная миграция) обуславливают необходимость научно обоснованных мероприятий по защите населения от негативных последствий изменения климата.

³ Приказ Минздрава РФ от 28.01.2021 N 29Н "Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, Перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры"

⁴ Гигиена труда. Средства коллективной и индивидуальной защиты. Режимы труда и отдыха работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года. Методические рекомендации. МР 2.2.8.0017-10 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 28.12.2010)

В целях обеспечения нормального функционирования организма, сохранения здоровья и хорошего самочувствия работников, при решении практических вопросов, связанных с научной разработкой и применением профилактических мер необходимы:

- разработка рациональных комплектов СИЗ и безопасной продолжительности работ в нагревающей среде на основании математического моделирования. Модели учитывают влияние климатических факторов, свойств материалов СИЗ, физической активности, а также индивидуальные особенности теплового и функционального состояния организма мужчин и женщин;
- мониторинг динамики функционального состояния работников в связи с воздействием неблагоприятных климатических факторов, интенсивности труда и эффективности используемых СИЗ;
- проведение периодических медицинских осмотров работников, занятых на производствах, расположенных на территориях с экстремальными условиями климата с привлечением специалистов с высоким уровнем квалификации;
- восстановление нарушения водно-электролитного обмена, обусловленного повышенным потоотделением в организме в условиях нагревающей среды, потреблением жидкости, электролитов, микроэлементов и витаминов;
- подготовка рекомендаций по организации питания, которое будет соответствовать энергетическим затратам и содержать необходимое количество витаминов и минеральных веществ.

Участие авторов:

Лосик Т.К. – дизайн исследования, сбор материала, написание текста, редактирование;

Конюхов А.В. – сбор материала, написание текста, редактирование, работа с литературными источниками.

Author contributions:

Tatiana K. Losik – the concept and design of the study, collection and processing of material, writing a text, editing;

Alexey V. Konyuhov – collection and processing of material, writing a text, editing, work with literary sources.

Список литературы:

1. Гулёв С.К., Катцов В.М., Соломина О.Н. Глобальное потепление продолжается. *Вестник Российской академии наук*. 2008;78(1): 20-27.
2. Houghton J. Global warming. *Reports on Progress in Physics*. 2005;68(6): 1343. doi: 10.1088/0034-4885/68/6/R02
3. Оганесян В.В. Климатические изменения как факторы риска для экономики России. *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2019;(3): 161-184.
4. Moore TG. Global warming: The good, the bad, the ugly and the efficient. *EMBO Reports*. 2008;9(S1): S41-S45. doi: 10.1038/embor.2008.53
5. Васильев Д.Ю., Семенов В.А., Чибилев А.А. Климатические изменения температурного режима на территории России в XX-начале XXI века. *География и природные ресурсы*. 2023;44(2): 15.
6. Mendelsohn R, Dinar A, Williams L. The distributional impact of climate change on rich and poor countries. *Environ Dev Econ*. 2006;11(2): 159-178. doi: 10.1017/S1355770X05002755
7. Афанасьева Р.Ф. Тепловая нагрузка среды и её влияние на организм. В кн.: Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Профессиональный риск для здоровья работников. М.: Тривант; 2003. С. 149-156.
8. Cocco A, et al. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments: DHHS (NIOSH) Publication; 2016 Feb. Publication Number 2016-106.
9. Ali MB, Hahn EJ, Paek KY. Effects of temperature on oxidative stress defense systems, lipid peroxidation and lipoxygenase activity in *Phalaenopsis*. *Plant Physiol Biochem*. 2005;43(3): 213-223. doi: 10.1016/j.plaphy.2005.01.007
10. Burtscher M, Gatterer H, Burtscher J, et al. Extreme terrestrial environments: life in thermal stress and hypoxia. A narrative review. *Front Physiol*. 2018;9: 572. doi: 10.3389/fphys.2018.00572
11. Афанасьева Р.Ф., Антонов А.Г., Лосик Т.К., и др. Об адекватной оценке нагревающего микроклимата при использовании работающими спецодежды, ухудшающих их тепловое состояние. *Медицина труда и промышленная экология*. 2005;(4): 8.
12. Davey SL, Lee BJ, Robbins T, et al. Heat stress and PPE during COVID-19: impact on healthcare workers' performance, safety and well-being in NHS settings. *Journal of Hospital Infection*. 2021;108: 185–188. doi: 10.1016/j.jhin.2020.11.027

13. Renberg J, Lignier MJ, Wiggen ØN, et al. Heat tolerance during uncompensable heat stress in men and women wearing firefighter personal protective equipment. *Applied Ergonomics*. 2022;101: 103702. doi: 10.1016/j.apergo.2022.103702
14. Potter AW, Gonzalez JA, Xu X. Ebola response: modeling the risk of heat stress from personal protective clothing. *PLoS ONE*. 2015;10(11): e0143461. doi: 10.1371/journal.pone.0143461
15. Kim DH, Lee JY. Heat strain while wearing pesticide protective clothing in hot environments: effects of textile physical properties and ambient humidity. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2023;93: 103388. doi: 10.1016/j.ergon.2022.103388
16. Dolez PI, Marsha S, McQueen RH. Fibers and textiles for personal protective equipment: review of recent progress and perspectives on future developments. *Textiles*. 2022;2(2): 349–381. doi: 10.3390/textiles2020020
17. Lin YC, Yeh YT, Chen CP. Thermoregulation in response to heat stress arising from wearing chemical protective clothing when performing cleaning and disinfection. *ISEE Conf Abstract*. 2024;2024(1).
18. Афанасьева Р.Ф., Лосик Т.К., Бессонова Н.А., и др. Прогнозирование влияния гигиенических свойств материалов спецодежды на функциональное состояние работающих в нагревающей среде. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015;(9): 27-27.
19. Афанасьева Р.Ф., Прокопенко Л.В., Бессонова Н.А., и др. Влияние некоторых показателей теплофизических свойств материалов спецодежды на тепловое состояние работающих в нагревающей среде. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015;(9): 28-28.
20. Смирнов А.А. Влияние высоких температур и влажности воздуха на скорость перегревания организма человека. *Гигиена и Санитария*. 1961;(10): 20-23.
21. Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Шупорин Е.С. Физиолого-гигиеническое обоснование разработки методики оценки спецодежды для защиты работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019;59(12): 1013-1019.
22. Коринтели А.М., Черунова И.В. Разработка и Исследование Вентилируемой Термостойкой Одежды. *Костюмология*. 2020;5(1): 18-18.
23. Zhao M, Gao C, Wang F, et al. A study on local cooling of garments with ventilation fans and openings placed at different torso sites. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2013;43(3): 232-237. doi: 10.1016/j.ergon.2013.01.001
24. Ruckman JE, Murray R, Choi HS. Engineering of clothing systems for improved thermophysiological comfort: the effect of openings. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1999;11(1): 37 52. doi: 10.1108/09556229910258098

25. Ho C, Fan J, Newton E, et al. The effect of added fullness and ventilation holes in T shirt design on thermal comfort. *Ergonomics*. 2011;54(4): 403-410. doi: 10.1080/00140139.2011.556260
26. Pascoe DD, Shanley LA, Smith EW. Clothing and exercise: I. Biophysics of heat transfer between the individual, clothing and environment. *Sports Medicine*. 1994;18(1): 38-54. doi: 10.2165/00007256-199418010-00005
27. Lundgren K, Kuklane K, Gao C., et al. Effects of heat stress on working populations when facing climate change. *Industrial Health*. 2013;51(1): 3-15. doi: 10.2486/indhealth.2012-0089
28. Буронова С.Т. Физиологические Особенности Женского Организма. *Экономика и Социум*. 2022;2-1(93): 223-225.
29. Искандаров А.Б. Характеристика Показателей Терморегуляции У Работниц Трикотажных Производств. *Медицинские Новости*. 2019;8(299): 79-80.
30. Fernández Peña C, Reimúndez A, Viana F, et al. Sex differences in thermoregulation in mammals: implications for energy homeostasis. *Frontiers in Endocrinology*. 2023;14: 1093376. doi: 10.3389/fendo.2023.1093376
31. Lou L., Zhou Y., Yan Y., et al. Wearable cooling and dehumidifying system for personal protective equipment (PPE). *Energy and Buildings*. 2022;276: 112510. doi: 10.1016/j.enbuild.2022.112510
32. Fadaei A. Ventilation systems and COVID-19 spread: evidence from a systematic review study. *European Journal of Sustainable Development Research*. 2021;5(2): 1-7. doi: 10.21601/ejosdr/10845
33. Lu Y, Wei F, Lai D, et al. A novel personal cooling system (PCS) incorporated with phase change materials (PCMs) and ventilation fans: an investigation on its cooling efficiency. *Journal of thermal biology*. 2015;52: 137-146. doi: 10.1016/j.jtherbio.2015.07.002
34. Bartkowiak G, Dąbrowska A, Marszałek A. Assessment of the human responses to the influence of personal liquid cooling system in the hot environment. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2014;26(2): 145-163. doi: 10.1108/IJCST-03-2013-0024
35. Nag PK, Pradhan CK, Nag A. et al. Efficacy of a water-cooled garment for auxiliary body cooling in heat. *Ergonomics*. 1998;41(2): 179-187. doi: 10.1080/001401398187233
36. McFadden Jr ER. Respiratory heat and water exchange: physiological and clinical implications. *Journal of Applied Physiology*. 1983;54(2): 331-336. doi: 10.1152/jappl.1983.54.2.331

37. Montain SJ, Cheuvront SN, Lukaski HC. Sweat mineral-element responses during 7 h of exercise-heat stress. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2007;17(6): 574-582. doi: 10.1123/ijsnem.17.6.574
38. Cornbleet T, Kirch ER, Bergeim O, et al. Excretion of thiamine, riboflavin, niacin and pantothenic acid in human sweat. *Journal of the American Medical Association*. 1943;122(7): 426-429. doi: 10.1001/jama.1943.02840240016006
39. Baker LB. Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. *Temperature*. 2019;6(3): 211-259. doi: 10.1080/23328940.2019.1632145
40. Ekmekcioglu C, Blasche G, Dorner TE. Too much salt and how we can get rid of it. *Forschende Komplementärmedizin/Research in Complementary Medicine*. 2013;20(6): 454-460. doi: 10.1159/000357413
41. Omokhodion FO, Howard JM. Trace elements in the sweat of acclimatized persons. *Clinica Chimica Acta*. 1994;231(1): 23-28. doi: 10.1016/0009-8981(94)90250-X
42. Chinevere TD, Kenefick RW, Cheuvront SN, et al. Effect of heat acclimation on sweat minerals. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(5): 886-891. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181641c04
43. Токаев Э.С., Баженова Е.Н. Обзор Современного Рынка Функциональных Напитков. *Пиво и Напитки*. 2007;(4): 4-8.
44. Burke LM. Nutritional needs for exercise in the heat. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2001;128(4): 735-748. doi: 10.1016/s1095-6433(01)00279-3
45. Shirreffs SM, Aragón Vargas LF, Keil M, et al. Rehydration after exercise in the heat: a comparison of 4 commonly used drinks. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2007;17(3): 244-258. doi: 10.1123/ijsnem.17.3.244
46. Забодалова Л.А., Сучкова Е.П., Петров Д.А., и др. Разработка Комплексных Кисломолочных Напитков Для Спортивного Питания. Часть 2. *Вестник Международной Академии Холода*. 2019;(3): 59-66.
47. McEwan JA, Colwill JS. The sensory assessment of the thirst-quenching characteristics of drinks. *Food Quality and Preference*. 1996;7(2): 101-111. doi: 10.1016/0950-3293(95)00042-9
48. Benelam B, Wyness L. Hydration and health: a review. *Nutrition Bulletin*. 2010;35(1): 3-25. doi: 10.1111/j.1467-3010.2009.01795.x
49. Misra V, Shrivastava AK, Shukla SP, et al. Effect of sugar intake towards human health. *Saudi Journal of Medicine*. 2016;1(2): 29-36. doi: 10.36348/sjm.2016.v01i02.002
50. Kozisek F. Health risks from drinking demineralised water. *Nutrients in drinking water*. 2005;1(1): 148-163.

51. Zhang Y, Coca A, Casa DJ, et al. Caffeine and diuresis during rest and exercise: A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*. 2015;18(5): 569-574. doi: 10.1016/j.jsams.2014.07.017

52. Inenaga K, Ono K., Hitomi S, et al. Thirst sensation and oral dryness following alcohol intake. *Japanese Dental Science Review*. 2017;53(3): 78-85. doi: 10.1016/j.jdsr.2016.12.001

References:

1. Gulev S.K., Katcov V.M., Solomina O.N. Global warming continues. *Vestnik RAN*. 2008; 78(1): 20–27. (in Russ.)

2. Houghton J. Global warming. *Reports on Progress in Physics*. 2005;68(6): 1343 doi: 10.1088/0034-4885/68/6/R02

3. Oganessian V.V. Climate change as a risk factor for the Russian economy. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*. 2019;373(3): 161–184. (in Russ.)

4. Moore TG. Global warming: The good, the bad, the ugly and the efficient. *EMBO Reports*. 2008;9(S1): S41-S45 doi: 10.1038/embo.2008.53

5. Vasil'ev D.Yu., Semenov V.A., Chibilev A.A. Climatic changes of the temperature regime on the territory of Russia in the 20th–early 21st centuries. *Geography and Natural Resources*. 2023;44(2): 15. (in Russ.) doi: 10.15372/GIPR20230202

6. Mendelsohn R, Dinar A, Williams L. The distributional impact of climate change on rich and poor countries. *Environ Dev Econ*. 2006;11(2): 159-178. doi: 10.1017/S1355770X05002755

7. Afanasyeva R.F. Heat load of the environment and its effect on the body. In: Izmerov N.F., Denisov E.I., eds. *Occupational Health Risk for Employees [Professional'nyy risk dlya zdorov'ya rabotnikov]*. Moscow: Trovant; 2003: 149–156. (in Russ.)

8. Coco A, et al. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments: DHHS (NIOSH) Publication; 2016 Feb. Publication Number 2016-106.

9. Ali MB, Hahn EJ, Paek KY. Effects of temperature on oxidative stress defense systems, lipid peroxidation and lipoxygenase activity in *Phalaenopsis*. *Plant Physiol Biochem*. 2005;43(3): 213-223. doi: 10.1016/j.plaphy.2005.01.007

10. Burtcher M, Gatterer H, Burtcher J, et al. Extreme terrestrial environments: life in thermal stress and hypoxia. A narrative review. *Front Physiol*. 2018;9: 572. doi: 10.3389/fphys.2018.00572

11. Afanasyeva R.F., Antonov A.G., Losik T.K., et al. Adequate evaluation of heating microclimate in workers' using special overalls worsening their heat state. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2005;4: 8. (in Russ.)

12. Davey S.L., Lee B.J., Robbins T., et al. Heat stress and PPE during COVID-19: impact on healthcare workers' performance, safety and well-being in NHS settings. *Journal of Hospital Infection*. 2021;108: 185–188. doi: 10.1016/j.jhin.2020.11.027
13. Renberg J, Lignier MJ, Wiggen ØN, et al. Heat tolerance during uncompensable heat stress in men and women wearing firefighter personal protective equipment. *Applied Ergonomics*. 2022;101: 103702. doi: 10.1016/j.apergo.2022.103702
14. Potter AW, Gonzalez JA, Xu X. Ebola response: modeling the risk of heat stress from personal protective clothing. *PLoS ONE*. 2015;10(11): e0143461. doi: 10.1371/journal.pone.0143461
15. Kim DH, Lee JY. Heat strain while wearing pesticide protective clothing in hot environments: effects of textile physical properties and ambient humidity. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2023;93: 103388. doi: 10.1016/j.ergon.2022.103388
16. Dolez PI, Marsha S, McQueen RH. Fibers and textiles for personal protective equipment: review of recent progress and perspectives on future developments. *Textiles*. 2022;2(2): 349–381. doi: 10.3390/textiles2020020
17. Lin YC, Yeh YT, Chen CP. Thermoregulation in response to heat stress arising from wearing chemical protective clothing when performing cleaning and disinfection. *ISEE Conf Abstract*. 2024;2024(1).
18. Afanasyeva R.F., Losik T.K., Bessonova N.A., et al. Forecasting the effect of workwear materials hygienic properties on a human's functional state in hot environment. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015;(9): 27-27. (in Russ.)
19. Afanasyeva R.F., Prokopenko L.V., Bessonova N.A., et al. The effects of some thermal-physical properties of workwear materials on the heat state of workers in hot environment. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015;(9): 27-28. (in Russ.)
20. Smirnov A.A. The effect of high temperature and air humidity on the rate of the human body overheating. *Hygiene and sanitation*. 1961;(10): 20-23. (in Russ.)
21. Burmistrova O.V., Losik T.K., Shuporin E.S. Physiological and hygienic substantiation of development of a technique of an estimation of overalls for protection working in the heating environment on indicators of a thermal condition. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2019;(12): 1013-1019. (in Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019
22. Korinteli A.M., Cherunova I.V. Development and research of ventilated heat-resistant clothing. *Journal of Clothing Science*. 2020;5(1): 18. (in Russ.)
23. Zhao M, Gao C, Wang F, et al. A study on local cooling of garments with ventilation fans and openings placed at different torso sites. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2013;43(3): 232-237. doi: 10.1016/j.ergon.2013.01.001

24. Ruckman JE, Murray R, Choi HS. Engineering of clothing systems for improved thermophysiological comfort: the effect of openings. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1999;11(1): 37-52. doi: 10.1108/09556229910258098
25. Ho C, Fan J, Newton E, et al. The effect of added fullness and ventilation holes in T shirt design on thermal comfort. *Ergonomics*. 2011;54(4): 403-410. doi: 10.1080/00140139.2011.556260
26. Pascoe DD, Shanley LA, Smith EW. Clothing and exercise: I. Biophysics of heat transfer between the individual, clothing and environment. *Sports Medicine*. 1994;18(1): 38-54. doi: 10.2165/00007256-199418010-00005
27. Lundgren K, Kuklane K, Gao C, et al. Effects of heat stress on working populations when facing climate change. *Industrial Health*. 2013;51(1): 3-15. doi: 10.2486/indhealth.2012-0089
28. Buronova S.T. Physiological features of the female body. *Economy and society*. 2022;2-1(93): 223-225. (in Russ.)
29. Iskandarov A.B. Characteristic of indicators of thermal control at workers of knitted productions. *Meditinskije novosti*. 2019;8(299): 79-80. (in Russ.)
30. Fernández Peña C, Reimúndez A, Viana F, et al. Sex differences in thermoregulation in mammals: implications for energy homeostasis. *Frontiers in Endocrinology*. 2023;14: 1093376. doi: 10.3389/fendo.2023.1093376
31. Lou L, Zhou Y, Yan Y, et al. Wearable cooling and dehumidifying system for personal protective equipment (PPE). *Energy and Buildings*. 2022;276: 112510. doi: 10.1016/j.enbuild.2022.112510
32. Fadaei A. Ventilation systems and COVID-19 spread: evidence from a systematic review study. *European Journal of Sustainable Development Research*. 2021;5(2): 1-7. doi: 10.21601/ejosdr/10845
33. Lu Y, Wei F, Lai D, et al. A novel personal cooling system (PCS) incorporated with phase change materials (PCMs) and ventilation fans: an investigation on its cooling efficiency. *Journal of thermal biology*. 2015;52: 137-146. doi: 10.1016/j.jtherbio.2015.07.002
34. Bartkowiak G, Dąbrowska A, Marszałek A. Assessment of the human responses to the influence of personal liquid cooling system in the hot environment. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2014;26(2): 145-163. doi: 10.1108/IJCST-03-2013-0024
35. Nag PK, Pradhan CK, Nag A, et al. Efficacy of a water-cooled garment for auxiliary body cooling in heat. *Ergonomics*. 1998;41(2): 179-187. doi: 10.1080/001401398187233

36. McFadden Jr ER. Respiratory heat and water exchange: physiological and clinical implications. *Journal of Applied Physiology*. 1983;54(2): 331-336. doi: 10.1152/jappl.1983.54.2.331
37. Montain SJ, Cheuvront SN, Lukaski HC. Sweat mineral-element responses during 7 h of exercise-heat stress. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2007;17(6): 574-582. doi: 10.1123/ijsnem.17.6.574
38. Cornbleet T, Kirch ER, Bergeim O, et al. Excretion of thiamine, riboflavin, niacin and pantothenic acid in human sweat. *Journal of the American Medical Association*. 1943;122(7): 426-429. doi: 10.1001/jama.1943.02840240016006
39. Baker LB. Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. *Temperature*. 2019;6(3): 211-259. doi: 10.1080/23328940.2019.1632145
40. Ekmekcioglu C, Blasche G, Dorner TE. Too much salt and how we can get rid of it. *Forschende Komplementärmedizin/Research in Complementary Medicine*. 2013;20(6): 454-460. doi: 10.1159/000357413
41. Omokhodion FO, Howard JM. Trace elements in the sweat of acclimatized persons. *Clinica Chimica Acta*. 1994;231(1): 23-28. doi: 10.1016/0009-8981(94)90250-X
42. Chinevere T.D., Kenefick R.W., Cheuvront S.N., et al. Effect of heat acclimation on sweat minerals. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(5): 886-891. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181641c04
43. Tokaev E.S., Bazhenova E.N. Review of the modern market of functional drinks. *Beer and beverages*. 2007;(4): 4-8. (in Russ.)
44. Burke LM. Nutritional needs for exercise in the heat. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2001;128(4): 735-748. doi: 10.1016/s1095-6433(01)00279-3
45. Shirreffs SM, Aragón Vargas LF, Keil M, et al. Rehydration after exercise in the heat: a comparison of 4 commonly used drinks. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2007;17(3): 244-258. doi: 10.1123/ijsnem.17.3.244
46. Zabodalova L.A., Suchkova E.P., Petrov D.A., et al. Development of complex acid and milk drinks for sports food. Part 2. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019;(3): 59-66 (in Russ.) doi: 10.17586/1606-4313-2019-18-2-55-61
47. McEwan JA, Colwill JS. The sensory assessment of the thirst-quenching characteristics of drinks. *Food Quality and Preference*. 1996;7(2): 101-111. doi: 10.1016/0950-3293(95)00042-9
48. Benelam B, Wyness L. Hydration and health: a review. *Nutrition Bulletin*. 2010;35(1): 3-25. doi:10.1111/j.1467-3010.2009.01795.x

49. Misra V, Shrivastava AK, Shukla SP, et al. Effect of sugar intake towards human health. *Saudi Journal of Medicine*. 2016;1(2): 29-36. doi: 10.36348/sjm.2016.v01i02.002
50. Kozisek F. Health risks from drinking demineralised water. *Nutrients in drinking water*. 2005;1(1): 148-163.
51. Zhang Y, Coca A, Casa DJ, et al. Caffeine and diuresis during rest and exercise: A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*. 2015;18(5): 569-574. doi: 10.1016/j.jsams.2014.07.017
52. Inenaga K, Ono K, Hitomi S, et al. Thirst sensation and oral dryness following alcohol intake. *Japanese Dental Science Review*. 2017;53(3): 78-85. doi: 10.1016/j.jdsr.2016.12.001

Информация об авторах:

Лосик Татьяна Константиновна – д.б.н., в.н.с. лаборатории средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова»

Конюхов Алексей Владимирович – к.м.н., врач-эпидемиолог, ст.н.с. лаборатории средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова»

Information about author:

Tatiana K. Losik – Doctor of Sciences (Biology), leading researcher Laboratories of personal protective equipment and industrial exoskeletons of the Izmerov Research Institute of Occupational Health, <https://orcid.org/0000-0001-7372-0963>

Alexey V. Konyuhov – Phd (Medicine), doctor epidemiologist, senior Researcher Laboratories of personal protective equipment and industrial exoskeletons of the Izmerov Research Institute of Occupational Health, <https://orcid.org/0000-0003-0281-6903>

Поступила/Received: 06.08.2026

Принята в печать/Accepted: 14.09.2026