

УДК 331.461

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ТЕПЛООБМЕН ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ ГОРНОРАБОЧИХ

С. И. Моисеенко, канд. техн. наук (Киевский национальный университет технологий и дизайна)

Розглянуто теплообмінні процеси людини при температурах 80...110 °С та вологості 40...100 %. Обґрунтовано час перебування людини в цих умовах.

Рассмотрены теплообменные процессы, проходящие в организме человека при температурах 80...110 °С и влажности 40...100 %. Обосновано время пребывания человека в этих условиях.

The heat-exchange processes in the human body at temperatures 80...110 °С and humidity 40...100 % are considered. The duration of stay for the person under these conditions is grounded.

Добыча полезных ископаемых (руды, гранита, мрамора) в карьерах, угля в шахтах связана со значительным выделением пылевой массы. Применение спецодежды и средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗ ОД) снижает проникновение пыли к телу человека и в органы дыхания. Однако определенная часть пыли все же проникает к телу человека и во внутренние органы.

Наличие пыли, связанное с потожировыми выделениями на поверхности тела человека, приводят к закупорке пор кожи, что влечет за собой нарушение газообмена в организме человека. Пылевые отложения в органах дыхания, а именно, на слизистых оболочках трахеи и бронхов, вплоть до альвеол, приводят к нарушению насыщения кислородом крови человека и вызывают активизацию дыхательных циклов, что влечет за собой дополнительные затраты энергии.

Для нормализации функционирования организма после пребывания человека в среде повышенного пылесодержания необходимы водные процедуры. Вода с моющими средствами практически полностью удаляет пылевую массу с поверхности тела человека, но не способна очистить слизистые оболочки органов дыхания. Поэтому одним из эффективных способов очистки органов дыхания и тела человека является пользование баней и сауной. Такой способ профилактики заболеваний связан с восприятием высокой температуры и других факторов. Эти особенности горнорабочие должны знать, чтобы получить максимальную пользу при принятии процедур в банях и саунах.

Попадая в баню, человек оказывается под влиянием целой группы раздражителей: тепла, пара, воды, изменения температуры. Организм человека начинает реагировать на все эти факторы. В результате наблюдается улучшение деятельности организма в целом, повышение его сопротивляемости различным заболеваниям, рост жизненного тонуса и работоспособности человека. Банные

процедуры используются в качестве высокоэффективных профилактических, восстановительных и закаливающих средств [1].

Баня активизирует деятельность потовых и сальных желез, усиливает минеральный и белковый обмен, газообмен, повышает количество выведенной из организма мочевины и молочной кислоты, продуктов распада. Доказано, что человек, правильно выполняющий все банные процедуры, теряет в весе до 2 кг за одно посещение.

В результате действия банного жара в кожной ткани происходит образование ценных продуктов белкового обмена, которые с кровью поступают во все части организма. Жар очищает кожу от верхнего омертвевшего слоя, пота, жира и пыли, делает ее гладкой, упругой и эластичной, придает ей здоровый оттенок, повышает количество поглощаемого кожей кислорода.

Сочетание горячего воздуха и холодной воды – это своеобразная гимнастика кожи, которая повышает ее тонус, улучшает защитные, выделительные и терморегуляторные функции.

Под воздействием высокой температуры активизируются многие процессы кровообращения: улучшается прохождение крови по артериям, происходит отток крови от центральных органов к периферии (мышцы и кожа), что значительно облегчает работу левого предсердия и левого желудочка, в большом и малом кругах кровообращения исчезают застойные явления. Кроме того, повышается содержание гемоглобина в крови, увеличивается число лейкоцитов и эритроцитов. Благодаря баннным процедурам происходит стабилизация кровяного давления: у гипертоников оно понижается, а у гипотоников повышается. Страдающие гипертонией начальной стадии очень хорошо переносят баню [1].

Таким образом, баня оказывает благотворное влияние на деятельность всей сердечно-сосудистой системы здорового человека, и те дополнительные нагрузки, которые возникают в результате действия высокой температуры и пара, идут ей на пользу. Положительное воздействие оказывают банные процедуры и на нервную систему человека. Повышаются регулирующие и функциональные способности нервной системы.

Благодаря тому, что увеличивается приток крови на периферию, кровоток в мозге уменьшается, что в свою очередь понижает эмоциональную активность, снимает нервное напряжение. Мышечные ткани человека расслабляются, организм погружается в состояние покоя, получая возможность восстановить свои силы.

У парящегося в бане человека наблюдается повышение влагообмена и активизация дыхания, которое становится чаще и глубже, потребление кислорода тканями значительно возрастает. Легкие человека выполняют функцию терморегуляции, помогают организму акклиматизироваться к температуре парной.

Сила воздействия бани зависит от микроклимата парной и физиологического состояния парящегося. Насыщение воздуха водяными парами способствует обмену альвеолярного воздуха, улучшает деятельность слизистой оболочки дыхательных путей вследствие конденсации на ней

водяных паров, влияет на терморегуляцию тела путем потоотделения и т.д. Под влиянием бани повышается потребление кислорода и увеличивается выделение углекислого газа. Во время пребывания в парной частота дыхания увеличивается до 20 вдохов в минуту, увеличивается емкость легких, улучшается их вентиляция.

Еще до повышения внутренней температуры тела под влиянием локальной гипертермии ускоряются обменные процессы в слизистой оболочке дыхательных путей и активизируется терморегуляционная функция слизистой и подслизистой структур. Под влиянием этих реакций повышаются перфузия и газообмен, что приводит к увеличению транспорта тепла к слизистой оболочке дыхательных путей; именно этими физиологическими процессами обусловлены профилактические и терапевтические действия бани на органы дыхания.

Тепло парной способствует релаксации тканей внешних дыхательных органов. Важным эффектом парной является расширение бронхов. В результате локальной релаксации органов дыхания дыхание становится частым и глубоким. Горячий воздух, воздействуя на кожу и слизистую оболочку носа, способствует уменьшению отека слизистой при респираторных заболеваниях и уменьшает выделение секрета из носа.

Несмотря на все положительные стороны бани, не следует забывать об осторожности. Не стоит перегружать свой организм банными процедурами. Появление сухости во рту, легкое жжение кожи – признаки того, что благо начинает переходить во вред. Излишняя нагрузка может вызвать отрицательные изменения в работе всего организма, особенно сердечно-сосудистой и нервной систем, а также всей системы терморегуляции [1].

Жизнедеятельность человека связана с постоянным выделением тепла. Для поддержания теплового баланса необходима отдача тепла в окружающую среду.

Рассмотрим модель теплообмена человека с окружающей средой в нормальных условиях и в условиях бани и сауны.

В нормальных условиях окружающей среды при температуре воздуха + 20 °С и относительной влажности 65 % человек довольно длительное время может ощущать комфорт. Это достигается координацией процессов, направленных на выработку и выведение тепла в организме, и осуществляется аппаратом химической и физической терморегуляции. В общем виде этот процесс может быть представлен упрощенным уравнением теплового баланса [3]:

$$M = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{дых}} + Q_{\text{исп.д}} \pm D, \quad (1)$$

где M – теплообразование, Вт; $Q_{\text{рад}}$ – потери тепла радиацией, Вт; $Q_{\text{конв}}$ – потери тепла конвекцией, Вт; $Q_{\text{исп}}$ – потери тепла вследствие испарения влаги с поверхности тела, Вт; $Q_{\text{дых}}$ – потери тепла дыханием (за счет нагревания вдыхаемого воздуха), Вт; $Q_{\text{исп.д}}$ – потери тепла испарением влаги с органов дыхания, Вт; D – дефицит тепла в организме человека, Вт.

Когда температура окружающей среды ниже температуры человека и отсутствуют источники тепловой радиации, человек отдает тепло в

окружающую среду за счет теплоотдачи. При уменьшении количества тепла D теплоощущения “комфортно” будут переходить в теплоощущения “прохладно”, таким образом, человек будет переохлаждаться.

Рассмотрим модель теплообмена человека в сауне. Температурный режим сауны (+80...110 °С) поддерживается благодаря источнику тепловой энергии (разогретые камни), который создает дополнительно и радиационный тепловой поток. Относительная влажность воздуха в сауне 40...70 %.

Человек, находящийся в сауне, будет получать дополнительное тепло из окружающей среды. Тогда уравнение теплового баланса (1) примет следующий вид:

$$M + Q_{\text{рад}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{дых}} = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{исп.д}} \pm D. \quad (2)$$

Как следует из уравнения (2), человек, находящийся в сауне, отдает тепло в окружающую среду за счет испарения пота с поверхности тела и влаги с органов дыхания, а приток тепла осуществляется теплообразованием в организме человека, радиацией, конвекцией и за счет нагревания органов дыхания при вдыхании горячего воздуха. Очевидно, что равенство левой и правой части уравнения (2) будет поддерживаться за счет дефицита тепла (для комфортных условий он составляет ± 167 кДж). В свою очередь, дефицит тепла будет зависеть от физиологических особенностей человека, то есть от его массы, состояния кровеносной системы, системы дыхания и т.д. Для одного человека время дефицита тепла (пребывание в сауне до потери теплоощущений “комфортно”) будет составлять 10...15 мин., а для другого – 20...30 мин.

Рассмотрим модель теплообмена человека в парной (русской бане). Температурный режим бани + 80...90 °С. Относительная влажность воздуха в парной 95...100 %. Теплоотдача человека в парной будет осуществляться практически так же, как и в сауне, но величина количества тепла $Q_{\text{исп}}$ и $Q_{\text{исп.д}}$, отдаваемого человеком в окружающую среду, будет значительно ниже.

Теплопотери испарением влаги с дыхательных путей можно определить по формуле [2]:

$$Q_{\text{исп.д}} = V \cdot 2451(W_1 - W_2), \quad (3)$$

где V – дыхательный объемный расход воздуха, м³/ч; 2451 – скрытая теплота парообразования, кДж/кг; W_1 – содержание влаги во вдыхаемом воздухе, кг/м³; W_2 – содержание влаги в выдыхаемом воздухе, кг/м³.

Поскольку относительная влажность воздуха в парной составляет 100 %, то и теплопотери испарением влаги с органов дыхания становятся равными нулю.

Теплопотери пота с тела человека $Q_{\text{исп}}$ можно определить по формуле [3]:

$$Q_{\text{исп}} = \beta(P_0 - P_{\text{в}}), \quad (4)$$

где β – коэффициент испарения; P_0 – давление водяных паров на поверхности кожи; $P_{\text{в}}$ – давление водяных паров в окружающем воздухе.

Из приведенного уравнения (4) следует, что испарение воды со всей поверхности кожи может осуществляться даже в воздухе, насыщенном водяными парами, если их давление у поверхности кожи больше, чем в окружающем воздухе. Коэффициент испарения зависит от кривизны поверхности тела, давления и скорости движения воздуха, а также от величины увлажненной поверхности. Исходя из изложенного выше, можно сделать вывод, что теплопотери человека в парной зависят только от теплопотерь за счет испарения пота.

Таким образом, теплоотдача человека в парной значительно меньше, чем в сауне. Следовательно, время пребывания в парной при теплоощущениях “комфортно” будет меньше. Учитывая эти особенности, потовыделение в парной больше, чем в сауне.

Температура воздуха в бане с сухим паром выше, чем с влажным. Поэтому людям, недавно начавшим принимать банные процедуры или пришедшим в сауну впервые, следует париться при температуре не выше 70 °С. Впоследствии температуру сауны для мужчин можно увеличить до 90 °С, а для женщин – до 80 °С.

Чтобы воздух в парной был более сухим и горячим, следует уменьшить количество воды, выливаемой на раскаленные камни. Поливая раскаленные камни водой, рекомендуется дышать носом. Проходя через носовую полость, горячий воздух становится менее горячим, а сухой – более влажным.

Выливая воду на горячие камни или распаривая веник, очень легко получить ожог. Во избежание этого на руки надо надеть шерстяные варежки или брезентовые рукавицы. Кроме того, шерстяными варежками очень удобно удалять выступивший на теле пот, массируя при этом тот или иной участок тела. Основное требование к варежкам и рукавицам – их чистота. После каждого посещения бани их необходимо стирать.

При температуре воздуха 90 °С и влажности 40 % продолжительность пребывания в парном отделении сауны не должна превышать 8...12 минут [1]. К водным процедурам можно переходить после 2...3 заходов в парилку.

Банные процедуры приводят к тому, что человеческий организм теряет большое количество воды, которое необходимо периодически восполнять. В перерывах между заходами в парилку рекомендуется выпивать стакан чая или какого-либо прохладительного напитка.

После бани рекомендуется пить натуральные соки, минеральные воды, лимонад, крепкий чай с топленым молоком. Можно выпить немного пива. Кружка пива в день уменьшает риск инсульта в 1,5 раза. Доказано, что пиво способствует усвоению организмом меди, которая необходима для нервных клеток и хорошей работы сердечно-сосудистой системы. Пиво в небольших количествах особенно следует пить тем, кто страдает заболеваниями сердца и сосудов, легко раздражается, быстро устает, часто подвергается стрессам.

От банных процедур желательно воздержаться в том случае, если в течение дня организм подвергался большим физическим нагрузкам. Не рекомендуется париться поздно вечером, перед сном или на полный или пустой желудок (после приема пищи должно пройти не меньше двух часов). И,

конечно, ни в коем случае нельзя париться после приема спиртного, так как даже незначительное содержание алкоголя в организме человека повышает интенсивность выделяемого им тепла, а условия бани затрудняют необходимую при этом теплоотдачу. Результатом этого может стать тепловой удар, обморок, нарушения в работе нервной системы, сердца. Людям с нарушениями в системе кровообращения следует избегать резкой смены температур, так как при этом человек испытывает максимальную нагрузку.

1. *Самойлов В. С.* Все о банях и саунах. – М.: Аделант, 2006. – 416 с.
2. *Городинский С. М., Бавро Г. В., Иванов Г. А.* Некоторые закономерности потоотделения у человека в условиях тепловой нагрузки. – Гиг. и сан. – 1971. – № 10. – С. 33–36.
3. *Кошечев В. С.* Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода. – М.: Медицина, 1981. – 287 с.