

СОВРЕМЕННЫЕ ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАБОТНИКОВ ГЛУБОКИХ ШАХТ (РУДНИКОВ) И ОБОСНОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА, СПОСОБСТВУЮЩИХ ИХ РЕШЕНИЮ

Н.Л. Вишневская¹, М.Ю. Лискова¹, Л.В. Плахова¹

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия,
e-mail: liskova.rpb@gmail.com

Аннотация: Предприятия горнодобывающего комплекса многие годы вносят решающий вклад в экономическое развитие страны и являются основной базой, формирующей ее бюджет. Современное развитие горных работ, поддержание и увеличение мощности добычи полезных ископаемых часто приводит к необходимости отработки запасов на глубоких горизонтах. С увеличением глубины ведения добычных работ возрастает температура горных пород, усиливается влияние техногенных источников тепловыделения на формирование неблагоприятных микроклиматических условий в горных выработках. Нагревающий микроклимат является ведущим фактором производственной среды подземных выработок, который негативно влияет на организм работающих. Поэтому актуальным является разработка профилактических мероприятий в области охраны труда. Обнаружено, что технические мероприятия по нормализации параметров микроклимата в условиях отработки глубоких горизонтов являются недостаточными и требуют включения ряда профилактических мероприятий при организации производственного процесса. Показано, что приоритетными мероприятиями, снижающими вредное воздействие на работающих, являются питьевой режим, оптимальный рацион питания и спецодежда. Разработана оптимальная схема, включающая критерии, необходимые для выполнения исследований по оптимизации условий труда горнорабочих. Представлены данные по тепловому состоянию организма в нагревающем микроклимате и рассмотрена методика определения риска неблагоприятных последствий для здоровья от тепловой нагрузки на работающих. Рассмотрены способы определения водного баланса и компенсации влагопотерь при различных трудовых нагрузках в нагревающем микроклимате; представлены данные по рационам питания персонала в особых условиях производственной среды. Особую значимость в современных условиях приобретает конструкция и подбор тканевых материалов специальной одежды для работающих в неблагоприятной тепловой среде. Следует провести технологические мероприятия по оптимизации производственной среды. Снизить тепловую нагрузку возможно и применением спецодежды из натуральных хлопчатобумажных тканей, обладающих воздухопроницаемостью, пористостью, гигроскопичностью, капиллярностью, выполненной по специальным конструктивным решениям. При решении вопроса безопасности труда горнорабочих в условиях нагревающего микроклимата следует учитывать горнотехнические мероприятия и искусственное охлаждение воздуха, применение спецодежды, рациональные режимы питания и водопотребления.

Ключевые слова: охрана труда, горнодобывающий комплекс, нагревающий микроклимат, риск утраты здоровья, подземные выработки, терморегуляция, тепломассообмен организма, специальная одежда, питьевой режим.

Для цитирования: Вишневецкая Н. Л., Лискова М. Ю., Плахова Л. В. Современные физиолого-гигиенические проблемы работников глубоких шахт (рудников) и обоснование профилактических мероприятий в области охраны труда, способствующих их решению // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 10. – С. 163–176. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-10-0-163-176.

Personnel physiology and hygiene, and occupational health and safety maintenance in deep mines: Problems and solutions

N.L. Vishnevskaya¹, M.Yu. Liskova¹, L.V. Plakhova¹

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, e-mail: liskova.rpb@gmail.com

Abstract: For many years mineral mining industry has been vastly contributing to economic advance of Russia and serves a budget backbone of the country. The present-day expansion of mining, as well as maintenance and enhancement of the industry capacity necessitates mining transition to deeper levels. Deep-level mines are faced with higher temperature of rocks and with adverse effect of manmade heat liberation sources on the unfavorable microclimate in mines. The heating microclimate is the major industrial factor to attack health of miners. Therefore it is highly critical to develop appropriate health and safety arrangements and precautions. The engineering control of microclimate parameters under conditions of deep-level mining is incompetent and needs additional precautions to be undertaken when organizing production. The top-priority provisions to reduce detrimental effect on mine personnel include water intake schedule, optimized food ration and special clothing. The article informs on body thermal status in heating microclimate and discusses a risk determination technique for backwash effect of thermal load on miner health. The methods to determine the fluid balance and moisture loss compensation under different occupational loads in heating microclimate are considered. The data on personnel feeding in special production conditions are presented. Special clothing design and webbing selection are of special concern to personnel operating in the unfavorable thermal environment as of today. Engineering control should include optimization of the production environment. It is possible to ease-off heat strain using special design clothing made of natural cotton fabrics which are air permeable, porous, hygroscopic and filamentous. Thus, occupational safety of miners in the heating microclimate should involve engineering control, forced air cooling, special clothing, rational feeding and water use.

Key words: occupational health and safety, mining industry, heating microclimate, health loss, underground excavations, thermal control, body heat and mass exchange, special clothing, water intake schedule.

For citation: Vishnevskaya N. L., Liskova M. Yu., Plakhova L. V. Personnel physiology and hygiene, and occupational health and safety maintenance in deep mines: Problems and solutions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(10):163-176. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-10-0-163-176.

Введение

Предприятия горнодобывающего комплекса уже многие годы вносят решающий вклад в экономическое развитие страны и являются основной базой, формирующей ее бюджет. В настоящее

время современное развитие горных работ, поддержание и увеличение мощности добычи полезных ископаемых часто приводит к необходимости отработки запасов на глубоких горизонтах. Отработка глубоких горизонтов с высокой

температурой окружающих пород приводит к формированию нагревающего нестабильного микроклимата со значительными температурами, превышающими нормативные требования (более +26 °С). Этот микроклимат образуется под действием тепла от солнечной радиации, работы калориферной установки в холодное время года, тепла, поступающего из недр Земли, и других источников тепловыделений, таких как работающее оборудование, термодинамические процессы, сжатие воздуха в воздухоподающем стволе и т.д. С увеличением глубины ведения добычных работ возрастает температура горных пород, усиливается влияние техногенных источников тепловыделения на формирование неблагоприятных микроклиматических условий в горных выработках [1, 2]. На глубине 1 км и более температура горных пород начинает достигать +26 °С, а значит, возникает необходимость проведения мероприятий по обеспечению нормативной температуры рудничного воздуха. Трудности с обеспечением требуемых микроклиматических условий при подземной добыче руды происходили и происходят на многих рудниках России и зарубежья [3, 4]. Высокая температура воздуха негативно влияет на здоровье горнорабочих и приводит к снижению производительности труда, увеличению травматизма, усложнению технологии добычи.

Анализ параметров микроклимата, влияющих на физиолого-гигиенические показатели горнорабочих

Производственный микроклимат представляет собой комплекс физических факторов, обуславливающих теплообмен человека с окружающей средой и его тепловое состояние. Тепловое состояние человека по степени напряженности реакций терморегуляции подразде-

ляется на оптимальное, допустимое, предельно-допустимое. Известно, что оптимальные параметры жизнедеятельности человека сохраняются лишь в условиях температурного гомеостаза. Напряжение функционального состояния организма, связанное с воздействием неблагоприятного микроклимата, может сопровождаться ухудшением здоровья, которое усугубляется воздействием на организм других вредных производственных факторов, таких как вибрация, шум, химические вещества и др. [5].

Значительный перегрев снижает работоспособность, что приводит к ухудшению выносливости мышц кистей к статической нагрузке на 10%, а также неблагоприятным изменением работы анализаторов, что прослеживается по удлинению латентного периода простой зрительно-моторной реакции до 7%. Данные изменения состояния организма работающих в первую очередь могут оказать воздействие на безопасность труда в условиях горного предприятия. Регулярное воздействие перегревания довольно быстро (в течение года или нескольких лет) приводит к вегето-сосудистой дистонии по кардиальному и гипертоническому типу (вплоть до поражения миокарда), гипертонии, болезням органов пищеварения [7].

Согласно нормативным документам температура воздуха в забоях подготовительных и очистных выработок и на рабочих местах с постоянным присутствием персонала не должна превышать +26 °С [6, 7], но в реальных условиях при ведении работ в глубоких рудниках тепловая среда будет далека от данного параметра: на различных рудниках она колеблется в широких пределах от 30 до 60 °С [4], а относительная влажность составляет 85% [8], поэтому актуальной становится разработка ряда профилактических мер, направленных на сохранение здоровья, работоспособ-

ности и безопасности персонала, обоснование и разработка адекватных способов оптимизации условий труда горняков.

Работа в условиях нагревающего микроклимата вызывает напряжение различных функциональных систем организма работника. Последствиями воздействия такого микроклимата на работников являются ухудшение самочувствия, снижение работоспособности и производительности труда. Чрезмерный перегрев может привести к летальному исходу в результате теплового удара [9]. Также отмечается, что влияние нагревающего микроклимата на здоровье работников в отдаленном периоде увеличивает риск смерти от болезней сердечно-сосудистой системы [10].

При нагревающем микроклимате в организме человека накапливается тепло, при этом влагопотери испарением будут составлять более 30%, а при повышенной влажности теплоотдача испарением затрудняется, что усиливает перегрев. Воздействие высокой температуры вызывает стресс для организма и приводит к нарушениям нейроэндокринной регуляции, водно-солевого обмена, процессов сатурации, следовательно, активации негативных процессов переокисления липидов, дестабилизации клеточных мембран. Особое повреждающее действие оказывают на состояние кардио-респираторной системы, обеспечивающей все жизненные функции организма [11].

Анализ приоритетных параметров микроклимата, влияющих на работоспособность горнорабочих

Риск неблагоприятных последствий для здоровья от теплового воздействия на работающих связан с рядом факторов. Поэтому, прежде всего, необходим

расчет безопасного времени нахождения в условиях нагревающего микроклимата [6]. Предельно допустимое время (τ , мин) непрерывного пребывания человека на рабочем месте определяется путем вычисления прогностического индекса (PRI) по формуле (1).

$$PRI = 4,5537 - 0,0863t_{\text{в}} - 0,001f + 0,0931V_{\text{в}} - 0,0052R - 0,1501T_{\text{од}} - 0,0121\text{Из.од.} - 0,0107q_{\text{м}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ — температура воздуха на рабочем месте, °C; f — относительная влажность, %; $V_{\text{в}}$ — скорость ветра, м/с; R — тепловое излучение, Вт/м²; $T_{\text{од}}$ — тип одежды (0–3): 0 — плавки, 1^{од} — двухслойная одежда, 2 — трехслойная одежда, 3 — воздухо непроницаемый комплект одежды (куртка и брюки, комбинезон); Из.од. — процент поверхности тела, закрытого воздухо- и паронепроницаемыми элементами одежды и снаряжения (принимается 10–20), %; $q_{\text{м}}$ — энерготраты, Вт/м.

Энерготраты ($q_{\text{м}}$) могут быть определены по величине объема легочной вентиляции с учетом calorиметрического коэффициента воздуха [6]:

$$q_{\text{м}} = \frac{0,232V_{20}}{S}, \quad (2)$$

где V_{20} — объем легочной вентиляции, приведенный к стандартным условиям при температуре воздуха + 20 °C и атмосферном давлении 760 мм.рт.ст., л/ч; S — площадь поверхности тела человека, м² (может быть принята стандартной по Д'Буа, равной 1,8 м² [8]).

Предельно допустимое время непрерывного пребывания на рабочем месте (τ , мин) определяется по формуле (3):

$$\tau = 88,077 + 16,244PRI. \quad (3)$$

Подходы к нормированию параметров микроклимата основаны на учете ряда физиологических параметров жизнедеятельности, в том числе и энергоза-

трат, при выполнении различного рода нагрузок в процессе труда. Они делятся на три класса (Ia, б; IIa, б; III) применительно к объему энергозатрат от 139 до 290 и более [9]. При этом средние энерготраты рабочих основных профессий (бурильщики, проходчики, ГРОЗ, машинисты самоходной техники и др.), определенные по частоте сердечных сокращений, составляют 186 Вт/м^2 , а для вспомогательных профессий (слесари, электрики, машинисты электровоза) — 113 Вт/м^2 . В случае, если поступление тепла извне, а также тепловыделение организма вследствие трудовой деятельности превышают теплоотдачу, происходит нарушение терморегуляторных процессов и перегрев организма.

Особенности оценки микроклимата связаны не только с определением параметров тепловой среды, с учетом комплекса показателей, включающих температуру воздуха и ограждений, скорость движения и величину относительной влажности, но и с определением ТНС-индекса, учитывающего комплексное влияние параметров микроклимата на тепловую нагрузку человека [12, 13]. За рубежом для оценки теплового воздействия окружающей среды используют *WetBulbGlobeThermometer (WBGT)*, или эквивалентный метод [14]. Величины ТНС-индекса, применяемого в нашей стране, характеризуют классы условий труда с учетом категории выполнения работ. Данные индексы принимают во внимание сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения). При отсутствии солнечной радиации: $WBGT = TNC = 0,7t_{\text{вл}} + 0,3t_{\text{щ}}$, где $t_{\text{вл}}$ — измеренная температура влажного термометра; $t_{\text{щ}}$ — температура внутри черного шара (сферы Вернона).

Таким образом, в первую очередь оценивается тепловая среда в рабочей

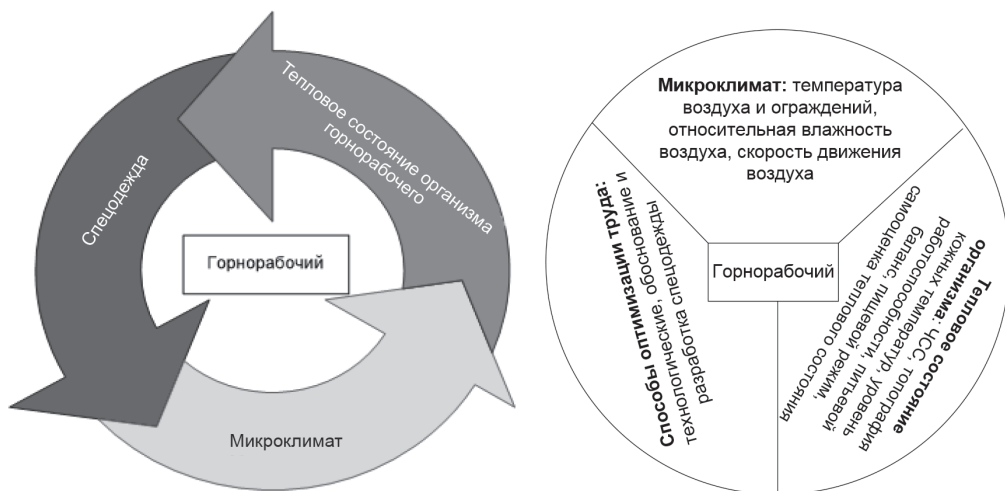
зоне, но одновременно целесообразно обращать внимание на тепловое состояние организма, с измерением частоты сердечных сокращений, температуры центра тела, топографии температур поверхности тела (оболочки), уровня работоспособности, объема потоотделения по динамике массы тела (за счет потери воды). Установлено, что при разности температур на центральных и периферических участках поверхности тела менее $1,8$. С человек ощущает жару; при $3-5$ °С — комфорт; более 6 °С — холод. При увеличении температуры воздуха уменьшается разница температуры кожи на открытых и закрытых участках тела [15].

Исследования показали, что оптимизация условий труда горнорабочих должна осуществляться с учетом определенных критериев и показателей трудового процесса, что до настоящего времени не имело существенной проработки.

Нами предложена оптимальная схема, включающая критерии для определения состояния рабочего и обоснования оптимальных профилактических мероприятий по улучшению на их основе условий труда горнорабочих. Особое значение уделено параметрам микроклимата (см. рисунок, б) и соотношению их с тепловым состоянием горнорабочих, что позволит достаточно быстро реагировать на ситуацию и принимать адекватные меры по охране труда. Ниже проанализируем некоторые из показателей данной схемы, которые до недавнего времени не рассматривались в комплексе и чаще всего не учитывались вообще.

Рекомендации по улучшению условий труда и адаптации организма горнорабочих к тепловым воздействиям

Немаловажное значение имеет уровень адаптации организма к тепловым



Алгоритм критериев при выполнении исследований для оптимизации условий труда горнорабочих: схема (а); показатели (б)

Algorithm of criteria in mine personnel working environment optimization research: (a) layout; (b) indicators

воздействиям и ряд других физиологических и гигиенических параметров, в частности, характеристика пищевого и динамика питьевого режима, конструкция и качественные параметры спецодежды, медицинское наблюдение и эффективность технологических мероприятий по нормализации производственной среды. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам снижения температуры воздуха в горных выработках за счет горнотехнических мероприятий и использования искусственного охлаждения воздуха. При этом недостаточное внимание уделяется мероприятиям, связанным с компенсацией воздействия неблагоприятных факторов на организм, таких как влияния рациона питания, водопотребления и использование спецодежды.

Для работающих в нагревающей тепловой среде следует проектировать рацион исходя из зависимости тяжести труда и суточных энергетических затрат, которые колеблются от 3500 до 5000 ккал в сутки. Рационам питания горнорабочих целесообразно придать белково-жировую ориентацию. Распре-

деление калорийности рациона и основных питательных веществ (белков, жиров и углеводов) по отдельным приемам следует обеспечить с колебаниями в пределах 5 – 10% [16].

Суточное меню горнорабочих имеет свои особенности. Первое жидкое блюдо включается в меню два раза — до работы и после работы. Гарниры ко вторым блюдам следует готовить в полужидком виде (например, каши). Еда после работы начинается с утоления жажды небольшим количеством столовой минеральной воды, томатного сока. За норму приема пищи в горных выработках, независимо от смены, принимают 20% суточной калорийности, т.е. 800–900 ккал. Содержание пищевых веществ в таком приеме пищи под землей должно находиться в следующих пределах: белки — 27–31 г, жиры — 30–34 г, углеводы — 110–112 г [17].

Пайки по возможности должны быть структурно простыми и удобными в пользовании, а пища должна состоять из плотной (бутерброды, печенье, кулинарные изделия и др.) и жидкой части объемом около 0,5 л (специальные

супы, бульоны, напитки и т.д.). Такая структура блюд способствует не только нормальной работе пищеварительной системы, но и своевременному пополнению метаболического резервуара пищевых веществ и предупреждению обезвоживания организма.

Пища, предназначенная для приема под землей, требует использования некоторых специальных приемов кулинарной обработки. Это обусловлено возможностью легкого ее загрязнения и отсутствием надлежащих гигиенических условий для хранения и приема. Бутерброды для подземного завтрака готовят только закрытые. Творог, овощи, крупы, повидло употребляются исключительно в пирожках и при изготовлении протертых супов и бульонов. Мясные и рыбные изделия запекают в тесте. Такие изделия и блюда менее подвержены загрязнению и удобны для пользования в условиях шахты [17].

Из мясных и рыбных продуктов в набор завтраков целесообразно включать только мясные и рыбные изделия (филе и др.), не содержащие костей, а также мясо птицы. В рецептуре подземных завтраков с целью усиления секреторной деятельности пищеварительных желез необходимо широко использовать вкусовые вещества, приправы и продукты, стимулирующие аппетит, который у шахтеров, в связи со специфическими условиями труда, нередко может быть понижен.

Что касается водного режима, то, прежде всего, следует определить потребности организма по методике, представленной ниже [17].

При влагопотерях за рабочую смену до 2 кг потребность организма в воде определяют по формуле:

$$X = A - B, \quad (4)$$

где X — потребность в воде, кг; A — суммарные влагопотери, кг; B — созданные

перед началом работы запасы жидкости, кг.

При влагопотерях от 2 до 5 кг расчет потребности в воде в связи с наличием истинного дефицита массы тела производят по формуле:

$$X = A - [B + (A - 2,0) \cdot 0,4], \quad (5)$$

где $(A - 2,0) \cdot 0,4$ — допустимая величина истинного дефицита массы тела; 0,4 — полученный опытным путем поправочный коэффициент, 2,0 — максимальные влагопотери, при которых обычно истинного дефицита массы тела не наблюдается.

При влагопотерях свыше 5 кг определение потребности организма в воде проводят по упрощенной формуле:

$$X = A - (B + 1,5), \quad (6)$$

где 1,5 — установленный опытным путем максимально допустимый истинный дефицит массы тела в конце рабочей смены, кг.

На основании приведенных выше формул рассчитываются нормы водопотребления горнорабочими в зависимости от величины влагопотерь (запасы жидкости, созданные приемом пищи и питьем перед работой, принимают за 1,2 кг).

Бесконтрольное, неограниченное питье дает меньший эффект, чем дозированное, упорядоченное. Лучше всего во время работы утолять жажду небольшими порциями воды или другого напитка (по 100 мл) через каждые 25–30 мин. При больших влагопотерях перерывы между приемами жидкости можно сократить или увеличить каждую порцию питья до 150–200 мл. Выравниванию водного баланса способствует включение в прием пищи (в перерывы в течение рабочей смены) жидких блюд [17].

Поскольку с потом при тепловой нагрузке теряются минералы и витамины, следует правильно подбирать режим компенсации дегидратации организма. Основным питьевым средством, нормализующим водно-солевой обмен, является

ся доброкачественная вода $t = 7 - 15 \text{ }^\circ\text{C}$. При более низкой температуре вода оказывает резкое охлаждающее действие и может способствовать возникновению заболеваний, при более высокой — уменьшается ее освежающий эффект. Подсаживание питьевой воды необходимо при потовыделении свыше 5—6 л в сутки; в остальных случаях потери соли компенсируются солевыми резервами организма и поступлением соли с пищей.

Для улучшения вкуса воду насыщают углекислотой, для витаминизации используют чай, отвары из сухих и свежих фруктов, овощей, шиповника и других витаминизированных напитков.

Механизмы терморегуляции очень сложные и представляют собой рефлекторные реакции, возникающие в ответ на температурное раздражение рецепторов кожи, кожных и подкожных сосудов. Температура кожи объективно отражает реакцию организма на повышение температуры окружающей среды. Температура кожного покрова человека, находящегося в покое в комфортных условиях, колеблется от 32 до 34 $^\circ\text{C}$. С повышением температуры воздуха она поднимается до 35 $^\circ\text{C}$, после чего возникает потоотделение, ограничивающее дальнейшее увеличение температуры кожи.

Однако в отдельных случаях (особенно при высокой влажности воздуха) она может достигать 36—37 $^\circ\text{C}$. Температура кожи не одинакова на различных участках. Так, температура кожи лба колеблется в пределах 34—36 $^\circ\text{C}$, груди — 31—33,5 $^\circ\text{C}$, кисти — 28,5 $^\circ\text{C}$, наименьшую температуру имеет кожа стопы — 24,4 $^\circ\text{C}$.

Рассмотрим еще один из показателей, который включен в схему на рисунке — это специальная одежда. В настоящее время особую актуальность приобрела разработка спецодежды по показателям теплового состояния человека, позволяющая определить степень

влияния всего комплекса факторов среды, трудового процесса и спецодежды на тепловое состояние работающих в условиях повышенных температур.

Проблема проектирования спецодежды для условий нагревающего микроклимата связана с новым подходом, поскольку оценка теплофизических свойств спецодежды для работающих в нагревающей среде в настоящее время проводится только по физико-механическим и гигиеническим свойствам материалов, из которых она изготовлена, при этом не учитывается влияние одежды на тепловое состояние организма человека и его тепловлагообмен с окружающей средой, а также не рассматриваются вопросы проектирования формы и конструктивные элементы дизайна. Кроме того, особое значение в свете современных требований приобретает состав тканевых волокон и теплофизические характеристики спецодежды в процессе ее эксплуатации, а также способы обработки.

При разработке новых вариантов специальной одежды целесообразно использовать ряд особенностей, таких как специфичный покрой рукава, свободная объемная форма, защитные клапаны на некоторых элементах, применение рационального пакета материалов, которые наиболее оправданы для особых условий труда. Большой интерес представляет количественная оценка интенсивности потоотделения, поскольку интенсивность потоотделения зависит от адаптации организма человека тепловым условиям [18].

Основными факторами, влияющими на температуру внутрикостюмного поддежного пространства, являются температура окружающей среды, теплообразование тела человека, теплофизические свойства материалов, составляющих пакеты одежды. Основным критерием комфортного состояния человека принято считать значение температуры пододеж-

ного пространства в пределах от 21 до 25 °С. При повышенной температуре основная роль в сохранении постоянной температуры тела принадлежит коже, через которую осуществляется теплоотдача путем испарения, кондукции, излучения. При совпадении температуры тела человека и воздуха производственной среды теплоотдача преимущественно осуществляется за счет потоотделения (испарение 1 л воды ведет к потере 580 кал тепла).

Лимитирующим фактором при проектировании и изготовлении спецодежды является предельное повышение температуры пододежного пространства на 0,3–0,5 °С, которое создает дискомфортные условия, а при повышении на 1 °С исключает нахождение в этих условиях.

Для некоторых видов подземных работ целесообразно используемые в спецодежде хлопчатобумажные материалы для защиты от внешней влаги обрабатывать водоотталкивающей пропиткой, что также требует особого изучения, поскольку меняет теплозащитные характеристики.

Так, с учетом категории выполнения работ и используемой спецодежды — куртки и брюк из хлопчатобумажной ткани — теплоизоляция комплекта составляет 0,7–0,8 кло (1 кло = 0,155°С·м²/Вт).

Для расчета поправки на снижение теплоизоляции спецодежды под влиянием движения воздуха в выработках (скорость движения вентиляционной струи) применяется формула:

$$C = (0,07B + 2) \cdot V + 5, \quad (7)$$

где B — воздухопроницаемость материала верха, дм³/м²с; V — скорость ветра (вентиляционной струи), м/с; C — снижение теплоизоляции спецодежды, %.

Наиболее приемлемой для условий критических температур нагревающего микроклимата является одежда из на-

туральных хлопчатобумажных тканей, обладающих воздухопроницаемостью, пористостью, гигроскопичностью, капиллярностью, низким сопротивлением к испарению влаги, которые обеспечивают снижение тепловой нагрузки на организм. Причем важным моментом становится применение натуральных тканей, поскольку сравнение с испытуемыми, одетыми в спецодежду из синтетических материалов, обладающих рядом аналогичных свойств, показало худшие результаты [19].

Особое внимание в настоящее время уделяется разработке и созданию специальной одежды с использованием наноматериалов, которая, по-видимому, потребует проведения перспективных комплексных исследований для определения пригодности такого рода материалов в особых условиях труда горнорабочих [2, 20, 21].

Заключение

Необходимость отработки глубоких горизонтов шахт и рудников ставит актуальные задачи, связанные с оптимизацией труда персонала шахт и рудников, поиска путей повышения производительности труда и безопасности производства, что является неотъемлемой частью организации охраны труда на предприятии.

В первую очередь следует обеспечить внедрение технологических мер по оптимизации параметров тепловой среды, причем особо следует выделить уровень относительной влажности воздуха. При недостаточности нормализации условий труда технологическими мероприятиями предложено использование ряда профилактических мер, представленных в разработанном нами алгоритме.

Снизить тепловую нагрузку на организм работающих возможно разработкой и изготовлением оптимальных пакетов

спецодежды из натуральных хлопчатобумажных тканей, обладающих воздухопроницаемостью, пористостью, гигроскопичностью, капиллярностью, выполненной по специальным конструктивным решениям.

Для профилактики негативных состояний и сохранения здоровья персонала целесообразно разрабатывать рационы специального питания и оптимальный питьевой режим, приемлемый для условий труда горнорабочих.

Нами предложена оптимальная схема и расшифровка показателей, которые необходимо учитывать при разработке профилактических мер в области охраны труда для горнорабочих в качестве дополнительных мероприятий в

совокупности с технологическими мероприятиями, а также с искусственным охлаждением воздуха, которые применяются в настоящее время.

На основании выполненного анализа тепловой среды горнодобывающих предприятий, оценки объективных показателей теплообмена организма и субъективных теплоощущений возможно обоснование способов оптимизации условий труда горнорабочих по следующей схеме: реализация технологических мероприятий, направленных на профилактику перегрева в условиях производственной среды, и применение специальной одежды, оптимизирующей теплообмен организма с окружающей средой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земсков А. Н., Лискова М. Ю., Смирнова Е. В. Анализ условий труда горнорабочих и мероприятия по нормализации пылевого и газового состава атмосферы шахт и рудников // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2017. — № 2. — С. 58–68.

2. Лискова М. Ю., Вишневская Н. Л., Плахова Л. В. Влияние микроклиматических условий на горнорабочих в выработках глубоких горизонтов калийных рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 9. — С. 219–230. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-219-230.

3. Зайцев А. В. Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников. Дисс-ция на соиск. уч. степени доктора техн. наук. — Пермь, 2019. — 247 с.

4. Sorensen G., Nagler E. M., Pawar P., Gupta P. C., Pednekar M. S., Wagner G. R. Lost in translation: The challenge of adapting integrated approaches for worker health and safety for lowland middle-income countries // Plos One. 2017. Vol. 12. No 8. Article e0182607. DOI: 10.1371/journal.pone.0182607.

5. Федорович Г. В. Тяжелый труд в нагревающей среде // Безопасность и охрана труда. — 2017. — № 2(71). — С. 54–61.

6. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 24 с.

7. Федеральные нормы и правила «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утвержденные приказом Ростехнадзора № 599 от 11.12.2013.

8. Чеботарев А. Г., Афанасьева Р. Ф. Физиолого-гигиеническая оценка микроклимата на рабочих местах в шахтах и карьерах и меры профилактики его неблагоприятного воздействия // Горная промышленность. — 2012. — № 6 (106). — С. 34–40.

9. Константинов Е. И. Физиолого-гигиенические аспекты оценки нагревающего микроклимата и мер профилактики // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. — 2017. — № 5–6. — С. 80–92.

10. Амелякина А. Н., Любская О. Г., Якутина Н. В. Влияние нагревающего микроклимата на организм человека в производственных условиях / Современные задачи инженерных наук. Сборник научных трудов Симпозиума и Международного научно-технического Форума. — М., 2017. — С. 138—141.

11. Федорович Г. В. Тяжелый труд в нагревающей среде // Безопасность и охрана труда. — 2017. — № 2 (71). — С. 54—61.

12. Vatanpour S., Hrudehy S. E., Dinu I. Can public health risk assessment using risk matrices be misleading? // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015. Vol. 12. No 8. Pp. 9575—9588. DOI: 10.3390/ijerph1208009575.

13. Клебанов Р. Д., Коноплянко В. А., Яковлев С. Е., Иванович Е. А., Итпаева-Людчик С. Л. Новые подходы к оценке нагревающего микроклимата на основе индекса тепловой нагрузки среды // Здоровье и окружающая среда. — 2015. — Т. 2. — № 25. — С. 19—22.

14. Lees F. Lees' loss prevention in the process industries: hazard identification, assessment and control. 3 Vols., 4th edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. 3776 p.

15. Цорина О. А., Стищенко Л. Г. Гигиеническая оценка параметров микроклимата. отличия в подходах // Россия молодая: передовые технологии — в промышленность. — 2011. — № 2. — С. 396—398.

16. Ванханен В. О., Шаптала А. А., Зайцева В. А. Выведение водорастворимых витаминов с потом и обеспеченность ими организма шахтеров глубоких горизонтов // Гигиена труда. — 1973. — С. 464.

17. Ванханен В. Д. Медико-биологические аспекты питания и питьевого режима горнорабочих угольных шахт. http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2007/n07_2_2.htm (интернет ресурс).

18. Фомченкова Л. Н. Современные материалы для специальной одежды // Текстильная промышленность. — 2009. — № 7. — С. 15—17.

19. Джанпаизова В. М., Рахманкулова Ж. А., Отарбекова С. Ж., Махмудова М. А. Проектирование рациональной конструкции спецодежды предназначенной для жарких климатических условий // Наука и мир. — 2014. — № 8 (12). — С. 48—51.

20. Павлов М. А. Разработка и исследование комплексных материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата техн. наук. — М., 2018. — 172 с.

21. Al Shannaq R., Farid M. M. Microencapsulation of phase change materials (PCMs) for thermal energy storage systems // Advances in Thermal Energy Storage Systems. 2015. Pp. 247—276. **PLoS**

REFERENCES

1. Zemskov A. N., Liskova M. Yu., Smirnova E. V. Analysis of mine personnel working environment and normalization procedures for dust and gas composition of mine air. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2017, no 2, pp. 58—68. [In Russ].

2. Liskova M. Yu., Vishnevskaya N. L., Plakhova L. V. Effect of microclimate on personnel in deep-level excavations of potash mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no 9, pp. 219—230. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-219-230.

3. Zaytsev A. V. *Nauchnye osnovy rascheta i upravleniya teplovym rezhimom podzemnykh rudnikov* [Scientific basis for thermal behavior design and control in underground mines], Doctor's thesis. Perm, 2019, 247 p.

4. Sorensen G., Nagler E. M., Pawar P., Gupta P. C., Pednekar M. S., Wagner G. R. Lost in translation: The challenge of adapting integrated approaches for worker health and safety for low- and middle-income countries. *Plos One*. 2017. Vol. 12. No 8. Article e0182607. DOI: 10.1371/journal.pone.0182607.

5. Fedorovich G. V. Bull work in heating environment. *Bezopasnost' i okhrana truda*. 2017, no 2(71), pp. 54–61.

6. *Rukovodstvo po otsenke professional'nogo riska dlya zdorov'ya rabotnikov. Organizatsionno-metodicheskie osnovy, printsipy i kriterii otsenki R 2.2.1766-03* [R 2.2.1766-03. Guidance on assessment of occupational health risk of personnel. Organization, procedures, principles and criteria], Moscow, 2004, 24 p. [In Russ].

7. *Federal'nye normy i pravila «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornykh rabot i pererabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh», utverzhdennye prikazom Rostekhnadzora № 599 ot 11.12.2013* [Federal Code: Safety Regulations in Solid Mineral Mining and Processing, approved by the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service of Russia (Rostekhnadzor), Order No. 599 as of Dec 11, 2013]. [In Russ].

8. Chebotarev A. G., Afanas'eva R. F. Physiological and hygienic estimation of workplace microclimate in surface and underground mines, and adverse effect precautions. *Gornaya promyshlennost'*. 2012, no 6 (106), pp. 34–40. [In Russ].

9. Konstantinov E. I. Physiological and hygienic aspects of heating microclimate assessment and precautions. *Okhrana truda i tekhnika bezopasnosti na promyshlennykh predpriyatiyakh*. 2017, no 5–6, pp. 80–92. [In Russ].

10. Amelyakina A. N., Lyubskaya O. G., Yakutina N. V. Heating microclimate effect on health in a production environment. *Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk. Sbornik nauchnykh trudov Simpoziuma i Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo Forum*a [Modern problems in engineering. Symposium and International Engineering Forum Proceedings], Moscow, 2017, pp. 138–141. [In Russ].

11. Fedorovich G. V. Bull work in heating environment. *Bezopasnost' i okhrana truda*. 2017, no 2 (71), pp. 54–61. [In Russ].

12. Vatanpour S., Hrudey S. E., Dinu I. Can public health risk assessment using risk matrices be misleading? *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015. Vol. 12. No 8. Pp. 9575–9588. DOI: 10.3390/ijerph1208009575.

13. Klebanov R. D., Konoplyanko V. A., Yakovlev S. E., Ivanovich E. A., Itpaeva-Lyudchik S. L. New approaches to heating microclimate assessment by the heat load index of a medium. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*. 2015. Vol. 2, no 25, pp. 19–22. [In Russ].

14. Lees F. *Lees' loss prevention in the process industries: hazard identification, assessment and control*. 3 Vols., 4th edition. Oxford: Butter-worth-Heinemann, 2012. 3776 p.

15. Tsorina O. A., Stishenko L. G. Hygienic estimate of microclimate. Difference in approaches. *Rossiya molodaya: peredovye tekhnologii – v promyshlennost'*. 2011, no 2, pp. 396–398. [In Russ].

16. Vankhanen V. O., Shaptala A. A., Zaytseva V. A. Removal of water-soluble vitamins with sweat and vitamin fortification status of health in deep mines. *Gigiena truda*. 1973, pp. 464. [In Russ].

17. Vankhanen V. D. *Mediko-biologicheskie aspekty pitaniya i pit'evogo rezhima gornorabochikh ugol'nykh shakht* [Biomedical aspects of feeding and water intake schedule of coal miners], http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2007/n07_2_2.htm.

18. Fomchenkova L. N. Modern fabrics for special clothing. *Tekstil'naya promyshlennost'*. 2009, no 7, pp. 15–17.

19. Dzhanpaizova V. M., Rakhmankulova Zh. A., Otarbekova S. Zh., Makhmudova M. A. Rational design of special clothing for hot climate. *Science and world*. 2014, no 8 (12), pp. 48–51. [In Russ].

20. Pavlov M. A. *Razrabotka i issledovanie kompleksnykh materialov dlya odezhdy, ekspluatiruemoy v ekstremal'nykh usloviyakh* [Development and analysis of multipurpose materials for clothing to serve in extreme conditions], Candidate's thesis, Moscow, 2018, 172 p.

21. Al Shannaq R., Farid M. M. Microencapsulation of phase change materials (PCMs) for thermal energy storage systems. *Advances in Thermal Energy Storage Systems*. 2015. Pp. 247–276.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Вишневская Нина Леонидовна*¹ — д-р мед. наук, профессор,

*Лискова Мария Юрьевна*¹ — канд. техн. наук, доцент,

e-mail: liskova.rpb@gmail.com,

*Плахова Лариса Викторовна*¹ — канд. биол. наук, доцент,

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

Для контактов: Лискова М.Ю., e-mail: liskova.rpb@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*N.L. Vishnevskaya*¹, Dr. Sci. (Med.),

*M.Yu. Liskova*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,

e-mail: liskova.rpb@gmail.com,

*L.V. Plakhova*¹, Cand. Sci. (Biol.), Assistant Professor,

¹ Perm National Research Polytechnic University, 614990, Perm, Russia.

Corresponding author: M.Yu. Liskova, e-mail: liskova.rpb@gmail.com.

Получена редакцией 21.05.2020; получена после рецензии 19.06.2020; принята к печати 20.09.2020.

Received by the editors 21.05.2020; received after the review 19.06.2020; accepted for printing 20.09.2020.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, ОСНОВАННЫХ НА ОЦЕНКЕ БАЛАНСА ЭНЕРГИИ

(2020, № 6, СВ 20, 12 с. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-20-3-9)

*Алексеев Вячеслав Юрьевич*¹ — аспирант, e-mail: slavick.alexeeff@gmail.com,

*Сидоренко Андрей Александрович*¹ — канд. техн. наук, доцент, e-mail: sidorenkoaa@mail.ru,

¹ Санкт-Петербургский горный университет.

Предложена классификация геодинамических осложнений с учетом динамики процессов в геомеханической системе, вызванных как природными, так и техногенными факторами и реализующихся в подземных горных выработках в процессе разработки угольных месторождений. Классификация предусматривает связь «вид энергии — технологический процесс — динамическое явление» и позволяет ранжировать процессы по степени влияния в течение разработки угольных залежей со сложными горно-геологическими условиями, что необходимо для своевременного прогноза динамических явлений и выработки технологических решений по их предотвращению.

Ключевые слова: динамическое явление, геодинамическое явление, классификация геодинамических явлений в угольных шахтах, горный удар, угольное месторождение.

ANALYSIS OF CLASSIFICATIONS OF GEODYNAMIC PROCESSES BASED ON EVALUATION OF THE ENERGY BALANCE

*V.Y. Alekseev*¹, Graduate Student, e-mail: slavick.alexeeff@gmail.com,

*A.A. Sidorenko*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: sidorenkoaa@mail.ru,

¹ Saint-Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.

In this paper, a classification of geodynamic processes is proposed taking into account the dynamics of processes in the geomechanical system caused by both natural and technogenic factors and, principally, realized in underground mines during the development of coal deposits. The proposed classification, which provides for the «type of energy — engineering procedure — dynamic process» connection, allows ranking processes according to the degree of influence during the development of coal deposits with complex geological conditions, which is necessary for the timely forecast of dynamic processes and the development of technological solutions to prevent them.

Key words: dynamic process, geodynamic process, classification of geodynamic processes in coal mines, coal bump, coal deposit.