

Бурабаева А.А.

**СОСТОЯНИЕ ТЕПЛОВОГО ОБМЕНА И ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА
БУРОВИКОВ КОЛОНКОВОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД
ГОДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ВЫСОКОГОРЬЕ**

A.A. Burabaeva

**THE STATE OF THERMAL EXCHANGE AND THERMAL BALANCE
OF DRILLING TECHNICIANS IN WARM PERIOD OF THE YEAR DURING
THEIR OPERATIONAL ACTIVITY IN HIGH ALTITUDE**

УДК: 612.014.43

Исследование теплового обмена человека с окружающей средой имеет существенное значение с позиций изучения физиологических реакций организма в ответ на воздействие производственных факторов и научного обоснования мер профилактики их неблагоприятного воздействия, особенно в экстремальных условиях высокогорья. С целью изучения теплового обмена буровиков колонкового бурения скважин, работающих на высоте 4000-4500 м над уровнем моря, были исследованы показатели теплового обмена, определен тепловой баланс данной категории операторов и дана им оценка.

Ключевые слова: операторы, буровики колонкового бурения, тепловой обмен, тепловой баланс, высокогорье.

Examination of thermal exchange of a human body with the environment has importance for learning physiological reactions of the body to the influence of unfavorable occupational factors and scientific substantiation of measures of prevention of their negative effects, especially in extreme conditions of high altitude. In this connection, with the purpose of examining and assessment of indices of thermal exchange and thermal balance of drilling technicians in high altitude (4000-4500 m above sea level) during their operational activity in cold period of the year were conducted.

Key words: operators, drilling technicians, thermal exchange, thermal balance, high altitude.

Введение. В Кыргызской Республике, на высотах от 2500 до 4500 м над уровнем моря происходит разработка полезных ископаемых. Детально-оценочную разведку проводят операторы - буровики колонкового бурения скважин. Данная профессия является неизученной не только в высокогорье, но и в условиях равнины.

Организм человека – это саморегулирующаяся система, физиологический механизм, которой с целью поддержания постоянной температуры тела направлен на обеспечение соответствия количества образованного тепла (теплопродукция) количеству тепла, отданного во внешнюю среду (теплоотдача). Если в какой-либо период эти процессы разбалансированы, в организме происходит накопление или убыль тепла, то есть происходит нарушение теплового баланса, и это в дальнейшем может отразиться на состоянии здо-

ровья, особенно лиц работающих в экстремальных условиях, таких как условия высокогорья.

Исследование состояния теплового обмена организма буровиков колонкового бурения в зависимости от метеорологических факторов производственной среды во время рабочей деятельности является актуальным с точки зрения изучения структуры теплообмена, теплового баланса и научного обоснования мер профилактики их неблагоприятного воздействия.

Исходя из вышеизложенного, были проведены исследования по определению структуры теплового обмена и состояния теплового баланса буровиков, занятых колонковым бурением скважин на высоте 4000-4500 м над уровнем моря, в экстремальном высокогорье.

Материал и методы. Исследования были проведены на 178 буровиках колонкового бурения скважин в возрасте от 25 до 45 лет, со средним стажем работы в высокогорье 10±1,8 года. Организация труда буровиков осуществлялась в режиме «Вахта» по схеме 15+(12+12)+15. Исследования проводились в дневную смену, в теплый период года, 4 раза в день, в состоянии относительного покоя, до работы и во время производственной деятельности.

Так как теплообмен человека напрямую зависит от метеорологических факторов окружающей среды, то есть производственных условий, были измерены показатели микроклимата: температура, влажность, скорость движения и давление воздуха как внутри буровых агрегатов, так и на открытом пространстве. Для этого были использованы психрометр Ассмана, шаровой кататермометр, крыльчатый анемометр, барометр-анероид. Также была определена температура ограждений и поверхностей оборудования буровых агрегатов, так как они тоже влияют на показатели теплового состояния, для этих целей применялся соответствующий термометр.

Теплозащитные свойства рабочей одежды буровиков оценивались в единицах clo (кло) в соответствии со шкалой И.С. Кандропа (1).

Оценку теплового обмена проводили определением удельных теплопотерь, то есть количества тепла, теряемых организмом одним из путей

теплоотдачи: конвекцией, излучением, испарением. Для расчета удельных теплотерь были определены величины поверхности тела буровиков, участвующих в теплообмене, по Н.К. Витте. Средневзвешенную температуру поверхности тела (СВТК) определяли путем измерения температуры кожи в 5 точках и рассчитывали его в соответствии с величиной температуры отдельных участков и значимостью этих участков по отношению ко всей поверхности тела по следующей формуле:

$$СВТК = 0,07t_{\text{лба}} + 0,50t_{\text{груди}} + 0,05t_{\text{кисти}} + 0,20t_{\text{лба}} + 0,064t_{\text{стопы}}$$

Теплоотдачу испарением с поверхности кожи проводили по формуле Р.О. Фангера:

$$Q_{\text{исп}} = 3,06 \cdot 10^{-3} S (256t_k - 3360 - Pa),$$

где Pa – парциальное давление влаги в окружающем воздухе; t_k – средневзвешенная температура кожи, °С.

Теплоотдачу испарением с поверхности легких проводили по формуле:

$$Q_{\text{л}} = K_{\text{л}} \cdot Q_{\text{п}},$$

где $Q_{\text{л}}$ – теплоотдача через легкие, $Q_{\text{п}}$ – средняя теплоотдача испарением, $K_{\text{л}}$ – коэффициент для пересчета теплоотдачи через легкие.

Теплоотдачу конвекцией рассчитывали по формуле: $S = 0,10(0,5 + \sqrt{v}) \cdot \Pi(t_b - t_n)$, где v – скорость движения воздуха м/с; t_b – температура воздуха; t_n – средневзвешенная температура кожи.

Теплоотдачу радиацией рассчитывали по формуле: $R = 0,093 \cdot \Pi(t_{\text{ст}} - t_n)$, где Π – величина

поверхности тела; $t_{\text{ст}}$ – температура окружающих стен и предметов; t_n – средневзвешенная температура поверхности тела.

Теплопродукцию определяли открытым способом по Дуглас-Холдену по методике, рекомендованной И.И. Лихницкой (2). На основании данных потребления кислорода и выделенной углекислоты, приведенных к условиям STPD и расчета дыхательного коэффициента (ДК) в соответствии с общепринятыми правилами определялись энергозатраты в ккал/мин.

Для определения теплового баланса буровиков была применена следующая формула: $Q = M \pm R \pm C - E$, где Q – величина задержанного в организме или потерянного тепла; M – величина теплопродукции; R – теплоотдача радиацией; C – теплоотдача конвекцией; E – теплоотдача испарением.

Путем радиации и конвекцией (R и C) может происходить либо отдача организмом (величина со знаком минус), либо его получение (величина со знаком плюс). Теплоотдача испарением – величина, имеющая всегда знак минуса, так как она отражает тепловую энергию, отдаваемую организмом на испарение воды (пота).

Результаты и обсуждение. Показатели микроклимата, при которых проводилось изучение состояния теплового теплообмена буровиков, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Микроклиматические условия изучения теплового состояния буровиков

Показатели	Внутри бурового агрегата		На открытом пространстве	
	Покой	Работа	Покой	Работа
Температура воздуха, °С	9,0±2,7	11,7±2,7	5,4±2,1	9,4±2,5
Относительная влажность воздуха, %	55,0±13,4	50,3±11,6	65,3±14,1	55,3±13,7
Скорость движения воздуха, м/с	0,12±0,001	0,08±0,001	0,30±0,17	0,27±0,10
Температура поверхностей, °С	4,7±1,4	5,6±1,3	-	-

Как видно из таблицы 1, микроклимат производственной среды буровиков был охлаждающим. Теплоизоляционные свойства одежды буровиков были в пределах 2,5-3,0 кло. СВТК у бурильщиков до работы была 26,7°С, во время работы – 26,9 °С, у помбуров – 26,4 и 26,9 °С соответственно. Площадь поверхности тела бурильщиков была в среднем 1,35 м², у помбуров – 1,32 м².

Рассмотрение величин теплотерь бурильщиков и их помощников (помбуров) (табл. 2) в состоянии относительного покоя в теплый период года показывает их относительное сходство как в абсолютных величинах, так и в структуре общих теплотерь и были следующими: у бурильщиков и их помощников теплотери испарением с поверхности тела составили 1,43 и 1,37 ккал/мин (21,2 и 21,2%) соответственно, дыханием – 0,53 и 0,51 ккал/мин (7,9 и 7,9%), конвекцией – 2,01 и 1,93 ккал/мин (29,9 и 29,8%) и радиацией – 2,76 и 2,66 ккал/мин (41,0 и 41,1%).

Таблица 2

Показатели теплового обмена и теплового баланса буровиков в теплый период

Показатели	Бурильщики		Помбуры	
	покой	работа	покой	работа
Теплоотдача испарением, ккал/ мин (%), из них: <u>с поверхности тела</u> с легких	1,96±0,03(29,1%): <u>1,43±0,02 (21,2%)</u> 0,53±0,01 (7,9%)	1,99±0,02(31,8%): <u>1,45±0,02 (23,2%)</u> 0,54±0,01 (8,2%)	1,88±0,01(29,1%): <u>1,37±0,01 (21,2%)</u> 0,51±0,01 (7,9%)	1,92±0,01(31,5%): <u>1,42±0,02 (23,3%)</u> 0,50±0,01 (8,2%)
Теплоотдача конвекцией, ккал/мин (%)	2,01±0,03 (29,9%)	1,60±0,01 (25,6%)	1,93±0,02 (29,8%)	1,56±0,01 (25,6%)
Теплоотдача радиацией ккал/мин (%)	2,76±0,03 (41,0%)	2,67±0,03 (42,6%)	2,66±0,01 (41,1%)	2,61±0,02 (42,3%)
Общие теплотери, ккал/мин	6,73±0,03	6,26±0,03	6,47±0,03	6,09±0,03
Теплопродукция, ккал/мин	2,69±0,02	4,94±0,02	2,74±0,02	5,05±0,03
Тепловой баланс	- 4,04	-1,32	-3,73	-1,04

Общие потери тепла у бурильщиков составило 6,73 ккал/мин, у помбуров 6,47 ккал/мин, что на 0,26 ккал/мин меньше, чем у первых. Количество вырабатываемого тепла в состоянии покоя, до работы у бурильщиков составило 2,69 ккал/мин, у помбуров – 2,74 ккал/мин.

Тепловой баланс у буровиков был отрицательным: у бурильщиков - 4,04 ккал/мин, а у помбуров – -3,73 ккал/мин. Отрицательный тепловой баланс у буровиков в состоянии относительного покоя, до работы указывает на то, что происходит интенсивное напряжение процессов терморегуляции, несмотря на то, что исследования были сделаны в теплый период года.

При производственной деятельности и у бурильщиков, и у помбуров также отмечается относительное сходство, как в абсолютных величинах, так и в структуре теплопотерь и были следующими: теплотери испарением с поверхности тела 1,45 и 1,42 ккал/мин (23,2 и 23,3%) соответственно, дыханием – 0,54 и 0,50 ккал/мин (8,6 и 8,2%), конвекцией – 1,60 и 1,56 ккал/мин (25,6 и 25,6%), радиацией – 2,67 и 2,61 ккал/мин (42,6 и 42,3%). Общее количество тепла, теряемого бурильщиками, был равен 6,26 ккал/мин, потери помбуров составили 6,09 ккал/мин. При этом бурильщики производили 4,94 ккал/мин тепла, помбуры же – 5,05 ккал/мин. Бурильщики увеличили выработку тепла на 83,6%, помбуры – на 84,3%, по сравнению с исходным уровнем. Тепловой баланс буровиков во время работы был отрицательным: -1,32 ккал/мин у бурильщиков и -1,04 ккал/мин у помбуров.

В структуре теплопотерь у буровиков до работы преобладали теплотери радиацией (41,0 и 41,1%), затем конвекцией (29,9 и 29,8%), третью позицию занимало испарение (29,1 и 29,1%).

Во время производственной деятельности буровиков радиационные теплотери несколько увеличились (42,6 и 42,3%), испарение вышла на вторую позицию (31,8 и 31,5%), конвективные теплотери уменьшились (25,6 и 25,6%). Снижение теплопотерь конвекцией связано с повышением температуры воздуха и снижением скорости его движения в производственной зоне буровых агрегатов. Теплотери радиацией снизились только в абсолютных величинах, что

обусловлено с повышением температуры ограждений и поверхностей буровых агрегатов, но в структуре теплопотерь в относительных величинах оно стало занимать больший объем, чем в покое. В структуре теплопотерь, по сравнению с нормой (в комфортном состоянии она составляет 25%), как до работы, так и во время работы преобладают теплотери испарением, что связано с низким содержанием водяных паров в воздухе производственной среды буровиков. Величины же теплопотерь конвекцией и радиацией до и во время работы находились в пределах нормативных показателей.

Выводы: Таким образом, проведенные исследования состояния теплового обмена и теплового баланса буровиков колонкового бурения скважин в теплый период выявили следующее:

- В структуре теплообмена преобладали теплотери испарением, что связано с низким содержанием водяных паров в окружающем воздухе.
- Теплотери конвекцией и радиацией находились в пределах нормативных показателей.
- До работы, в состоянии относительного покоя, так и во время работы у буровиков происходит интенсивное напряжение процессов терморегуляции, но, несмотря на это, теплопродукция не соответствовало теплоотдаче.
- Тепловой баланс буровиков как до работы, так и во время работы был отрицательным, т.е. теплоотдача была выше, чем тепло-продукция.
- Отрицательный тепловой баланс, даже в теплый период года, указывает на возможность переохлаждения организма буровиков, что может явиться причиной некоторых общих и профессиональных заболеваний.

Литература:

1. Кандрор И.С., Демина Д.М., Ратнер Е.М. Физиологические принципы санитарно-климатического районирования территории СССР.- М.: Мед.,1974.-С.30-39.
2. Лихницкая И.И. Методика определения степени физического напряжения при производственной деятельности и возможности её использования в мероприятиях по научной организации труда. - Л., Изд-во Ленинградского дома научно-технической пропаганды, 1973. – 32 с.

Рецензент: д.м.н., профессор Касымов О.Т.