

УДК 622.45:536.244

Ю.А. Хохолов, М.М. Иудин

**ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА
ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ ВЕРТИКАЛЬНОГО
СТВОЛА РУДНИКА «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ»**

Семинар № 4

Месторождение «Интернациональная» открыта в 1969 г. и расположена в 16 км юго-западнее г. Мирного (центр Мирнинского района Республики Якутия). Климат района месторождения резко континентальный с продолжительной и суровой зимой (6-7 мес.) и коротким, жарким летом. Месторождение расположено в зоне развития многолетнемерзлых пород (ММП), мощность которых составляет 300-330 м. Наиболее низкие температуры, зоны ММП (-3 °С) находятся на глубине 5-8 м. С глубины 10-12 м температура повышается. Породы водоносного горизонта залегают на глубине от 300-320 м до 450-490 м и насыщены рассолами с отрицательными температурами. Ниже водоносного горизонта до 760-780 м залегают морозные галогенно-карбонатные породы, имеющие отрицательную температуру, но не содержащие лед. Оработка подкарьерных запасов трубки «Интернациональная» планируется в зоне распространения многолетнемерзлых пород, а вскрытие его запасов предполагается осуществить проходкой нового вертикального вспомогательного вентиляционного ствола (ВВС) и существующего клетьевого ствола (КС). Свежий воздух в блок №2 будет подаваться с поверхности по существующему стволу КС на горизонт + 100 м, далее по транспортному уклону

на горизонт №2, где по транспортным штрекам №1, №2 и №3 подается на спиральный уклон, вентиляционные восстающие и лифтоподъемник для обеспечения проветривания горных работ в блоке №2. Из спирального съезда свежий воздух вентиляторами местного проветривания подается в тупиковые очистные ленты. После проветривания очистных забоев исходящая струя по вентиляционным восстающим поступает на горизонт №1, и по вентиляционно-закладочному и конвейерному квершлагам поступит в околоствольный двор нового ствола ВВС, по которому выдается на поверхность [1].

Для оценки температурного режима горных выработок и окружающих горных пород рудника «Интернациональный» разработана математическая модель теплообмена с вентиляционным воздухом с учетом фазовых переходов влаги в породах, расхода вентиляционного воздуха и наличия крепления [2]. При расчете количественных показателей теплообмена вся вентиляционная сеть рудника подразделяется на участки с различными длинами, площадями сечения выработки, естественными температурами и влажностями пород, параметрами крепления и т.д.

Основным источником тепла при обработке кимберлитовой трубки с приме-

нением технологии закладки выработанного пространства является тепловыделения при гидратации цементосодержащего связующего материала закладочного материала. Твердение закладочного массива сопровождается выделением большого количества тепла, которое в основном поглощается окружающим массивом горных пород. При этом происходит интенсивное растепление мерзлых пород, образуя ореолы протаивания вокруг выработок, что негативно сказывается на их устойчивости. Определенное количество теплоты в результате конвективного теплообмена передается вентиляционному потоку воздуха, и происходит перенос тепла по горным выработкам дальше по ходу вентиляционной струи. Количество тепла, передаваемого вентиляционному потоку, зависит от расхода воздуха, и при расходе 32,1 (м³/с) по расчетам мощность тепловыделений составляет 19500 Вт при расходе цемента 200 кг/м³. Тепловыделения учитываются введением источника тепла в начале транспортного штрека горизонта №1, куда воздух поступает из очистных участков.

Условия поддержания вертикального ствола и горизонтальных вскрывающих выработок в эксплуатационном состоянии обуславливаются тепловым режимом в выработке и характером теплообмена с мерзлыми породами. При естественном и умеренном тепловых режимах конструкция крепи ствола находится под воздействием знакопеременных тепло-массообменных процессов, приводящих к периодическому оледенению и увлажнению крепи и сезонному оттаиванию мерзлых горных пород.

Анализируя влияние тепловых процессов на устойчивость вертикальных стволов необходимо отметить общие недостатки естественного и умеренного тепловых режимов, осложняющих под-

земную разработку месторождений полезных ископаемых:

- низкие температуры воздуха в выработках, создающие опасность простудных заболеваний и затрудняющие борьбу с запыленностью рудничной атмосферы;

- резкое снижение несущей способности и устойчивости пород при их сезонном оттаивании вокруг горных выработок;

- опасность оледенения выработок при проникновении вод по трещинам в зоне оттаивания пород;

- возможность смерзания добытого ископаемого в случае его контакта с водой или теплым воздухом.

Игнорирование этих недостатков при отработке мерзлой части месторождений полезных ископаемых приводит к необходимости затрачивать немалые средства на преодоление последствий применения естественного и умеренного тепловых режимов в выработках. Опыт эксплуатации рудников Севера показал, что наиболее эффективным средством борьбы с вредным влиянием низких температур воздуха на подмерзлотных горизонтах является подогрев воздуха в зимний период до положительных значений. Кроме того, чтобы обеспечить благоприятные условия эксплуатации крепи ствола необходимо стабилизировать процесс сезонного протаивания мерзлой породы и исключить ее сезонное промерзание. А это можно осуществить, создавая положительный тепловой режим в вертикальной выработке путем подогрева воздуха на поверхности рудника, или применить специальные способы регулирования теплового режима. Тогда, в воздухоподающем вертикальном стволе установится положительный тепловой режим. При этом тепловом режиме устраняются многие недостатки, характерные для других тепловых режимов, кроме осложнений поддержания

Исходные данные для расчета температурного режима рудника «Интернациональный»

Наименование выработки	Расход воздуха, м ³ /с	Длина, м	Площадь сечения, м ²	Естественная температура пород, °С	Толщина крепи, м	Влажность пород, доли ед.
КС	32,1	300	42	-1,4	0,4	0,04
Транспортный уклон	32,1	896	19,4	-1,15	0,04	0,043
Транспортные штреки (горизонт №2)	32,1	200	19,4	-1,0	0,04	0,043
Спиральный съезд	32,1	990	19,4	-1,1	0,04	0,04
Транспортные штреки (горизонт №1)	32,1	200	19,4	-1,15	0,04	0,035
Конвейерный квершлаг	3,1	460	13,2	-1,15	0,04	0,035
Вентиляционно-закладочный квершлаг	29	530	19,4	-1,15	0,04	0,035
ВВС (отм.+100-отм.+200)	32,1	100	50,2	-1,3	0,4	0,035
ВВС (отм.+200-отм.+400)	32,1	200	50,2	-1,6	0,4	0,04

ствола в эксплуатационном состоянии из-за снижения несущей способности и устойчивости мерзлой породы при их оттаивании.

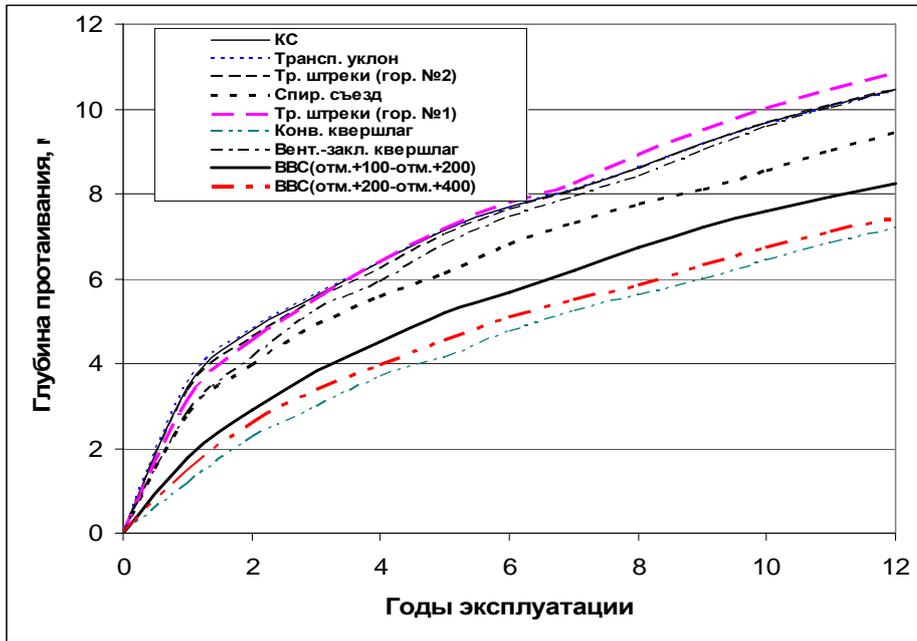
Поэтому, предусмотрен подогрев рудничного воздуха до +2 °С в зимний период. Расход воздуха принимается величине эксплуатационному значению, т.е. 32,1 (м³/с). Свойства горных пород и значения естественной температуры и влажности пород взяты из данных инженерно-геологических изысканий [1]. В таблице приведены исходные данные о выработках и сведения о горных породах, необходимые для расчета температурного режима.

Были рассчитаны глубины протаивания пород вокруг выработок, температура воздуха в каждой выработке. На рис. 1, а приведена динамика глубины протаивания в выработках. Как видно из графиков, происходит прогрессирующее

протаивание окружающих мерзлых горных пород, поскольку в выработках поддерживается положительный температурный режим. Глубина протаивания мерзлых пород вокруг ствола КС, транспортного уклона и транспортных штреков (горизонт №2) через 12 лет могут достигнуть 10,5 м.

За этот же период протаивание мерзлых пород составит вокруг ствола ВВС – 7-8 м, а в транспортном штреке горизонта №1 – 11 м. Наибольшие ореолы протаивания наблюдаются в транспортном штреке горизонта №1, поскольку сюда поступает вентиляционный воздух из добычных участков, где идет интенсивный теплообмен с закладочным массивом. При гидратации закладочного материала выделяется большое количество тепла, которое сопровождается растеплением мерзлого массива горных пород. В то же время, определенное

а



б

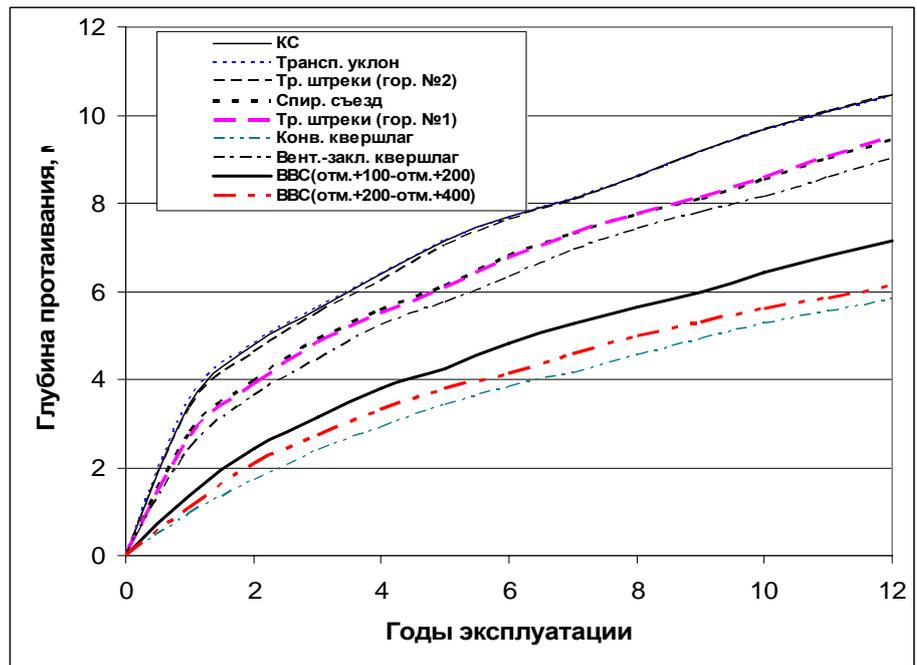


Рис. 1. Динамика глубины протаивания мерзлых пород в выработках рудника «Интернациональный»: а) с учетом тепловыделений, б) без учета тепловыделений

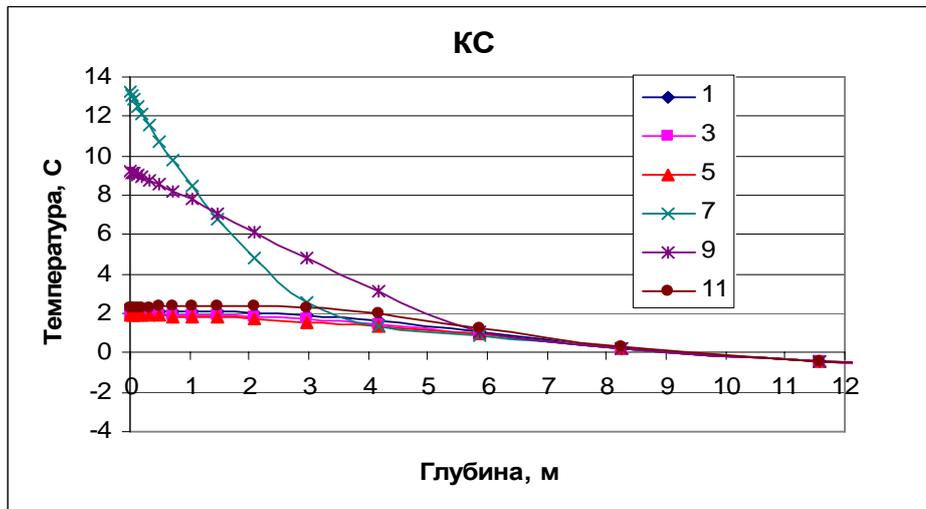


Рис. 2. Распределение температуры пород по глубине вокруг клетового ствола (номера кривых соответствуют месяцам года)

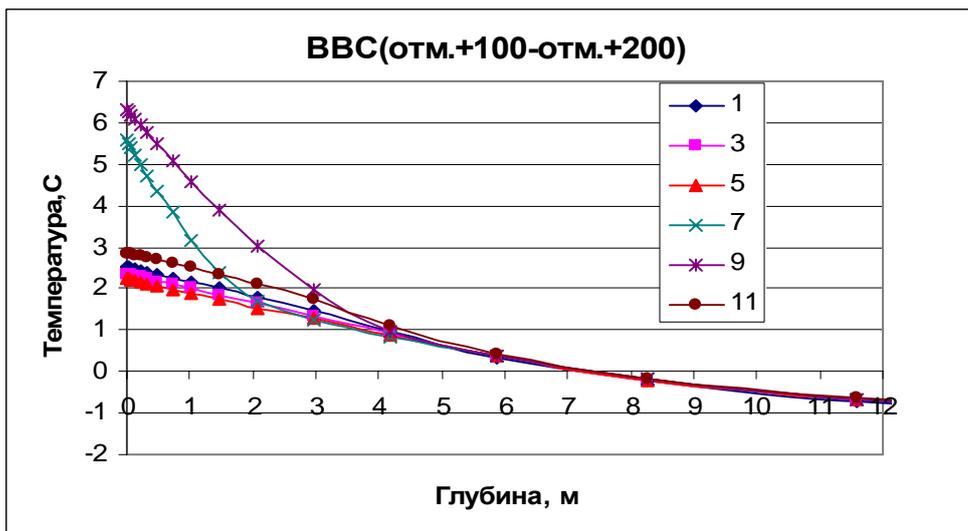


Рис. 3. Распределение температуры пород по глубине вокруг ВВС (номера кривых соответствуют месяцам года)

количество тепла передается потоку вентиляционного воздуха, которое зависит от технологических параметров, режима и схемы вентиляции. Для сравнения сделан расчет температурного режима рудника без учета тепло-

выделений при проведении закладочных работ (рис. 1, б). Из графиков видно, что тепловыделения существенно влияют на динамику протаивания в транспортном штреке горизонта №1, вентиляционно-закладочном квершлаге и ВВС. Например, разница оре-

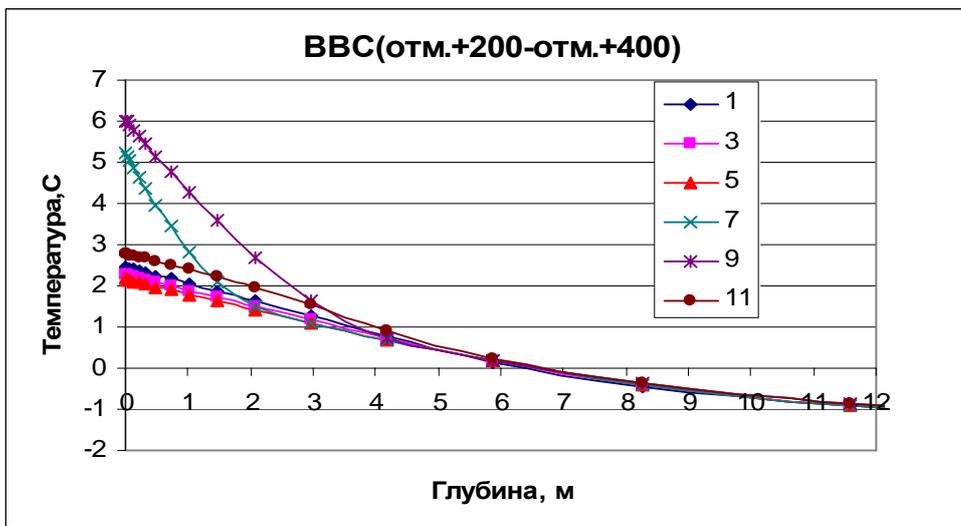


Рис. 4. Распределение температуры пород по глубине вокруг ВВС (номера кривых соответствуют месяцам года)

олов протаивания в ВВС за 12 лет составляет 1 м (6 м – без учета тепловыделений, 7 м – с учетом тепловыделений от гидратации цемента при ведении закладочных работ).

На рис. 2-4 приведены расчетные распределения температур горных пород по глубине на 12 год эксплуатации в разные месяцы. Из этих графиков видно, на какую глубину распространяются годовые колебания температур, на-

пример, в КС на глубину 7-8 м, в ВВС всего на 5 м, поскольку ВВС является воздухоподающей выработкой, в которой, как правило, температура воздуха стабилизируется в результате теплообмена с окружающими породами. Этому способствует также наличие крепи, толщина которой составляет 0,4 м, что является дополнительным термическим сопротивлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Обоснование* строительства вспомогательного вентиляционного ствола (ВВС) при отработке подкарьерных запасов. ТЭР. Книга 1. Горно-технологическая часть. Пояснительная записка. – Мирный: Якут-нипроалмаз, 2005.

2. *Хохолов Ю.А.* Математическое моделирование процессов теплообмена в подземных горных выработках криолитозоны // Горный информ.-аналит. бюллетень. Тематическое приложение "Аэрология". – М.: МГУ, 2005. – С. 90-100. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Хохолов Ю.А. – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,
Иудин М.М. - кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
 Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, г. Якутск.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 4 симпозиума «Неделя горняка-2007».
 Рецензент д-р техн. наук, проф. *С.А. Гончаров.*