

рекультивации произойдет существенное растекание этой зоны и снижение уровня воды в неогеновом горизонте.

### Библиографический список

1. Результаты исследований по обезвоживанию хвостов для сухого складирования / Н.Е. Вовк, А.М. Писарев // Горный журнал. – 1976. – № 2. – С. 76–79.
2. Гавриш П.Д., Канарский В.Ф., Кондратьев В.М. и др. Водохранилища и водооградительные сооружения ГАЭС, ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
3. СНиП 3.06.05 – 84. Плотины из грунтовых материалов. – М.: Госстрой СССР, 1985.
4. Дидович М.Я. Экспериментальные исследования формирования противofильтрационного экрана из высоковлажного глинистого грунта. Тр. ин-та ВОДГЕО – М.: Изд-во АН СССР, 1970. - Вып. 27. – С. 97–100.
5. Проницаемость и фильтрация в глинах / В.М. Гольдберг, Н.П. Скворцов. – М.: Недра, 1986. – 160 с.
6. Методические рекомендации по сооружению земляного полотна автомобильных дорог из грунтов повышенной влажности. – М.: СоюзДорНИИ, 1980. – 58 с.
7. Возведение земляного полотна автомобильных дорог: учеб. пособие / М.Н. Першин, Г.И. Артюхина. – СПб.: СПбГАСУ, 2007. – 117 с.
8. Физико-математические основы фильтрации воды / Я. Бэр, Д. Заславски, С. Ирмей. – М.: Мир, 1971. – 451 с.
9. Рекомендации по методике лабораторных испытаний грунтов на водопроницаемость и суффозионную устойчивость. – Л.: ВНИИГ, 1984. – 88 с.
10. Железняков Г., Ибадзаде Ю., Иванов П. и др. Гидротехнические сооружения – справочник проектировщика; под общ. ред. Недриги В.П. – М.: Стройиздат, 1984. – 543 с.
11. ДБН В.3.4-5:2013. Хвостосховища і шламонакопичувачі. Ч. I. Проектування Ч. II. Будівництво. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 71 с.

**Поступила 08.10.2013**

УДК 622.418: 622.8

**Лапшин А.А. /к.т.н./**

ГВУЗ «Криворожский НУ»

Производство

## Промышленные исследования микроклимата и состояния проветривания горных выработок в глубоких рудных шахтах

*Статья посвящена промышленным исследованиям состояния микроклимата и эффективности проветривания горных выработок глубоких рудных шахт. Целью работы является установление параметров микроклимата в глубоких рудных шахтах, необходимых для его нормализации. В статье содержатся фактические значения температуры горных пород и воздуха забоев шахт, обеспеченность воздухом и необходимой скоростью его движения в горных выработках. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр.: 8 назв.*

**Ключевые слова:** микроклимат, промышленные исследования, проветривание, нормализация, горная выработка

*The article is devoted to industrial researches of microclimate and effectiveness of ventilation in mine workings in deep ore mines. The aim is to establish the parameters of the microclimate in the deep ore mines, which are necessary for its normalization. The article contains the actual values the temperature of rocks and air, provision of air and the required speed of its movement in the mine workings.*

**Keywords:** microclimate, industrial researches, ventilation, normalization, mine working

### Постановка проблемы

Состояние микроклимата в глубоких шахтах Кривбасса и Запорожского железорудного комбината (ЗЖРК) ухудшается вследствие повышения температуры воздуха в горных выработках и снижения эффективности их проветривания.

### Изложение материала и результаты исследований

Методикой промышленных исследований пред-

усматривалось: проведение воздушно-депрессионных съемок в сквозных и тупиковых выработках глубоких горизонтов шахт Кривбасса и «ЗЖРК»; измерение температуры горных пород в шпурах и в скважинах; измерение температуры шахтных вод в скважинах, забоях, водосточных канавах и шахтных водосборниках.

Замеры температуры горных пород производили глубинными электрическими термометрами сопро-

тивления с дистанционной передачей показаний на поверхность при отсутствии избыточного давления в устье, которые помещали в шпуров глубиной 1,8-2,0 м и скважины глубиной 20-30 м. Устье скважин плотно закрывали бумажными пробками, а отсчеты температуры производили через 1,0-1,5 ч. Температуру шахтной воды определяли ртутными термометрами, которые помещали в истекающую из скважины струю в водосточную канаву и в водосборник шахтного водоотлива. Определение расходов воздуха в замерных станциях производилось с помощью анемометров АПР-2, которые имеют относительную погрешность ±7,5-8,5 %. Температуру воздуха по сухому и мокрому термометрам измеряли с помощью аспирационного психрометра МВ-4М, а затем по психрометрической таблице определяли относительную влажность воздуха.

Измерение температуры твердеющей закладки, которой заполняются отработанные камеры, производили с помощью электрического транзисторного термометра ТЭТ-2. При измерениях его размещали в камере на поверхности свежей пульпы. Температуру вблизи закладываемой камеры измеряли в скважинах электрическим термометром сопротивления типа ТКК, при этом использовались методики и рекомендации ранее выполненных работ [1, 2].

Исследование теплового режима и микроклиматических условий производилось в выработках шахт Кривбасса и «ЗЖРК». Основным объектом этих промышленных исследований были определены выработки и забой шахты «Эксплуатационная» («ЗЖРК») в связи с тем, что из-за специфических особенностей разрабатываемого месторождения температура воздуха в горных выработках этой шахты достигает 30 °С и выше [3].

Результаты термометрии разведочных скважин для установления температуры горных пород на различных глубинах по данным Белозерской геологоразведочной экспедиции (БГРЭ) приведены в табл. 1 [4, 5].

Приведенные в табл. 1 данные свидетельствуют о том, что среднегодовая температура пород нейтрального слоя  $t_{н.с}$  составляет около 10,7 °С. Начиная с глубины ведения горных работ 500-550 м температура пород и воздуха в тупиковых забоях близка к допустимой по требованиям Правил безопасности, т.е.  $t_b$

≈ 26 °С [6]. На глубинах 650–1050 м температура воздуха превышает предельно допустимую величину и достигает 31 °С. В табл. 1 приведены так же значения геотермических ступеней наносов и геотермических градиентов для указанных глубин. Приведенные величины в диапазоне их глубины от 50 до 300 м находятся в пределах  $G_{нан} = 25,8-35,1$  м/°С, а их геотермический градиент в среднем составляет 0,03 °С/м. Значения геотермических ступеней коренных пород в диапазоне глубины от 350 до 1050 м находятся в пределах от 55,2 до 133,5 м/°С и в среднем составляют  $G_p = 84,8$  м/°С, а их геотермический градиент в среднем равен 0,013 °С/м.

Аналитически температура коренных пород на глубине Н от земной поверхности может быть определена по формуле [7]

$$t_n = t_{н.с} + \Gamma_p H_p + \Gamma_{нан} H_{нан}, \quad (1)$$

где  $t_{н.с}$  – температура нейтрального слоя, которую для условий шахты «Эксплуатационная» ЗАО «ЗЖРК» для расчетов можно принимать  $t_{н.с} = 10,7$  °С;  $\Gamma_p$  – геотермический градиент коренных пород данного района, величина которого согласно табл. 1 для Н = 300-1050 м находится в пределах  $\Gamma_p = 0,0181-0,0075$  м/°С;  $H_p$  – глубина коренных пород, м;  $\Gamma_{нан}$  – геотермический градиент наносов, величина которого в диапазоне глубин Н = 50-300 м находится в пределах  $\Gamma_{нан} = 0,0388-0,029$  °С/м;  $H_{нан}$  – мощность толщи наносов, для условий действующей шахты, которая находится в пределах до 300 м.

Данные табл. 1 дают основание считать, что величина геотермической ступени с ростом глубины увеличивается и находится в полном соответствии с гидрогеологической характеристикой района. Увеличение с глубиной разработки, минерализации подземных вод и плотности горных пород сопровождается увеличением их теплопроводности, а толща осадочных пород является своего рода теплоизолятором для кристаллического массива.

Для исследований теплового режима и микроклиматических условий на рабочих местах и в забоях шахты «Эксплуатационная» ЗАО «ЗЖРК» были выполнены измерения температур горных пород в шпурах и в скважинах, пробуренных в тупиковых проходческих забоях и в отдельных выработках, результаты которых представлены в табл. 2.

**Таблица 1. Результаты обработки данных термометрии скважин Белозерского железорудного района ЗАО «ЗЖРК»**

Глубина скважин L, м	Наносы				Коренные породы							
	50	150	250	300	350	450	550	650	750	850	950	1050
Температура горных пород $t_p$ , °С	13,3	16,8	20,4	21,5	22,6	24,2	25,4	27,0	28,8	30,0	31,2	31,8
Геотермическая ступень G, м/°С	25,8	29,0	32,8	35,1	55,2	60,0	66,3	73,7	83,3	95,0	111	133,5
Геотермический градиент G, °С/м	0,038	0,036	0,031	0,029	0,02	0,017	0,015	0,014	0,012	0,011	0,01	0,007

**Таблица 2. Результаты термометрии пород в шпурах и скважинах проходческих забоев и выработок шахты «Эксплуатационная» ЗЖРК**

Места замеров температуры	Глубина горизонтов, м	Число замеров	Средняя температура пород $t_p$ , °C
Водосборник у ствола «Северный – Вентиляционный»	400	2	25,25
Водосборник у ствола «Южный – Вентиляционный»	400	2	24,25
Сопряжение откаточного орта со штреком лежачего бока	400	2	25,1
Орт 6–юг	400	2	24,3
Орт 2–юг	400	2	24,8
Грузовой откаточный квершлаг	480	2	25,8
Откаточный квершлаг	480	2	25,6
Хозяйственный заезд под рудоспуск	480	2	25,4
Штрек лежачего бока	480	2	25,9
Сбойка между ортами 6 с–7 с (по породе)	840	2	26,5
Орт 6 с (по руде)	840	2	26,2
Сопряжение с камерой аспирации	940	2	27,0
Штрек лежачего бока оси 3 с	940	2	29,0
Грузовой квершлаг у штрека	940	4	25,6
Порожняковый квершлаг	940	4	26,8
Орт 8 с	940	2	31,8
Откаточный штрек лежачего бока	940	4	30,4
Откаточный орт 2–юг	940	3	29,0

**Таблица 3. Эффективные скорости движения воздуха в зависимости от его температуры в сквозных и тупиковых выработках шахт**

Выработки	Минимальная скорость $V_{\text{мн}}$ , м/с	Эффективная скорость движения воздуха при температуре (°C), м/с						Максимальная скорость $V_{\text{макс}}$ , м/с
		23	24	25	26	28	30	
Очистные забои	0,5	0,7	0,98	1,28	1,62	2,42	3,38	4,0
Нарезные	0,25	0,25	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	4,0
Буровые	0,25	0,25	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	4,0
Подготовительные	0,25	0,25	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	4,0
Горнокапительные	0,25	0,25	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	4,0
Камерные	0,25	0,25	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	4,0

Микроклимат на рабочих местах в шахтах зависит от температуры, влажности рудничного воздуха, скорости его движения и аэростатического давления на определенной глубине разработки [8]. Температура воздуха на рабочих местах в выработках и забоях шахты, в основном зависит от температуры горных пород, изменяющейся с глубиной разработки месторождения, и определяется по формуле

$$t_B = t_n \pm \Delta t, \quad (2)$$

где  $\Delta t = \pm(1-3) \text{ }^\circ\text{C}$  – повышение или понижение температуры за счет работы горных машин, механизмов, ведущихся взрывных работ, процессов сжатия и расширения воздуха, испарения влаги и окисления.

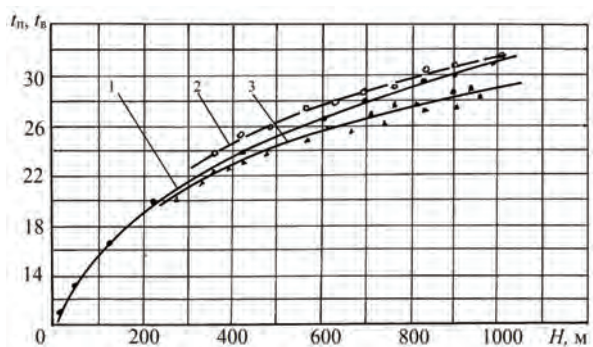
При микроклиматических условиях, которые не удовлетворяют санитарно-гигиеническим требованиям, возникает необходимость нормализации теплового режима на рабочих местах путём снижения температуры воздуха. Основным способом нормализации тепловых условий в действующих выработках шахт при температуре 20-26 °C и относительной влажности 90-95 % является повышение скорости от 0,5 до 4,0 м/с. Дальнейшее повышение скорости движения воздуха на рабочих местах в шахте не дает желаемого охлаждающего эффекта и не допускается правилами безопасности. Эффективная по тепловому фактору средняя скорость движения воздуха в забоях при температуре свыше 20 °C согласно требованиям ЕПБ на действующих шахтах определяется по формуле [7]

$$V_t = 0,02k \cdot (t-17)^2, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент учитывающий вид забоя:  $k = 1$  – для очистных забоев;  $k = 0,3$  – для тупиковых проходческих выработок;  $t$  – температура рудничного воздуха на рабочих местах, °C.

Значения эффективных средних скоростей движения воздуха по тепловому фактору, рассчитанных по формуле (3) приводятся в табл. 3.

Результаты определения фактических значений микроклиматических параметров воздуха на рабочих местах и в забоях шахты «Экс-



**Рисунок. Графики зависимости температур горных пород  $t_n$ , °C и воздуха  $t_B$ , °C на рабочих местах и в забоях от глубины разработки  $H$ : 1 –  $t_n$  по результатам термометрии разведочных скважин; 2 –  $t_n$  по результатам замеров в шпурах и аналитических расчетов; 3 –  $t_B$  по результатам замеров на рабочих местах в забоях и выработках шахты**

плуатационная» ЗЖРК при отработке нижних горизонтов приведена в табл. 3. На рисунке приведены графики, зависимости температур горных пород ( $t_n$ ) и воздуха ( $t_B$ ) от глубины разработки  $H$ , построенные по результатам замеров температур в шпурах, скважинах и в забоях шахты «Эксплуатационная» ЗАО «ЗЖРК».

В табл. 4 представлены результаты замеров параметров микроклимата на рабочих местах, в выработ-

**Таблица 4. Параметры микроклимата на рабочих местах в выработках и в забоях шахты «Эксплуатационная» ЗЖРК**

Горные выработки и забои	Горизонт, м	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Количество воздуха, м <sup>3</sup> /с	Параметры микроклимата			Эффективная скорость воздуха, м/с	Обеспеченность скоростью воздуха, %
				t воздуха, °С	φ <sub>р</sub> , %	V воздуха, м/с		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Откаточный штрек	840	11,4	16	27,8	93	1,4		
Штрек висячего бока 3 с.	840	11,4	4,6	27,8	90	0,4	0,5	90,0
Транспортный уклон	840/940	18,0	45	28,0	85	2,5		
Подготовит. выработки	875	12,4	3,7	26,0	93	0,3	0,5	60,0
Буровой штрек	810	9,0	2,3	27,8	85	0,25	0,5	50,0
Штрек висячего бока 4 ю	810	12,4	5,6	27,8	90	0,45	0,5	95,0
Буровой штрек	775	12,4	4,5	27,8	90	0,36	0,5	65,0
Буровой штрек	690	9,0	2,3	27,0	85	0,25	0,5	50,0
Буровой штрек	715	9,0	2,3	27,0	85	0,25	0,5	50,0
Штрек лежач. бока	715	12,4	16,7	28,2	90	1,35		
Штрек висячего бока 11 с	715	12,4	4,3	28,2	90	0,35	0,5	65,0
Штрек лежач. бока 13 с	740	10,8	4,5	28,5	90	0,42	0,5	70,0
Штрек лежач. бока	940	11,4	3,4	29,8	85	0,3	1,0	30,0
Сопряжение с камерой аспирации	940	11,4	3,4	29,8	85	0,3	1,0	30,0
Горнокапитальные выработки	940	11,4	3,4	29,8	90	0,3	1,0	30,0

ках и забоях.

Замеры свидетельствуют о том, что степень обеспеченности необходимой скоростью воздуха по тепловому фактору погрузочных ортов-заездов составляет от 16 до 58 %, а тупиковых проходческих выработок находится в пределах 50- 60 % при диапазоне температур воздуха в них 26-30 °С.

Анализ вентиляционных параметров шахт Кривбасса показал, что горные выработки и забои не обеспечены необходимым количеством воздуха и величинами его скорости (степень обеспеченности составляет 60-85 %). Основной причиной неудовлетворительного состояния проветривания рабочих мест являются использование устаревших типов ГВУ, время эксплуатации которых больше 40 лет и непроизводительные утечки воздуха в вентиляционных системах. Недостаточное количество воздуха и низкие скорости вентиляционных струй не позволяют улучшить тепловые условия на рабочих местах в горных выработках глубоких шахт.

**Выводы**

1. Величина геотермической ступени в среднем составляет: для толщи осадочных пород 35,5 м/°С, а для коренных пород 84,8 м/°С .
2. Установлено, что начиная с глубины ведения

горных работ 50-550 м, температура воздуха в выработках близка к 26 °С, а на глубинах 940 м температура воздуха в выработках зоны горных работ близка к 30 °С.

3. Недостаточная эффективность проветривания зоны горных работ шахты «Эксплуатационная» ЗАО «ЗЖРК» объясняется низкой общей производительностью ГВУ (670-690 м<sup>3</sup>/с) при необходимых 1230 м<sup>3</sup>/с.

4. Для снижения температуры воздуха в выработках горизонта 940 м и ниже необходимо увеличение количества воздуха подаваемого в зону горных работ и применение средств и способов для снижения его температуры.

5. Горные выработки и забои в шахтах Кривбасса обеспечены необходимым количеством воздуха и его скоростью на 60-85 %, что снижает эффективность проветривания и ухудшает тепловые условия на рабочих местах.

**Библиографический список**

1. Ониани Ш.И. Тепловой режим глубоких шахт при гидравлической закладке выработанного пространства и сложном рельефе поверхности. – Тбилиси: Мецниереба, 1973. – С. 5–11.
2. Дзидигури А.А. Ониани Н.И., Лицабидзе Т.О. Исследование теплового состояния месторождения методом тепловой аналогии // Уголь. – 1965. – Вып. 3. – С. 56-61.
3. Анализ микроклиматических условий в горных выработках шахт / А.А. Лапшин, Д.А. Лапшина // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КНУ, 2011. – Вып. 94. – С. 164-167.
4. Ващенко В.С., Подцюк А.П., Сахновский В.Л. Результаты исследований микроклимата в горных выработках шахт Запорожского железорудного комбината // Охрана труда и техника безопасности в горнорудной промышленности. – М.: Недра, 1976. – Вып. 2.
5. Лапшин А.А. Изменение теплофизических параметров рудничного воздуха в различные периоды года // Качество минерального сырья. – Кривой Рог: КНУ, 2011. – С. 112-118.
6. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений подземным способом. – М.: Недра, 1977. – 225 с.
7. Ошмянський І.Б, Лапшин О.Є., Лапшин О.О. та ін. Настанова з проектування вентиляції рудних шахт. – Кривий Ріг: КНУ, 2011. – 110 с.
8. Особенности термодинамических процессов в воздухоподающих стволах глубоких шахт / В.И. Муравейник, С.А. Алексеенко, И.А. Лисовицкая и др. // в сб. научных трудов НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2002. – Вып. 13. – Т. 1. – С. 189–194.

Поступила 07.11.2013