

К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Д.А. Бородавкин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация. В статье проанализированы требования нормативных документов Республики Беларусь к микроклимату на калийных рудниках. Рассмотрен мировой опыт по нормированию микроклимата в горнодобывающей промышленности. Разработаны предложения по направлениям совершенствования нормирования микроклимата на калийных рудниках Республики Беларусь.

Ключевые слова: нормирование микроклимата, калийный рудник, оценка микроклимата, совершенствование нормативной документации, тепловой режим, класс условий труда, индекс тепловой нагрузки среды, нагревающий микроклимат.

Современные темпы развития горнодобывающей промышленности обуславливают необходимость вовлечения в отработку все более глубокозалегающих запасов. Увеличение глубины ведения горных работ приводит к росту температуры окружающего породного массива. Помимо этого увеличивается аэродинамическое сопротивление, а также депрессия тракта воздушной струи, что приводит к невозможности подачи больших объемов воздуха и усилению влияния техногенных источников тепловыделения на формирование неблагоприятных микроклиматических условий в горных выработках [1]. Увеличение температур в шахте ведет к ухудшению самочувствия работников. Помимо температуры на самочувствие работников также оказывают влияние относительная влажность воздуха, лучистый теплоперенос, скорость воздуха, уровень физической активности, а также тип применяемой одежды [2]. Сочетание параметров микроклимата, при котором происходит ухудшение теплообмена между человеком и окружающей средой, проявляющееся в превышении долей тепла в организме верхней границы оптимальной величины и/или повышении процента потерь тепла испарением жидкости в тепловом балансе, возникновении дискомфортных теплоощущений именуется нагревающим микроклиматом.

Воздействие нагревающего микроклимата связано с ухудшением здоровья, снижением производительности труда по причине напряжения различных функциональных систем организма человека [3]. Зачастую, особенно при использовании спецодежды, препятствующей теплообмену человека с окружающей средой, могут возникать заболевания общего характера, проявляющиеся в виде тепловых коллапсов, а также тепловых ударов. Работники, труд которых связан со значительной тепловой и физической нагрузкой, подвергаются интенсивному биологическому старению. Помимо старения проявляются головные боли, повышенная утомляемость и потливость, повышается риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний [4-6].

Впервые с проблемами неблагоприятных микроклиматических условий столкнулись в начале 19 века на золотых приисках в Южной Африке [7]. С тех пор перед учеными стоит задача по снижению влияния нагревающего микроклимата на самочувствие горнорабочих. Для оценки влияния необходим параметр, учитывающий весь комплекс факторов. В качестве основного измерительного оборудования для оценки действия различных факторов использовались различные типы анемометров и термовлагомеров. В 1923 году был разработан один из наиболее используемых показателей теплового стресса – эффективная температура (ЕТ) [8, 9]. Это дало толчок к дальнейшим исследованиям, в связи с чем появились такие показатели, как скорректированная эффективная температура (СЕТ, 1946), прогнозируемый четырехчасовой уровень пота (P4SR, 1947), индекс теплового стресса (HSI, 1955), индекс тепловой нагрузки среды (WBGT, 1957) и

многие другие. Всего с 1905 г. было предложено более 160 показателей теплового напряжения для различных тепловых сред [7].

Показатели тепловой нагрузки используются для комплексного учета всех параметров, оказывающих влияние на микроклимат, результатом вычисления показателя является число, определяющее величину теплового риска в данной ситуации. Несмотря на многообразие показателей теплового стресса, наибольшее применение нашел показатель Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT), характеризующий комплексное воздействие факторов микроклимата и учитывающий радиационный и конвективный теплообмен, а также влажность воздуха.

На сегодняшний день существует ряд международных организаций, регламентирующих показатель WBGT, к числу которых относятся:

- ACGIH – Ассоциация государственных промышленных гигиенистов США;
- AHA – Американская ассоциация промышленной гигиены;
- OSHA – Управление по охране труда (Министерство труда США);
- ISO – Международная организация по стандартизации (распространяет свое действие на 165 стран мира);
- NIOSH – Национальный институт охраны труда США.

В таблице 1 представлено сравнение предельных значений комплексного показателя температуры WBGT в зависимости от уровня энергозатрат работников.

Таблица 1

Сравнение предельных значений комплексного показателя температуры WBGT

Тяжесть работ	ACGIH	AHA	OSHA	ISO	NIOSH
Состояние покоя	–	32,2°C 117 Вт 100 ккал/ч	–	33°C ≤117 Вт ≤100 ккал/ч	–
Легкая работа	30°C 117–233 Вт 100–200 ккал/ч	30°C 233 Вт 200 ккал/ч	30°C ¹ 32,2°C ² 233 Вт <200 ккал/ч	30°C 117–234 Вт 100–201 ккал/ч	30°C ¹ 233 Вт <200 ккал/ч
Работа средней тяжести	26,7°C 234–407 Вт 201–350 ккал/ч	26,7°C 349 Вт 300 ккал/ч	27,8°C ¹ 30,6°C ² 234–349 Вт 201–300 ккал/ч	28°C 234–360 Вт 201–310 ккал/ч	28°C 234–349 Вт 201–300 ккал/ч
Тяжелая работа	–	–	26,1°C ¹ 28,9°C ² 350 Вт >301 ккал/ч	25°C ¹ 26°C ² 360–468 Вт 310–403 ккал/ч	26°C 350–465 Вт 301–400 ккал/ч
Очень тяжелая работа	25°C 407–581 Вт 350–500 ккал/ч	–	–	23°C ¹ 25°C ² >468 Вт >403 ккал/ч	25°C 466–580 Вт 401–500 ккал/ч

1 – при скорости воздуха ниже 1 м/с;

2 – при скорости воздуха выше 1 м/с.

В случае превышения показателями тепловой нагрузки пороговых значений необходима разработка мероприятий по снижению воздействия на здоровье работников нагревающего микроклимата. Наиболее распространенными мероприятиями выступают применение систем кондиционирования воздуха (СКВ), средств индивидуальной защиты (СИЗ), организация мест со сниженной тепловой нагрузкой, регламентированный режим работы, акклиматизация сотрудников, контроль микроклиматических параметров, построение температурных карт рудников и др. [9-12]. Практика показывает, что наиболее эффективными в вопросе противодействия нагревающему микроклимату являются СКВ и организация мест со сниженной тепловой нагрузкой. Первое решение позволяет осуществить нормализацию микроклимата в зоне ведения работ, а второе – снизить значение среднесменного показателя температурного стресса за счет грамотной организации интервалов работы и отдыха [13, 14]. Выбор идеального решения для управления теплом требует технико-экономического анализа альтернатив, который ввиду нестационарности производственных процессов сложно осуществить.

Рассмотрим нормирование микроклиматических условий на калийных рудниках Республики Беларусь (РБ). На сегодняшний день основным документом, регламентирующим требования к подземной разработке соляных месторождений РБ, являются «Правила технической безопасности при разработке подземным способом...» [15]. В версии документа от 30.08.2012 присутствовал пункт 171, который гласил: «Температура воздуха в подготовительных, очистных и других действующих выработках не должна превышать +26°C. При температуре свыше +26°C должны приниматься меры по ее снижению или улучшению микроклимата на рабочих местах», при этом отсутствуют показатели теплового стресса, учитывающие комплексное влияние факторов, оказывающих влияние на здоровье работников при наличии нагревающего микроклимата. Кроме того, не регламентируется время пребывания работников в выработках с различными микроклиматическими условиями, а также уровень энергозатрат при выполнении работ различной тяжести. Из действующей редакции документа данный пункт был исключен, а вместо него появился пункт 230, который гласит: «В рудниках с температурой воздуха на рабочих местах более +26°C должны производиться замеры температуры воздуха. Результаты замеров температуры, а также анализы качественного состава воздуха заносятся в вентиляционный журнал», при этом отсутствуют какие-либо требования к верхней границе допустимой температуры и необходимости ее снижения.

Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» [16], распространяющийся на производственные помещения, расположенные на поверхности, содержат наиболее полную систему нормирования микроклиматических условий, особенно в части оптимальных и допустимых параметров микроклимата. В тоже время в пункте 12 документа имеется замечание, утверждающее, что если допустимые условия микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, микроклиматические условия должны рассматриваться как вредные и опасные, при которых нанимателю следует использовать меры защиты работников, включающие кондиционирование воздуха, воздушное душирование, применение средств индивидуальной защиты, создание помещений для отдыха и обогрева, а также регламентировать время работы во вредных условиях труда, а в пункте 18 рекомендуется для оценки сочетанного действия параметров микроклимата (тем-

пература, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение) в целях осуществления мероприятий по защите работников от возможного перегревания допускается использовать значения интегрального показателя тепловой нагрузки среды (аналог WBGT), выраженного одночисловым показателем в °С, измерения и оценка которого аналогичны методам измерения и контроля температуры воздуха. В документе приведены оптимальные и допустимые параметры микроклимата. В то же время при невозможности обеспечения данных параметров микроклиматических условий следует рассматривать предельно допустимые значения ТНС-индекса с учетом класса вредности условий труда.

Степень вредности/опасности условий труда по фактору микроклимата определяется согласно «Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда» [17]. Оценка уровня воздействия теплового фактора на рабочих местах производственных помещений проводится на основании измерений температуры, относительной влажности воздуха, его скорости движения, а также теплового облучения в местах пребывания работника с последующим сопоставлением полученных величин с гигиеническими нормативами согласно Санитарным нормам и правилам «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», гигиеническому нормативу «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» [16], при этом из оценки исключен ТНС-индекс. Помимо СанПиН «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» использование ТНС-индекса регламентируется санитарными нормами и правилами «Гигиеническая классификация условий труда». В данном документе представлены предельно допустимые значения ТНС-индекса с учетом класса вредности условий труда, при этом в перечне классов условий труда учтены классы вредный (3.4) и опасный (4), а также учтена категория работ по энергозатратам работников.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что действующие нормативные документы отражают вопрос нормирования микроклимата не в полной мере, либо не распространяются на предприятия, осуществляющие подземную разработку полезных ископаемых, и нуждаются в доработке.

Помимо этого задача оценки уровня воздействия нагревающего микроклимата осложняется нестационарностью производственных процессов, наличием факторов, оказывающих периодическое влияние на микроклимат (тепловыделения от движущегося автотранспорта) и постоянным смещением зон ведения работ. В этом случае оценка уровня воздействия теплового фактора является проблематичной. Потребность в определении уровня теплового воздействия на работников диктует необходимость решения проблемы непредсказуемости, т.к. важно знать, какие факторы оказывают влияние на тепловой режим в конкретном месте пребывания, какие значения они имеют и какой вклад вносят в итоговое значение показателя тепловой нагрузки.

Для научного решения этой проблемы необходимо разрабатывать температурные карты рудников, математические модели тепломассообменных процессов в местах пребывания подземных работников, а также осуществить численную реализацию алгоритма расчета тепломассопереноса. Результаты моделирования позволят контролировать уровень теплового стресса в реальном времени, прогнозировать уровень теплового воздействия и тем самым повышать безопасность рудников в целом.

Проведенный анализ нормативной документации Республики Беларусь по вопросам нормирования микроклимата и мирового опыта нормирования позволяет сделать следующие выводы.

1. Действующие для подземных предприятий Республики Беларусь нормативные документы отражают вопрос нормирования микроклимата не в полной мере и нуждаются в корректировке. Требуется введение индекса тепловой нагрузки и его пороговых значений в зависимости от уровня энергозатрат горнорабочих, регламентирование максимально разрешенных температур воздуха в рабочих зонах, указания к разработке мероприятий в случае превышения значений, а также время пребывания горнорабочих в рабочих зонах в зависимости от уровня энергозатрат и температур окружающего воздуха.
2. При внесении корректировок следует принять во внимание мировой опыт в вопросах нормирования микроклимата и учесть такие мероприятия, как применение систем кондиционирования воздуха (СКВ), СИЗ, организация мест со сниженной тепловой нагрузкой, регламентированный режим работы, акклиматизация сотрудников, контроль микроклиматических параметров, построение температурных карт рудников и др.
3. Дополнительного анализа требует фактор нестационарности производственных процессов, приводящих к меняющимся во времени микроклиматическим условиям.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев А.В. Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников: дис. ...д.т.н.; 25.00.20: защищена 23.05.19 / Зайцев Артем Вячеславович. – Пермь, 2019. – 247 с.
2. Gilmour G., Allsop A., Flack D., Hunneyball S., Jobling S., Leeming J.R., Vark D., Quinlan R.M., Robinson G., Scott A., Sprurry T., Yong R.H.G., Shepherd R. Prevention of heat illness in mines // Health and Safety Executive – 2007. – V. 7. – P. 1-14.
3. Юшин В.В., Камардин М.А. Проблемы оценки профессиональных рисков на основе специальной оценки условий труда // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 1 (58) – С. 75-81.
4. Афанасьева Р.Ф., Прокопенко Л.В., Константинов Е.И. Тепловое состояние работающих в нагреваемом микроклимате в теплый и холодный периоды года // Научно-технический сборник вестей газовой науки. – 2013. – № 2 (13) – С. 137-139.
5. 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.
6. Российская энциклопедия по медицине труда / РАМН; гл. ред. Н.Ф.Измеров. – М.: Медицина, 2005. – 653 с.
7. Su Z.G., Jiang Z.A., Sun Z.Q. Study on the heat hazard of deep exploitation in high-temperature mines and its evaluation index // International Conference on Mining Science and technology. – 2009. – Т. 1. – №. 1. – С. 414-419. – (Book series: Procedia Earth and Planetary Science).
8. Hemmatjo R., Zare S., Heydarabadi B. Investigation of heat stress in workplace for different work groups according to ISO 7243 standard in Mehr Petrochemical Complex, Assaluyeh, Iran // Archives of Advances in Biosciences. – 2013. – Т. 4, №. 2. – С. 97-101. – DOI: 10.22037/jps.v4i2.4492.
9. Parson K.C. Environmental ergonomics: a review of principles methods and models // Applied Ergonomics – 2000. – V.31, № 6. – P. 581-594. – DOI: 10/1016/S0003-687(00)00044-2.
10. Левин Л.Ю. Контроль теплового режима породного массива на основе применения оптоволоконных технологий мониторинга температур в скважинах / Л.Ю. Левин, А.В. Зайцев, М.А. Семин // Горное эхо. – 2016. – № 1 (62). – С. 35-37
11. Казаков Б.П., Левин Л.Ю., Зайцев А.В. Современные подходы к разработке способов управления тепловым режимом рудников при высокой температуре породного массива // Горн. журн. – 2014. – № 5. – С. 22-25.

12. Зайцев А.В., Левин Л.Ю., Казаков Б.П., Клюкин Ю.А. Теплотехнические системы нормализации микроклиматических параметров воздуха в глубоких рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» // Горн. журн. – 2018. – № 6. – С. 34-40.
13. Левин Л.Ю., Семин М.А., Зайцев А.В. Разработка математических методов прогнозирования микроклиматических условий в сети горных выработок произвольной топологии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 2. – С. 154-161.
14. He M.-c. Application of HEMS cooling technology in deep mine heat hazard control // Mining Science and Technology. – 2009. – V. 19, № 3. – P. 269-275.
15. Правила по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь: утв. 30.08.2012, № 45. В ред. Постановлений МЧС от 10.04.2014 № 10, от 19.11.2014 № 34, от 23.03.2017 № 7. – Текст электронный. – URL: <https://gospromnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/940/13.-pravila-po-obespecheniyu-promyshlennoy-bezopasnosti-pri-razrabotke-podzemnym-sposobom-solyanykh-mestorozhdeniy-respubliki-belarus.pdf>. (Дата обращения 1.10.21).
16. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», Гигиенического норматива «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений»: Постановление Минздрава РБ, от 30.04.2013 г. №33. – Текст электронный. – URL: <http://bresttorg.by/DswMedia/pmz33.pdf>. (Дата обращения 1.10.21).
17. Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда: утв. Постановлением М-ва труда и соцзащиты РБ от 22.02.2008 №35. – Текст электронный. – URL: <https://ohranatruda.of.by/instruktsiya-po-otsenke-uslovij-truda-pri-attestatsii-rabochikh-mest-po-usloviyam-truda-2020.html>. (Дата обращения 1.10.21).

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2021.4.20

ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ В СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ РУДНИЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Е.Л. Гришин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В работе описаны основы концепции рудничной вентиляции, базирующейся на контроле качественного состава воздуха в рабочих зонах подземных рудников и действующих горных выработках при его эффективном, в том числе повторном, использовании. Данный подход позволяет максимально использовать потенциал подаваемого в шахту воздуха для обеспечения предельно допустимых содержаний взрывоопасных и ядовитых газов в рудничной атмосфере. Однако рассматриваемый подход к использованию воздуха требует изменения и расширения как самого понятия газовый режим рудника, так и мероприятий, его составляющих. Описаны основные направления корректировки газового режима с примерами полученных по этим направлениям научных результатов, а также эффекта в реальных условиях шахт и рудников.

Ключевые слова: газовый режим, рудничная вентиляция, оксиды азота, воздух рабочей зоны.

Современная концепция рудничной вентиляции

В соответствии с требованиями промышленной безопасности аэрологическая безопасность при ведении подземных горных работ достигается за счет определения источников выделения опасных и ядовитых веществ в рудничную атмосферу и обеспечения каждого такого источника загрязнения требуемым расходом свежего воздуха. При этом очень важным становится процесс доставки чистого воздуха в нужном объеме непосредственно до источника. В этом заключается классическая задача рудничной вентиляции.

Современное состояние горнодобывающей отрасли вносит существенные коррективы в процесс проветривания шахт и рудников. В результате образуется современ-