

Читать
онлайн
Read
online

Сетко А.Г., Русаков В.Н.

Особенности организации питания лиц, работающих в условиях нагревающего микроклимата (обзор литературы)

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В статье рассматриваются особенности питания лиц, работающих в условиях нагревающего микроклимата, влияние высоких температур на физиологические функции организма, энергетический обмен и водно-электролитный баланс. Анализируются современные научные данные о роли макро- и микронутриентов, а также стратегии восполнения физиологических потребностей для сохранения здоровья и поддержания работоспособности.

Цель исследования — изучить физиологическую потребность в нутриентах и гидратации при работе в условиях нагревающего микроклимата, разработать рекомендации по оптимизации рациона для сохранения здоровья и поддержания работоспособности. Проведён систематический обзор публикаций, размещённых на информационных порталах eLIBRARY.ru, Science Direct, PubMed, на русском и английском языках о влиянии высоких температур на организм человека, энергетический обмен и водно-электролитный баланс. Использованы данные о роли макро- и микронутриентов в питании в условиях нагревающего микроклимата и стратегиях гидратации, полученные ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора при проведении соответствующих исследований. Установлено, что в условиях нагревающего микроклимата катаболизм смещается в сторону углеводного обмена, а потеря жидкости и электролитов требует контроля гидратации.

Заключение. Анализ литературных источников и результатов научных исследований, проведённых в ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, позволил обосновать принципы и рекомендации по разработке рациона, адаптированного к условиям нагревающего микроклимата, для поддержания оптимального уровня гидратации и обеспечения работающих необходимыми питательными веществами. В рационе должны присутствовать легкоусвояемые углеводы, белки и жиры в умеренном количестве, а также витамины и минералы. Разработаны рекомендации по составлению рациона и режиму питания при работе в условиях нагревающего микроклимата.

Ключевые слова: обзор; работа в условиях нагревающего микроклимата; гидратация; электролиты; питание; работоспособность; энергетический обмен; условия труда; микронутриенты

Для цитирования: Сетко А.Г., Русаков В.Н. Особенности организации питания лиц, работающих в условиях нагревающего микроклимата (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2025; 104(10): 1334–1340. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-10-1334-1340> <https://elibrary.ru/uajnft>

Для корреспонденции: Русаков Владимир Николаевич, e-mail: vladrus2005@gmail.com

Участие авторов: Сетко А.Г. — концепция и подготовка обзора, написание текста; Русаков В.Н. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 04.08.2025 / Принята к печати: 15.10.2025 / Опубликовано: 14.11.2025

Andrey G. Setko, Vladimir N. Rusakov

Features of the management of nutrition in persons working in conditions of a heating microclimate (literature review)

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, 141014, Mytishchi, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The article discusses the nutritional features when working in a heating microclimate, including the effect of high temperatures on the physiological functions of the body, energy metabolism, and water-electrolyte balance. Modern scientific data on the role of macro- and micronutrients, as well as strategies for replenishing physiological needs to maintain performance and health are analyzed.

The purpose of the study. To study the physiological needs for nutrients and hydration when working in a heating microclimate and develop recommendations for optimizing the diet to maintain performance and health.

A systematic scientific review of studies in Russian and English was conducted using the information portals eLIBRARY.ru, Science Direct, PubMed, including studies of the effect of high temperatures on the human body, energy metabolism, and water-electrolyte balance. The data from studies conducted at the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman on the role of macro- and micronutrients in nutrition in a heating microclimate, as well as hydration strategies, were used. It has been established that in conditions of a heating microclimate, energy metabolism shifts towards carbohydrate metabolism, and the loss of fluid and electrolytes requires increased attention to hydration.

Conclusion. The conducted analysis of literary sources and materials of scientific research conducted at the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman allowed substantiating the principles and recommendations for the development of a diet adapted to the conditions of a heating microclimate to maintain an optimal level of hydration and provide the body of workers with the necessary nutrients. The optimal diet should include easily digestible carbohydrates, a moderate amount of protein and fats, as well as vitamins and minerals. Recommendations have been developed for compiling a diet and a nutritional regimen when working in conditions of a heating microclimate.

Keywords: work in hot climates; hot climates; heat stress; hydration; work in conditions of a heating microclimate; nutrition; energy metabolism; review

For citation: Setko A.G., Rusakov V.N. Features of the management of nutrition in persons working in conditions of a heating microclimate (literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2025; 104(10): 1334–1340. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-10-1334-1340> <https://elibrary.ru/uajnft> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir N. Rusakov, e-mail: vladrus2005@gmail.com

Contribution: Setko A.G. — concept and design of the review, writing the text; Rusakov V.N. — collection and processing of material, writing the text; editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: August 4, 2025 / Accepted: October 15, 2025 / Published: November 14, 2025

Введение

Влияние нагревающего микроклимата на здоровье и работоспособность человека является важной проблемой, особенно в контексте трудовой деятельности. Глобальная тенденция к повышению температур, в том числе на рабочих местах, приводит к тому, что воздействию этого вредного фактора подвергается всё больше людей [1, 2]. Возникающий тепловой стресс может значительно ухудшать физическое состояние, повышать риск несчастных случаев и снижать производительность труда [3]. В связи с этим разработка научно обоснованных рекомендаций по питанию лиц, работающих в условиях жаркого климата, приобретает особую актуальность. Адекватное питание и гидратация играют ключевую роль в адаптации организма к высоким температурам, поддержании водно-электролитного баланса и сохранении физической работоспособности [4, 5]. Физическая работа в жару приводит к развитию теплового стресса. Система терморегуляции человека быстро реагирует на тепловую нагрузку посредством поведенческих и физиологических изменений для поддержания температуры тела в узком диапазоне (35–41°C) [1].

Цель исследования — изучить особенности физиологических потребностей в нутриентах и гидратации при работе в условиях нагревающего микроклимата и разработать рекомендации по оптимизации рациона для сохранения здоровья и поддержания работоспособности. Выполнен систематический обзор публикаций, размещённых на информационных порталах eLIBRARY.ru, Science Direct, PubMed, на русском и английском языках о влиянии высоких температур на организм человека, энергетический обмен и водно-электролитный баланс. Используются данные о роли макро- и микронутриентов в питании в условиях нагревающего микроклимата и стратегиях гидратации, полученные ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора при проведении соответствующих исследований.

К нагревающему микроклимату относится сочетание параметров (температура, влажность воздуха, скорость его движения, относительная влажность, тепловое излучение), при котором происходит нарушение теплообмена человека с окружающей средой, выражающееся в накоплении тепла в организме выше верхней границы оптимальной величины (более 0,87 кДж/кг) и (или) увеличении доли потерь тепла испарением пота (более 30%) в общей структуре теплового баланса, появлении общих или локальных дискомфортных теплоощущений (слегка тепло, тепло, жарко) [1]. Многие рабочие места характеризуются вредными условиями труда из-за нагревающего микроклимата, что представляет значительную угрозу здоровью продуктивности работников. Согласно данным (Kjellstrom T. и соавт., 2019), производительность труда снижается пропорционально росту температуры окружающей среды: при плюс 30°C — снижение на 10%, при плюс 38°C — до 50% [2]. В отраслях, где труд связан с физической активностью на открытом воздухе (открытые горные работы, строительство, сельское хозяйство и др.), риски снижения производительности труда наиболее значимы. В особенно жарких регионах мира локальная потеря трудоспособности (или производительности труда) в дневное рабочее время составляет до 10% [3].

В результате поиска научной литературы нами установлен заметный дефицит исследований, посвящённых физиологическим реакциям и особенностям питания лиц, работающих в условиях нагревающего микроклимата. Многие публикации отражают эти аспекты применительно к естественному жаркому климату или экстремальным тепловым воздействиям, однако специфика постоянного или циклического нагревающего микроклимата на рабочих местах изучена недостаточно. В настоящем обзоре мы критически экстраполируем данные, полученные в жарком климате, на условия нагревающего микроклимата, указывая на сходство (базовые терморегуляторные механизмы, риск

дегидратации) и ключевые различия (возможность контроля параметров среды, продолжительность и предсказуемость воздействия, сопутствующие факторы — физическая нагрузка, спецодежда).

В естественной жаре организм акклиматизируется постепенно, а в производственных условиях происходит резкий вход в среду (например, сталелитейный цех). Это влияет на белковый обмен: исследования Périard J.D. и соавт. (2015) показывают разницу в катаболизме на 15–20% [6].

Сходство физиологических изменений и нутритивных потребностей при работе в жарком климате и нагревающим микроклимате заключается в повышенной потере жидкости. В обоих случаях усиливается потоотделение, что требует увеличения потребления воды. Дегидратация всего на 2% массы тела снижает работоспособность [4]. Терморегуляция при работе в жарком климате и нагревающим микроклимате повышает потребность в калориях на 10–20%, особенно за счёт углеводов, которые быстрее метаболизируются. В обоих случаях наблюдается подавление чувства голода, что повышает риск дефицита питательных веществ. При работе в жарком климате и в условиях нагревающего микроклимата развивается акклиматизация: увеличивается объём плазмы крови, снижается концентрация натрия в поте, улучшается терморегуляция. Этот процесс требует адекватного потребления жидкости и электролитов. Ключевое отличие от работы в жарком климате — затруднённое испарение пота в нагревающим микроклимате (например, при работе в защитной экипировке), что усиливает тепловую нагрузку.

Физиологические изменения в организме человека, возникающие при работе в условиях нагревающего микроклимата

Повышенная температура тела и чрезмерное потоотделение приводят к обезвоживанию и могут иметь несколько прямых или косвенных последствий для здоровья. К профессиональным рискам теплового воздействия в условиях высокой температуры окружающей среды и нагревающего микроклимата относятся как прямые (тепловые судороги, обмороки), так и косвенные (например, при управлении техникой снижение концентрации внимания увеличивает риск травм в результате ошибок), а также отсроченные эффекты (болезни системы кровообращения, хроническая усталость). Физиологическое напряжение перераспределённого кровотока, учащённое сердцебиение и обильное потоотделение из-за высокой температуры производственной среды, способное привести к обезвоживанию, влияют в первую очередь на сердечно-сосудистую систему [5]. В таких условиях механизмы теплоотдачи конвекцией и излучением резко сокращаются, и организм наоборот начинает получать тепло. Когда температура тела становится выше 39 °C, происходит прямое воздействие на функцию ЦНС: возникает спутанность или потеря сознания, следовательно, люди могут не предпринять вовремя превентивные меры.

Гипогидратация. В организме человека при работе в условиях нагревающего микроклимата в первую очередь развивается состояние гипогидратации, связанное с механизмом испарения, что проявляется в сильной жажде (обычно при потере 5–6% массы тела) [7, 8]. Основная теплоотдача (80–90%) в жаркой среде обеспечивается за счёт испарения пота, при этом каждый миллилитр испарившегося пота удаляет приблизительно 0,6 ккал тепловой энергии [6, 7]. Интенсивность потоотделения характеризуется значительной индивидуальной вариабельностью, достигая в экстремальных случаях двух литров в час при продолжительной работе. Этот показатель напрямую зависит от физической нагрузки, определяющей скорость теплообразования и степень гипогидратации [5]. Каждый литр испарившегося пота отводит около 580–600 ккал тепла, но для поддержания этого механизма охлаждения требуется дополнительное потребление 600–800 мл жидкости [2].

Даже незначительное обезвоживание (1% от массы тела) приводит к существенным физиологическим изменениям, таким как повышение частоты сердечных сокращений и утомляемость. При дефиците жидкости, составляющем 2–2,5% массы тела, наблюдается уменьшение интенсивности потоотделения и снижение кожного кровотока. Эти изменения приводят к нарушению терморегуляторной функции организма и значительному повышению риска развития теплового удара [7, 8]. К этому времени физическая работоспособность снижается. Тяжёлая гипогидратация может вызывать уменьшение объёма крови, увеличение осмоляльности плазмы и последующее снижение потоотделения и рассеивания тепла [9, 10].

Расход энергии. В условиях повышенной температуры энергетические затраты организма значительно возрастают за счёт необходимости одновременного выполнения работы и поддержания терморегуляции. Лишь 20–25% энергии, высвобождаемой при мышечной деятельности, преобразуется в полезную механическую работу, тогда как 75–80% выделяется в виде тепла, создавая дополнительную нагрузку на систему терморегуляции. Это обусловлено фундаментальными термодинамическими ограничениями эффективности мышечного сокращения, при этом выделение тепла становится особенно проблематичным в условиях жаркой среды [11–14].

Согласно данным, полученным Моого L.G. и соавт., суточная потребность в энергии у представителей профессий, связанных с физическим трудом, составляет в среднем 3900–4000 ккал/день для жаркой влажной среды и может достигать 4200 ккал/день (усреднённая величина при шестичасовом рабочем дне с двумя выходными днями в неделю) [15].

Терморегуляция организма. Для предотвращения перегрева организм активирует несколько механизмов охлаждения, среди которых основную роль (80–90%) играет испарение пота, требующее значительных энергетических затрат. Тепловое излучение (5–10% теплоотдачи) сохраняет свою эффективность лишь при температуре окружающей среды ниже плюс 35°C, в то время как конвекция и кондукция (5–10%) становятся практически неэффективными в жарких условиях из-за уменьшенного градиента температур между телом и средой [16]. Особую опасность представляет нарушение баланса теплопродукции и теплоотдачи. При интенсивной работе в нагревающем микроклимате скорость теплопродукции может достигать 900–1200 ккал/ч, а максимальная возможная скорость теплоотдачи у человека, не адаптированного к воздействию высоких температур, не превышает 600–800 ккал/ч. Это несоответствие приводит к прогрессирующему накоплению тепла в организме со скоростью 0,1–0,2°C в минуту, что при отсутствии своевременных мер охлаждения уже через 30–40 мин работы может вызвать тепловой удар, при котором температура тела повышается до 40–41°C [17–19].

Особенности белкового обмена. Пребывание человека в условиях повышенных температур приводит к значительной перестройке белкового метаболизма, что проявляется в интенсификации катаболических процессов белковых структур. Данный физиологический сдвиг подтверждается характерными изменениями биохимических показателей — возрастанием концентрации белковых фракций в плазме крови и повышенной экскрецией общего азота с потом и мочой. Особого внимания заслуживает термогенный эффект белковой пищи: при преобладании протеинов в рационе наблюдается усиление эндогенной теплопродукции на 30–40% [20, 21].

Особенности углеводного обмена. Во время работы в нагревающем микроклимате перераспределение притока крови к коже от жизненно важных органов и повышение температуры мышц, способствующее гликогенолизу, снижают скорость использования экзогенных углеводов [22]. Это подчёркивает важность адекватного потребления углеводов перед работой.

Особенности обмена витаминов. В условиях нагревающего микроклимата потребность организма в витаминах значительно изменяется, что связано с перестройкой процессов терморегуляции и метаболической адаптации. Особое внимание следует уделять водорастворимым витаминам, прежде всего группе B [23–25].

Не менее важен и витамин C (аскорбиновая кислота), который также частично выводится с потом. Его дефицит при недостаточном питании способен ослабить антиоксидантную защиту организма, и это особенно опасно в условиях повышенного окислительного стресса, характерного для нагревающего микроклимата [26]. Жирорастворимые витамины (A, D, E, K) демонстрируют иную картину метаболизма в условиях нагревающего микроклимата. Они практически не выводятся через потовые железы, однако их усвоение может ухудшаться по причине снижения потребления жирной пищи из-за подавления аппетита и нарушения процессов всасывания в кишечнике при значительном обезвоживании организма [26, 27].

Особенности электролитного обмена. Длительное воздействие высокой температуры (плюс 37,8°C в течение 7,5 ч ежедневно) приводит к значительным потерям микроэлементов через потоотделение: выводится 59% поступающего хрома, 45% меди, 42% цинка, 41% молибдена и 52% селена. Экскреция магния и железа остаётся незначительной, при этом с потом выделяется 11% кобальта и 16% йода от их общего поступления с пищей. Эти данные подчёркивают важность учёта изменений химического состава пота как маркера адаптационных процессов и необходимость корректировки рациона при работе в условиях повышенных температур [28, 29].

При тепловых нагрузках содержание электролитов существенно увеличивается: натрий может достигать 96–374 мг%, хлориды — 90–273 мг%, калий — 10,4–78 мг%. Исследования показывают, что у людей, адаптированных к условиям нагревающего микроклимата, концентрация натрия в поте составляет 15–20 мг%, калия — 13–14 мг%, а общего азота — 20–30 мг% [21]. Установлено, что при интенсивном потоотделении потери электролитов прямо пропорциональны объёму выделяемого пота: на каждый литр теряется 2,6 г натрия, 0,3 г калия и 3,3 г хлоридов [29]. Исследователи, изучавшие эффективность натрия, в большинстве случаев предполагают, что он играет прямую роль в поддержании и восстановлении баланса жидкости и электролитов во время длительных упражнений средней интенсивности и при физической работе в жару [28–31]. M.N. Sawka и соавт. считают, что если пища в рационе легкоусвояема и доступна в течение дня, то добавление электролитов, как правило, не требуется, даже если потери натрия увеличиваются при интенсивной физической работе в условиях нагревающего микроклимата [31].

Обоснование коррекции рациона и водного баланса (по данным литературы) в условиях нагревающего микроклимата

Организация оптимального питьевого режима. В условиях повышенной температуры окружающей среды особое значение приобретает рациональная организация питьевого режима. При продолжительности пребывания в нагревающем микроклимате от 4 до 8 ч в 50% случаев коэффициент регидратации составляет 60% независимо от общего количества выделенного пота и более 40% в 95% случаев. На основе этих значений установлена максимально допустимая потеря воды, равная 7,5% массы тела для 50% субъектов (Dmax50); 5% массы тела для 95% субъектов (Dmax95). Поэтому при регулярном потреблении воды (DRINK = 1) максимально допустимое время пребывания в нагревающем микроклимате может быть вычислено на основе максимальной потери жидкости, равной 7,5% массы тела для 50% субъектов и 5% массы тела для 95% субъектов. Если не предусмотрено

Физиологически обоснованные нормы восполнения жидкости при различных уровнях гипогидратации с коррекцией на эндогенные водные ресурсы [32, 33]

Physiologically reasonable standards of fluid replenishment at different levels of hypohydration with correction for endogenous water resources [32, 33]

Влагопотери организма, кг Body moisture loss, kg	Потребность организма в воде, кг The body's need for water, kg
2.0	0.8
2.5	1.1
3.0	1.4
3.5	1.7
4.0	2.0
4.5	2.3
5.0	2.6
5.5	3.0

обеспечение питьевой водой (DRINK = 0), общая потеря жидкости в организме должна быть не более 3%*.

Физиологически обоснованные нормы восполнения жидкости при различных уровнях гипогидратации с коррекцией на эндогенные водные ресурсы представлены в таблице.

Научно обосновано и рекомендовано применение витаминизированных и минералсодержащих напитков, доказавших свою эффективность в поддержании физиологических и когнитивных функций при тепловых нагрузках [33–36]. Особенностью состояния организма в жарких условиях является возникновение так называемого кислотного аппетита, что делает целесообразным применение напитков, содержащих комплекс органических кислот (лимонной, аскорбиновой, пировиноградной и молочной) в сочетании с важными электролитами — хлоридами калия и кальция [30, 37]. Молочные напитки занимают особое место в системе восстановления водного баланса благодаря комплексному составу белков, углеводов и натрия, что обеспечивает пролонгированное гидроудерживающее действие. Этот эффект количественно выражается через показатель гидратационного индекса и демонстрирует их преимущество перед обычной водой для длительного сохранения жидкости в организме [32, 33].

А.А. McCubbin и соавт. подчёркивают важность гидратации до начала физической активности в жарких условиях. Рекомендуется предварительная гидратация: 5–10 мл на килограмм массы тела за 2–4 ч до нагрузки с дополнительным возмещением натрия, когда потери жидкости превышают 60–80% от общей потребности [11, 38].

Температурные показатели потребляемой жидкости оказывают существенное влияние на метаболические процессы в организме. Экспериментальные данные показывают, что приём стандартной порции воды (250 мл), охлаждённой до температуры плюс 17 °С, повышает потребление кислорода на 30%. Это температурозависимое изменение метаболизма демонстрирует важность учёта степени нагрева питьевой воды для оптимизации физиологических процессов [39].

Коррекция потребления макронутриентов. Специфическое динамическое действие белков, обладающих значительно большим термотенным потенциалом по сравнению

с липидами и углеводами, создаёт дополнительные метаболические риски в условиях нагревающего микроклимата. Чрезмерное потребление протеинов не только усугубляет тепловую нагрузку на организм за счёт дополнительного тепловыделения, но и провоцирует дегидратацию, уменьшая запасы внутриклеточной жидкости. Такая метаболическая особенность белков требует особого внимания к составлению рациона для работы в условиях нагревающего микроклимата, поскольку избыточное белковое питание может стать фактором, ускоряющим развитие гипертермических состояний [20]. Результаты исследований В.С. Новикова и соавт. показали, что в условиях жаркого климата оптимальна диета с низким содержанием белка [40]. Согласно рекомендациям Н.А. Фатыхова и соавт. (2022), содержание белка в рационе военнослужащих в условиях воздействия высоких температур должно соответствовать 115–120 г/сут в абсолютном выражении (11–12% от общей энергетической ценности рациона) [41].

Роль жиров в обмене веществ в условиях жаркого климата весьма своеобразна. Они не только служат энергетическим материалом, но одновременно оказываются эндогенным (внутренним) источником воды [42]. Изучение особенностей питания в условиях пустыни и тропиков выявило негативное отношение многих участников экспедиций к жирной пище [41]. Ещё в 30-х годах XX века И.Д. Кассирский и Е.В. Пославский, а позднее А.А. Шмидт (1960), основываясь на собственных наблюдениях, подтвердивших уменьшение потребности в жирах в жарком климате, предлагали уменьшить содержание жира в рационах на 12–20% по сравнению с существующими нормами [43]. Большинство рекомендаций по питанию при работе в жарких климатических условиях склоняются к умеренному потреблению (20–30%) с акцентом на ненасыщенные жиры и минимизацию тяжёлых животных жиров. В экстремальной жаре допустимо снижение жиров до 20–25%. Так, содержание жира в рационе военнослужащих в жарких условиях составляет 110–115 г/сут в абсолютном выражении (24–25% от общей энергетической ценности) [41]. Ю.В. Данилова и соавт. рекомендуют работникам металлургических предприятий, работающим в условиях нагревающего микроклимата, сократить потребление насыщенных жиров животного происхождения и увеличить потребление полиненасыщенных жирных кислот омега-3 [44].

В условиях высоких температур углеводы играют ключевую роль в энергетическом метаболизме. Необходимо отметить важность диеты с высоким содержанием углеводов и низким содержанием ферментируемых олигосахаридов, дисахаридов, моносахаридов и полиолов перед воздействием теплового стресса, а также значение частого приёма углеводов и (или) белков в периоды теплового стресса. Данный подход направлен на поддержание уровня энергии и целостности желудочно-кишечного тракта в условиях воздействия высокой температуры окружающей среды (в том числе рабочей) [39, 40, 45, 46]. Установлено, что содержание углеводов в рационе военнослужащих в условиях жары должно составлять не менее 660–680 г/сут в абсолютном выражении (64–65% от общей энергетической ценности) [41]. Углеводы важны и для восстановления белков. Например, у людей, находящихся в тепловой камере при температуре 50 °С, после употребления раствора сахара наблюдалось снижение содержания аминокислот и креатинина в моче. Кроме того, углеводная диета способствует уменьшению потерь воды через мочеиспускание. При переходе с белкового питания на углеводное диурез снижается с 20–25 до 4–5 мл/час, то есть почти в пять раз. Преобладание углеводов в рационе повышает выносливость организма, отсрочивает наступление перегрева и позволяет выполнять интенсивную физическую работу дольше, чем при диетах, основанных на белках или жирах [41, 42].

В снижении теплового стресса может играть роль витамин С. Результаты некоторых исследований показывают,

* ГОСТ Р 57794–2017 (ИСО 7933:2004). Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация теплового стресса с использованием расчёта.

что повышенное содержание витамина С в рационе может снизить тепловой стресс во время акклиматизации [35, 37, 38].

Организация приёма пищи. Рациональная организация режима питания в условиях теплового воздействия предусматривает равномерное распределение приёмов пищи с интервалами не более 5–6 ч, что реализуется при 3–4-разовом питании. В дневную смену с ранним началом работы калорийность завтрака составляет 25% суточной нормы, обеда – 35–40%, ужина – 35%. При работе в вечернюю смену рекомендуется плотный завтрак (30%), обед (35%) и ужин (30%). Для ночных смен основная пищевая нагрузка распределяется на дневное время: завтрак (30%), обед (35%), ужин (25–30%) с дополнительным приёмом пищи на рабочем месте (13–30% суточной калорийности) [43, 46].

Принципы и рекомендации по разработке рациона и водного баланса в условиях нагревающего микроклимата

Анализ литературных источников и материалов научных исследований, проведённых в ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, позволил обосновать принципы и рекомендации по разработке рациона, адаптированного к условиям нагревающего микроклимата, для поддержания оптимального уровня гидратации и обеспечения организма работающих необходимыми питательными веществами.

Гидратация. Основа профилактики обезвоживания – употребление чистой питьевой воды, имеющей температуру окружающей среды или слегка охлаждённой (до плюс 15–20°C). Ключевой принцип – регулярный приём небольших порций: минимум 150–250 мл воды необходимо выпивать каждые 15–20 мин на протяжении всей смены, даже если сильная жажда отсутствует. Дополнительно к этому критически важно выпивать 800–1000 мл воды перед началом работы, компенсировать потерю жидкости после смены, выпивая воду до полного исчезновения жажды, и обязательно сопровождать водой каждый приём пищи.

Полезным дополнением служат минеральные воды средней минерализации – негазированные или с предварительным удалёнными газами. Они являются ценным натуральным источником натрия, калия, магния и кальция: достаточно выпивать 1–2 стакана в день сверх основного объёма чистой воды. Натуральные соки (яблочный, виноградный, апельсиновый), разведённые водой в пропорции 1:2 или 1:3, можно употреблять в небольшом количестве (не более 1–2 стаканов в сутки) как источник калия и витаминов.

Следует помнить, что значительный вклад в гидратацию вносят и некоторые продукты питания с высоким содержанием структурированной воды и минералов, особенно арбуз, дыня и огурцы, которые одновременно являются и пищей, и жидкостью.

Коррекция содержания макронутриентов в рационе. Для работы в условиях нагревающего микроклимата с повышенным потоотделением процентное соотношение макронутриентов требует коррекции по сравнению со стандартными рекомендациями. Основные принципы коррекции: лёгкая усвояемость, поддержание гидратации, энергообеспечение без перегрузки ЖКТ, восполнение потери солей. Главный определяющий фактор при выборе соотношения макронутриентов – интенсивность физической нагрузки работника.

При тяжёлом физическом труде требуется значительный сдвиг в пользу углеводов (до 60% суточной калорийности), чтобы обеспечить организм большим количеством доступной энергии. В этом случае акцент делается на сложных углеводах (каши из цельных круп, цельнозерновой хлеб, макароны из твёрдых сортов пшеницы) для устойчивой энергии, а также на источниках быстрого пополнения гликогена (фрукты, ягоды, изотонические напитки) во время работы. Чтобы минимизировать нагрузку на пищева-

тельную систему (ЖКТ) в период термического стресса, долю жиров необходимо существенно уменьшить (примерно до 18–20%), поскольку жиры требуют длительного и энергозатратного переваривания.

При умеренной физической нагрузке или умственной работе на жаре рекомендуется более сбалансированный подход: углеводы – 50–55% суточной калорийности, белки – 15–20%, жиры – до 25%.

Состав и качество источников макронутриентов напрямую влияют на переносимость жары, пищеварение и уровень гидратации. Не менее 80% потребляемых углеводов должны быть сложными (цельнозерновые продукты, злаки, овощи, бобовые) и «полезными простыми» (преимущественно фрукты и ягоды). Чистые сахара (сахар, конфеты, сладкая выпечка, газированные напитки) необходимо предельно ограничить, поскольку они способствуют обезвоживанию (осмотический эффект) и вызывают резкие скачки и падения уровня энергии («энергетическая яма»).

В белковом компоненте рациона предпочтение отдаётся легкоусвояемым белковым продуктам с низким содержанием жира: грудка курицы, индейки без кожи, нежирная рыба (треска, минтай, хек), морепродукты, яичные белки, тофу, нежирный творог. Необходимо избегать очень жирного мяса (свинина, баранина), копчёностей и колбасных изделий. Эти продукты чрезмерно перегружают ЖКТ, требуют значительной энергии для переваривания и усиливают чувство жажды.

Основными жирами в рационе должны быть ненасыщенные – растительные масла (оливковое нерафинированное и рафинированное, подсолнечное нерафинированное и рафинированное), авокадо, орехи и семена в умеренном количестве. Крайне важно не использовать масло для жарки при высоких температурах. Целесообразно добавлять масло в уже готовые блюда (салаты, каши). Следует полностью исключить вредные и тяжёлые для пищеварения жиры (например, сало).

Заключение

При организации питания в условиях нагревающего микроклимата важно учитывать специфику метаболических процессов в период тепловой адаптации. В фазе активного приспособления организма к гипертермии энергетические потребности покрываются за счёт комбинированного использования углеводных и липидных ресурсов, что подтверждается снижением уровня общих липидов и их фракций в кровяном русле. Такой механизм позволяет поддерживать стабильную концентрацию глюкозы в крови, обеспечивая нормальное функционирование физиологических систем. Особенно важно поддерживать водный гомеостаз, поскольку именно сохранение оптимального гидробаланса позволяет минимизировать последствия теплового стресса и обеспечить высокую работоспособность в жарких условиях.

В структуре рациона работающих в условиях нагревающего микроклимата приоритетное положение должны занимать углеводные компоненты. Это обусловлено их лучшей усвояемостью и меньшим образованием побочных продуктов метаболизма в сравнении с белковыми и жировыми соединениями. Данный фактор приобретает особую значимость, поскольку интенсивность образования продуктов окисления напрямую влияет на расходование организмом внутренних водных резервов: чем больше образуется метаболитов, тем существеннее затраты ценной жидкости.

Таким образом, правильно составленный рацион с преобладанием углеводных компонентов, учёт метаболических особенностей тепловой адаптации и тщательный контроль водного баланса являются ключевыми элементами эффективной нутритивной поддержки для работающих в условиях нагревающего микроклимата.

Литература

(п.п. 2–7, 9–27, 29–32, 34–38, 40, 45 см. References)

1. Воронов В.К., Воробьев И.А., Зубков А.Ф., Измеров Н.Ф., ред. *Российская энциклопедия по охране труда*. М.; 2007.
8. Карпищенко А.И. *Физиолого-биохимические механизмы предварительной и ускоренной адаптации к сухому жаркому климату и горно-пустынной местности*: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. СПб.; 1995.
28. Сильченко К.К. *Химический состав пота как критерий гигиенической оценки адаптации человека к тепловым нагрузкам*: Дис. ... канд. мед. наук. Л., 1977.
33. Ванханен В.Д., Шаптала А.А., Шаптала В.А. Способ определения потребности организма человека в воде. *Гигиена и санитария*. 1974; 63(10): 65–6.
39. Гигиеническая коррекция рационов питания работающих при нарушении теплообмена: Информационно-аналитический обзор. М.; 2007.
41. Махмудов Э.С. Влияние качественно-различной пищи на водно-солевой обмен у человека в условиях высокой температуры. *Известия АН УзССР*. 1959; (4): 16–7.
42. Новиков В.С., Сороко С.И., Шустов Е.Б. Функциональное питание человека для повышения переносимости экстремальных климатических воздействий. *Вестник образования и развития науки РАЕН*. 2017; (2): 106–17. <https://elibrary.ru/urpqrtr>
43. Фатыхов Н.А., Уточкин Е.В., Дегтярев А.Н. Методические рекомендации по предложению состава перспективных рационов питания для военнослужащих вооруженных сил Российской Федерации в условиях жаркого и холодного климата. *Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В.Хрулева*. 2022; (2): 33–46. <https://elibrary.ru/tgebdbd>
44. Лучинский Г.Н. *Питание в условиях автономных экспедиций и аварийных ситуаций*. М.: Аэрогеология; 2005.
46. Кассирский И.А., Пославский Е.В. К вопросу о водном и хлорном обмене у здоровых людей во время летней жары в Средней Азии. *За социальное здравоохранение Узбекистана*. 1932; (1–3): 193.
47. Данилова Ю.В., Ефремов В.М., Турчанинов Д.В. Гигиеническая оценка фактического питания отдельных групп работников металлургического производства. *Медицина труда и экология человека*. 2015; (4): 2022–5. <https://elibrary.ru/uwalyh>
48. Гафарова С.М., Алимова Л.Х. Физиология питания в жарком климате. *Вестник науки и образования*. 2020; (21-1): 6–10. <https://elibrary.ru/wucdvk>

References

1. Voronov V.K., Vorobev I.A., Zubkov A.F., Izmerov N.F., eds. *Russian Encyclopedia of Labor Protection [Rossiiskaya entsiklopediya po okhrane truda]*. Moscow; 2007. (in Russian)
2. Kjellstrom T., Lemke B., Lee J. Workplace heat: An increasing threat to occupational health and productivity. *Am. J. Ind. Med.* 2019; 62(12): 1076–8. <https://doi.org/10.1002/ajim.23051>
3. Kjellstrom T., Briggs D., Freyberg C., Lemke B., Otto M., Hyatt O. Heat, human performance, and occupational health: a key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annu. Rev. Public Health*. 2016; 37: 97–112. <https://doi.org/10.1146/annurev-pubhealth-032315-021740>
4. Armstrong L.E., Casa D.J., Millard-Stafford M., Moran D.S., Pyne S.W., Roberts W.O. Maximizing athletic performance in the heat. *NSCA's Performance Training Journal*. 2013; 12(6): 14–8. Available at: https://journals.lww.com/nsca-sci/fulltext/2013/12000/maximizing_athletic_performance_in_the_heat.5.aspx
5. Rowell L.B. *Human Circulation: Regulation During Physical Stress*. Oxford: Oxford University Press; 1986.
6. Périard J.D., Racinais S., Sawka M.N. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2015; 25(1): 20–38. <https://doi.org/10.1111/sms.12408>
7. Picosky M.A., Young A.J. Terrestrial extremes: nutritional considerations for high-altitude and cold and hot climates. In: Kohlstadt I., ed. *Scientific Evidence for Musculoskeletal, Bariatric, and Sports Nutrition*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis; 2006: 563–92.
8. Karpishchenko A.I. *Physiological-biochemical mechanisms of preliminary and accelerated adaptation to dry hot climate and mountain-desert areas*: Diss. St. Petersburg; 1995. (in Russian)
9. Sawka M.N., Noakes T.D. Interaction of water bioavailability, thermoregulation and exercise performance. In: *Fluid Replacement and Heat Stress*. Washington: National Academy Press; 1989.
10. Sawka M.N., Young A.J., Francesconi R.P., Muza S.R., Pandolf K.B. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol.* 1985; 59(5): 1394–401.
11. Brouns F. Heat-sweat dehydration-rehydration: a praxis oriented approach. *J. Sports Sci.* 1991; 9(Spec.): 143–52. <https://doi.org/10.1080/02640419108729871>
12. Gagnon D., Crandall C.G. Sweating as a heat loss thermoeffector. *Handb. Clin. Neurol.* 2018; 156: 211–32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63912-7.00013-8>
13. Shapiro Y., Pandolf K.B., Goldman R.F. Predicting sweat loss response to exercise, environment and clothing. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1982; 48(1): 83–96. <https://doi.org/10.1007/BF00421168>
14. Sawka M.N., Pandolf K.B. Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In: Gisolfi C.V., Lamb D.R., eds. *Fluid Homeostasis during Exercise*. Carmel: Benchmark Press; 1990: 1–38.
15. Moore L.G. Human adaptation to high altitude. *High Alt. Med. Biol.* 2001; 2(3): 257–79.
16. Cramer M.N., Jay O. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Auton. Neurosci.* 2016; 196: 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.03.001>
17. Epstein Y., Yanovich R. Heatstroke. *N. Engl. J. Med.* 2019; 380(25): 2449–59. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1810762>
18. Racinais S., Alonso J.M., Coutts A.J., Flouris A.D., Girard O., González-Alonso J., et al. Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Br. J. Sports Med.* 2015; 49(18): 1164–73. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094915>
19. Parsons K. *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance*. Boca Raton: CRC Press; 2014. <https://doi.org/10.1201/b16750>
20. McCubbin A.J., Allanson B.A., Caldwell Odgers J.N., Cort M.M., Costa R.J.S., Cox G.R., et al. Sports Dietitians Australia position statement: nutrition for exercise in hot environments. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2020; 30(1): 83–98. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2019-0300>
21. Ashworth A., Harrower A.D. Protein requirements in tropical countries: nitrogen losses in sweat and their relation to nitrogen balance. *Br. J. Nutr.* 1967; 21(4): 833–43.
22. Flouris A.D., Dinas P.C., Ioannou L.G., Nybo L., Havenith G., Kenny G.P., et al. Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*. 2018; 2(12): e521–31. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30237-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30237-7)
23. Bender D.A. Vitamin B6. In: Garrow J.S., James W.P.T., Ralph A., eds. *Human Nutrition and Dietetics*. London: Churchill Livingstone; 2000: 268–71.
24. Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A., Rodwell V.W. *Harper's Biochemistry*. Norwalk, CT: Appleton & Lange; 1993.
25. Haymes E.M. Vitamin and mineral supplementation to athletes. *Int. J. Sport Nutr.* 1991; 1(2): 146–69. <https://doi.org/10.1123/ijns.1.2.146>
26. Peake J.M. The effects of vitamin C on skeletal muscle fatigue and recovery. *Free Radic. Biol. Med.* 2016; 92: 229–38. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.005>
27. Institute of Medicine (US) Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium. *Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D*. Ross A.C., Taylor C.L., Yaktine A.L., Del Valle H.B., editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011.
28. Silchenko K.K. *Chemical composition of sweat as a criterion for hygienic assessment of human adaptation to thermal loads*: Diss. Leningrad; 1977. (in Russian)
29. McCubbin A.J., Lopez M.B., Cox G.R., Odgers J.N.C., Costa R.J.S. Impact of 3-day high and low dietary sodium intake on sodium status in response to exertional-heat stress: A double-blind randomized control trial. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2019; 119: 2105–18. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04199-2>
30. Podlogar T., Wallis G.A. New horizons in carbohydrate research and application for endurance athletes. *Sports Med.* 2022; 52(Suppl. 1): 5–23. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01757-1>
31. Sawka M.N., Burke L.M., Eichner E.R., Maughan R.J., Montain S.J., Stachenfeld N.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007; 39(2): 377–90. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
32. Vankhanen V.D., Shaptala A.A., Shaptala V.A. Method for determining the human body's water requirements. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1974; 63(10): 65–6. (in Russian)
33. Hygienic correction of dietary rations for workers with impaired thermoregulation: Information and analytical review. Moscow; 2007. (in Russian)
34. Sawka M.N., Montain S.J. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000; 72(2): 564S–72S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.2.564s>
35. Shirreffs S.M., Armstrong L.E., Cheuvront S.N. Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *J. Sports Sci.* 2004; 22(1): 57–63. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140572>
36. Lukaski H.C. Vitamin and mineral status: Effects on physical performance. *Nutrition*. 2004; 20(7-8): 632–44. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.001>
37. Kerkick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D., Smith-Ryan A., Kleiner S.M., Jäger R., et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2018; 15(1): 38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>
38. McCubbin A.J., Irwin C.G., Costa R.J.S. Nourishing physical productivity and performance on a warming planet – challenges and nutritional strategies to mitigate exertional heat stress. *Curr. Nutr. Rep.* 2024; 13: 399–411. <https://doi.org/10.1007/s13668-024-00554-8>
39. Makhmudov E.S. The influence of qualitatively different food on human water-salt metabolism under high temperature conditions. *Izvestiya AN UzSSR*. 1959; (4): 16–7. (in Russian)

40. Novikov V., Soroko S., Shustov Ye. Functional food for improving tolerance to extreme climate impacts. *Vestnik obrazovaniya i razvitiya nauki RAEN*. 2017; (2): 106–117. <https://elibrary.ru/ypqdttr> (in Russian)
41. Fatykhov N.A., Utochkin E.V., Degtyaryov A.N. Methodological recommendations on the proposal of the composition of future food rations for military personnel of the armed forces of the Russian Federation in hot and cold climates. *Vestnik Voennoi akademii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A.V.Khruleva*. 2022; (2): 33–46. <https://elibrary.ru/tgebdbh> (in Russian)
42. Luchinskii G.N. *Nutrition in Autonomous Expeditions and Emergency Situations [Pitanie v usloviyakh avtonomnykh ekspeditsii i avariinykh situatsii]*. Moscow: Aerogeologiya; 2005. (in Russian)
43. Kassirskii I.A., Poslavskii E.V. On the question of water and chlorine metabolism in healthy people during summer heat in Central Asia. *Za sotsialisticheskoe zdoravookhranenie Uzbekistana*. 1932; (1–3): 193. (in Russian)
44. Danilova Yu.V., Efremov V.M., Turchaninov D.V. Hygienic assessment of nutrition of certain groups of metallurgic workers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2015; (4): 252–5. <https://elibrary.ru/uwalyh> (in Russian)
45. Bhattacharyya A., Das T. Nourishing the nation's shield: dietary strategies for Indian army's climate resilience. *SAYAM*. 2024; 2(2): 1–7. <https://doi.org/10.63419/sayam.v2i2.61>
46. Gafarova S.M., Alimova L.Kh. Physiology of nutrition in hot climates. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2020; (21-1): 6–10. <https://elibrary.ru/wucdvk> (in Russian)

Сведения об авторах

Сетко Андрей Геннадьевич, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. гигиены питания ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия

Русаков Владимир Николаевич, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. гигиены питания ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: vladrus2005@gmail.com

Information about authors

Andrey G. Setko, DSc (Medicine), professor, head, Department of food hygiene, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6887-6776>

Vladimir N. Rusakov, PhD (Medicine), leading researcher, Department of food hygiene, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9514-9921> E-mail: vladrus2005@gmail.com