© С.Д. Бибик, 2008

УДК 622.272

С.Д. Бибик

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ БОГАТЫХ РУД НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ В УСЛОВИЯХ ТАЛНАХСКОГО РУДНОГО УЗЛА (часть 1)

Семинар № 17

Талнахский рудный узел, объединяющий Талнахское и Октябрьское сульфидные медно-никелевые месторождения, является в настоящее время основной сырьевой базой ОАО «ГМК «Норильский никель».

Талнахский рудный узел (территория около 100 км^2) расположен в Норильском горно-промышленном районе на правобережье реки Норильской. В пределах рудного узла выделяются два месторождения сульфидных медно-никелевых руд: Талнахское и Октябрьское.

В северной части Октябрьского месторождения на глубине 1200–1800 м расположены 6 залежей и линз медно-никелевых руд. В данной статье рассматриваются разработки залежей С-2ц, С-3, С-3л и С-4 и в дальнейшем приводятся только их описание и системы разработки.

Краткая горно-геологи-ческая характеристика залежей

Перспективные запасы богатых руд рудника «Таймырский» сосредоточены в восточной части Северных второй С-2, третьей С-3 и четвертой С-4 залежах, и линзе С-3л.

Месторождение представлено пирротиновыми, халькопиритовыми, кубанитовыми и медистыми рудами.

Северная залежь С-2 имеет сложную конфигурацию в плане. Мощность залежи варьирует в пределах от 1,0 до 22,3 м и в среднем составляет 9,0 м. Глубина залегания составляет 1200–1400 м. Руды в основном пир-ротиновые. Трещиноватость и нару-шенность вмещающих пород сильная; сульфидных жил: 50 % – средняя, 50 % – сильная.

Залежь С-2 очередностью разработки и тектоническими нарушениями разбита на следующие три части: северо-западный участок С-2сз, центральный участок С-2ц, и юго-восточный участок С-2юв.

Северная залежь С-4 залегает в виде линзы субширотного простира-ния, вытянутой до 1250 м, при ширине до 350 м. Площадь залежи 0,42 км^2, максимальная мощность до 5,8 м, средняя 3,1 м. Падение рудного тела на северо-восток от 5^0 до 20^0. Глубина залегания от 1650 м до 1850 м.

Северная залежь С-3 располо-жена в 500–700 м южнее С-4 и расположена параллельно последней в субширотном направлении. Пло-щадь залежи до 0,78 км^2, макси-мальная мощность 24,7 м, средняя 3,6 м, падение залежи северо-вос-точное 5–20 градусов. Глубина зале-гания от 1550 м до 1680 м. Подстилающими и перекрывающими породами залежи так же, как и С-4, служат осадочно-метаморфические образования курейской свиты. Контакты залежи с осадочно-метаморфическими породами чёткие, резкие.

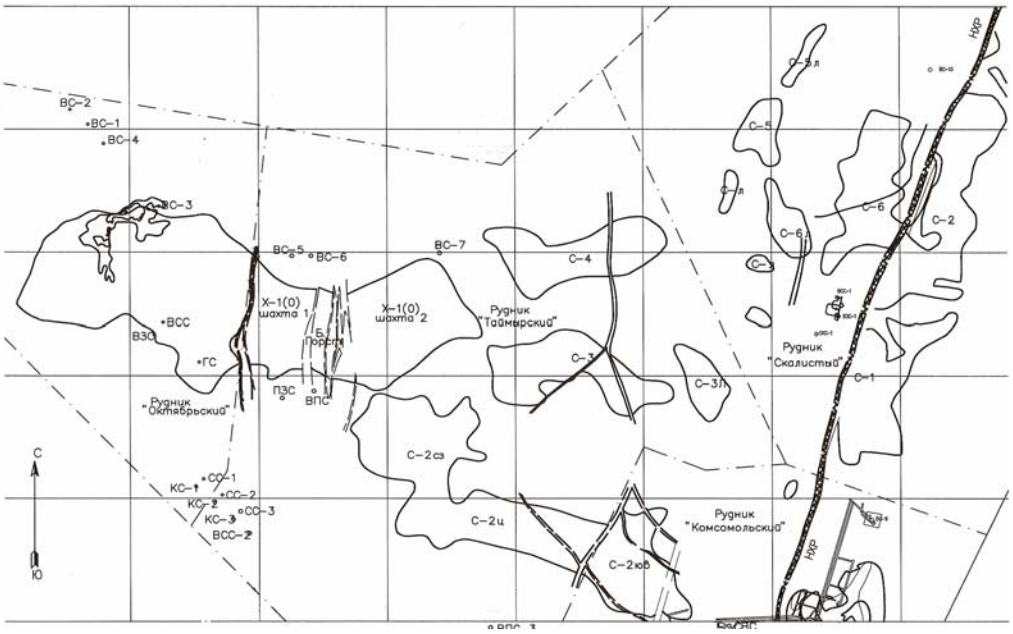

Рис. 1. Ситуационный план расположения Восточных залежей

Северная линза С-3л распо-ложена в 600–650 м северо-восточ-нее С-3 и залегает на глубине от 1550 м до 1600 м.

С-3л представлена в плане эллипсовидным телом размером 650х300 м, занимает площадь 0,19 км^2. Максимальная мощность залежи 11,1 м. Падение тела на северо-восток под углом 3–20°.

Основные характеристики рассматриваемых залежей приведены в табл. 2.

Таблица 1

Характеристика залежей сульфидных медно-никелевых руд

Индекс залежи	Длина, м	Ширина, м	S, км^2	Мощность, м	
				min	max
С-2	2 000	300-1 000	1,5	1,0	22,3
С-3	1 500	350	0,77	0,4	24,7
С-3л	600	200	0,14	1,0	11,4
С-4	1 400	400	0,48	0,4	8,1
С-5	500	250	0,14	3,1	13,9
С-5л	600	100	0,058	1,8	14,8
С-6	1 200	500	0,58	1,7	32,5
С-6л	700	200	0,12	2,9	21,3

Необходимо отметить, что цен-ность руд залежи С-4 примерно в 4 раза выше ценности руд залежи С-3.

Практически повсеместно над богатыми рудами распространены вкрапленные руды, находящиеся на балансе и также подлежащие отработке.

Таблица 2

Краткая характеристика залежей С-2ц, С-3, С-3л, С-4

Показатели	Залежи			
	С-2ц	**С-3**	**С-3л**	**С-4**
Длина, м	до 2000	1200	до 650	1250
Ширина, м	300-1000	650	до 300	350
Площадь, км^2	1,5	0,78	0,19	0,42
Средняя мощность, м	9,0	3,6	3,7	3,1
Углы падения, град.	5-20	5-20	3-20	5-20
Абс. отметки почвы, м	1200-1400	1350-1480	1350-1400	1450-1650
Балансовые запасы руды, у.е.	13,97	9,5	2,3	6,3

Горно-геологические и геомеханические условия отработки восточных залежей

Горный массив в пределах рассматриваемого поля представлен типичным для месторождения комплексом осадочных и интрузивных пород, имеющих существенно разня-щиеся физико-механические свойства.

В целом горные породы в ненарушенном состоянии имеют высокую прочность ($\sigma_{сж}$ = 80 – 140 МПа), по мере приближения к зонам тектонических нарушений прочностные свойства их снижаются.

Средние значения коэффициента крепости пород и руд по шкале М.М. Протодьяконова составляют: для богатых руд – 6÷10; для вкрапленных руд – 7÷10; для медистых руд – 6÷16; для вмещающих пород – 2÷14.

В породах рудника свободная кремнекислота отсутствует.

Для подсчета балансовых запасов руд приняты следующие объемные веса:

богатые руды залежи С-3, С-4 – 4,2 т/м^3;

богатые руды залежи С-2 – 4,0 т/м^3.

Октябрьское месторождение в соответствии с «Указаниями по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» относится к склонным по горным ударам, а ниже глубины 700 м – к опасным по горным ударам.

Богатые (сплошные) сульфидные руды склонны к самовозгоранию в раздробленном состоянии, более интенсивно процессы окисления происходят при влажности руды 1-4 % и при фильтрации воздуха через отбитую руду. Эксплуатацию месторождения предусматривается осуществлять в соответствии с требованиями «Инструкции по предупреждению эндогенных пожаров при разработке сплошных сульфидных медно-никелевых руд на подземных рудниках Талнахского рудного узла» от 18.08.78 г.

Температура пород и руд на глубине 1100 м 23–26° С, увеличиваясь с глубиной и достигая 47° С на глубине 1800 м. Поэтому для залежи С-3 и С-4, достигающих этой глубины, необходимо проводить мероприятия по охлаждению воздуха в руднике.

Горизонты рудника практически безводны, водоприток формируется в основном за счет стволовых вод. В связи с возможностью вскрытия локальных линз, находящихся в толще пород, величина ожидаемого водопритока на горизонтах может быть значительно увеличена. В интервалах залегания девонских отложений и ниже подземные воды об-

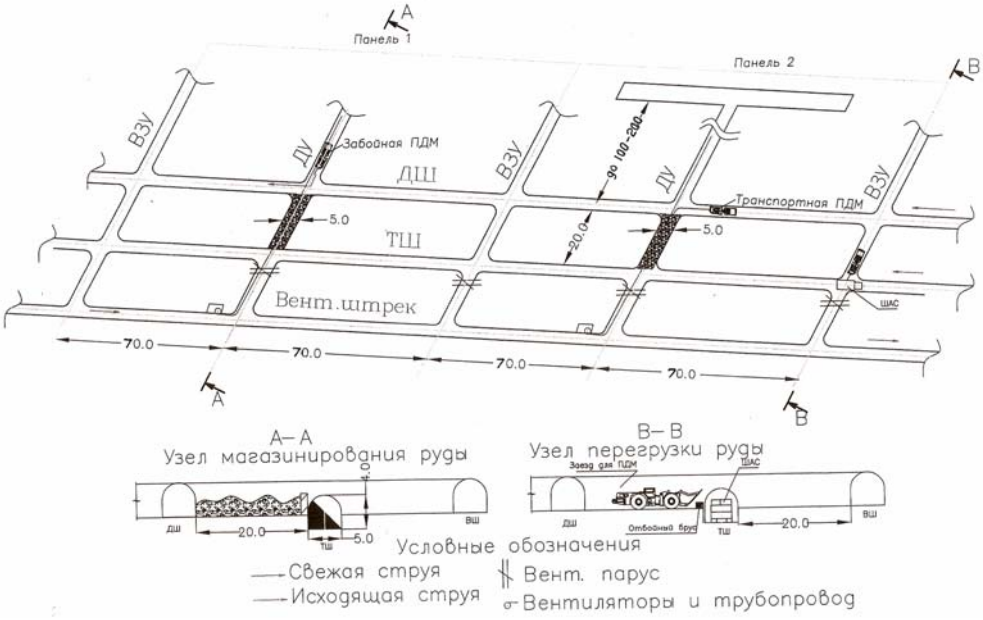

Рис. 2. Принципиальная схема «рудной подготовки» с расположением доставочных, транспортных и вентиляционно-закладочных выработок на одном уровне

ладают сульфатной агрессивностью по отношению к бетонам.

Планируемые к вводу в эксплуатацию залежи представляют собой маломощные линзообразные тела, разделенные не содержащими интрузию «окнами» осадочных пород. Ширина рудных тел, как правило, намного меньше размеров тектонических блоков, длина в три и более раз превышает их ширину. Расстояния между рудными телами в большинстве случаев соизмеримы с их характерными размерами. Данные характеристики позволяют считать, что отработка любой из залежей существенно не скажется на условиях отработки смежных. Таким образом, выбор места разрезки залежи и направления отработки определяются технико-эконо-мическим фактором и технологией выемки.

В экспертном заключении ВНИМИ отмечается, что условия разработки рассматриваемых залежей весьма сложные.

Схемы подготовки

В настоящее время на Талнахских рудниках, как правило, применяются наиболее надёжные схемы трехуровневой полевой подготовки блоков с размещением транспортного и вентиляционно-закладочного горизонтов в подстилающих и налегающих породах, соответственно, а выработок так называемого подсечного горизонта – в рудном теле.

Отработка маломощных залежей трёхуровневыми схемами подготовки в традиционном исполнении приводит к большим затратам на подготовительно - нарезные работы (ПНР), снижение которых может быть достигнуто при максимальном размещении транспортных и вентиляционно-закладочных выработок в рудном теле («рудная подготовка»).

Однако проработки «рудной подготовки» применительно к Восточным залежам показали, что данная схема подготовки трудно реализуема в части транспор-та, закладки и вентиляции.

«Рудная подготовка» в чистом виде не может быть эффективно реализована даже при отработке маломощных (3–6 м) залежей. Для их надежной производительной отработки необходимо иметь, по крайней мере, магистральные транспортные и вентиляционно-закладочные выработки, пройденные соответственно в подстилающих и налегающих породах, предпочтительнее в 15–20 м от рудного тела.

При этом возможны и варианты схем подготовки, при которых подготовительные выработки доставочного горизонта, а также часть закладочных уклонов на флангах панелей, если это позволяет гипсометрия залежи, могут быть полностью размещены в руде.

Окончательный выбор трассировки выработок доставочного и вентиляционно-закладочного горизонта производится на стадии локального проектирования по данным эксплуатационной разведки, которая должна производиться по мере развития работ по подготовке залежи.

Системы разработки

Отработка запасов залежей С-2ц, С-3, С-3л и С-4, отнесённых к руднику «Таймырский», сопряжена со значительными трудностями и будет производиться в весьма сложных условиях. Значительная ценность сплошных сульфидных (богатых) руд, большая глубина разработки (от 1200 до 1850 м) и связанное с ней повышенное горное давление при значительной нарушенности пород обуславливают отработку запасов системами с полной закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

Недостаточная разведанность рудных залежей С-3 и С-4, прогнозируемая сложная морфология и незначительная их мощность (в среднем 3–4 м) крайне затрудняют возможность детальной проработки и выбора рациональных вариантов подготовки и систем разработки для рассматриваемого участка. При этом необходимо также учитывать тектоническую нарушенность залежей, устойчивость руд и вмещающих пород и их удароопасность.

Выбор системы разработки для этих залежей определяется, в основном, их морфологией, расположением на больших глубинах и значительной нарушенностью руд и пород. Выбор систем разработки затрудняется сложностью подготовки при существенно изменяющихся даже в пределах панели углах падения и мощности залежи. Отработку залежей необходимо вести различными модификациями сплошной камерной системы разработки (СКС) с выемкой камер вприсечку и закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

Система СКС в условиях залежей с небольшими изменчивыми мощностя-ми довольно универсальна, поскольку позволяет отрабатывать их, регулируя высоту и ширину заходок. В связи с изменяющимися мощностью и углами падения при конструктивном испол-нении модификаций камерной систе-мы разработки для упрощения подго-товки запасы рекомендуется отрабатывать одним – двумя уровнями. К достоинствам системы можно отнести простоту её конструктивного исполнения и организации работ по её реализации. При малых мощностях залежей практически вся руда при этой системе добывается проходкой тупиковых забоев и для обеспечения приемлемой производительности участка требуется иметь в

одновременной отработке значительное число панелей.

Общими решениями для предлагаемых вариантов СКС являются:

- необходимость применения сплошного порядка отработки лент или камер для исключения повышенных концентраций напряжений во временных целиках;
- уступная конфигурация фронта очистных работ для повышения производительности панелей, при которой опережение (отставание) фронта очистных работ на смежных уступах в группе панелей должно быть не более 20 м;
- ведение очистных и проходческих работ буровзрывным способом;
- обязательная предварительная разгрузка массива путём бурения разгрузочных скважин большого диаметра (120–160 мм) впереди фронта очистных работ;
- проветривание проходческих и большинства очистных забоев вентиляторами местного проветривания (ВМП);
- применение на основных и вспомогательных технологических процессах самоходного оборудования, предпочтительнее с электрическим приводом, что существенно снижает расход воздуха на проветривание.

Система позволяет производить полную отгрузку и зачистку почвы заходок ПДМ, а также контроль кровли и бортов заходок.

Поскольку практически все варианты СКС обеспечивают отработку залежи при угле склонения до 20º, область применения каждого конкретного варианта определяется, в основном, мощностью и устойчивостью руд и пород кровли.

Подготовка блока, как правило, заключается в его оконтуривании уклонами на 3-х горизонтах – транспортном, вентиляционно-закладочном и доставочном (горизонт подсечки). В пределах рудного горизонта по границе секций проходят доставочные штреки и уклоны. Панель шириной 100–120 м доставочными штреками (ДШ) разбивается по всей её длине на блоки шириной 100–200 м (шаг подготовки). Блок разделяется на заходки шириной 4–8 м (в среднем 6 м). На-резка заключается в проведении дос-тавочных уклонов, как правило, для их выполаживания, с доставочными штреками они сопрягаются под углом не менее 60°.

Обеспечение приемлемой производительности очистного забоя достигается путём разделения заходки на две секции при отработке запасов сразу на полную мощность рудного тела, при этом длина каждой секции принята не более 60–70 м с отработкой в одну (тупиковым забоем) или две (с верхней подсечкой или защитным слоем) стадии.

Отгрузка отбитой руды производится ПДМ через торец заходки, она доставляется к рудоспускам, пройденным по границам панелей (через 120–240 м), откуда перепускается на автотранспортный или непосредственно на откаточный горизонты. После зачистки почвы (днища) перед закладкой вся площадь рудного борта заходки укрывается закрепленной двухслойной полиэтиленовой пленкой с воздушными прослойками или поролоновым или полиуретановым материалом. Заходку на всю высоту заполняют твердеющей закладкой, которая подаётся через скважины или за перемычку в наивысшее место закладываемой выработки. Нормативная прочность закладки регламентируется высотой заходки, в стенках заходок её следует принимать не менее 1 МПа при мощности залежи до 10 м и 1,5 МПа при большей мощности.

Укрытие рудного борта двойной полиэтиленовой пленкой с воздушными про-

слойками или другими материалами (полиуретан, поролон и др.) служит защитным экраном для погашения взрывной волны при отработке следующей заходки (камеры), предотвращая раз-рушение закладочного массива. Так же одним из вариантов создания защитного экрана, может служить покрытие рудных бортов «монтажной» пеной.

Существующие в настоящее время системы разработки без использования защитного экрана за счет закладочного материала дают разубоживание от 9 до 15 % и потери руды до 2–3 %. Предлагаемый вариант защиты рудных бортов двойной полиэтиленовой пленкой с воздушными прослойками позволяет снизить разубоживание руды закладкой до 3 % и потери до 1 %. ГИАБ

Коротко об авторе

Бибик С.Д. – доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» ГОУ ВПО «Норильский индустриальный институт».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 17 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.В. Кузьмин.*

© М.М. Хайрутдинов, 2008

УДК 622.272

М.М. Хайрутдинов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ПО ТРУБАМ

Семинар № 17

Скорость движения растворов при самотечной транспортировке должна быть не менее 0,25 м/сек. Уменьшение скорости приводит к расслоению раствора в трубопроводе и образованию пробок. Нормальной скоростью считается 0,4–0,5 м/сек, а при пневматической транспортировке – 1,8–2,2 м/сек.

Транспортабельность закладочной смеси характеризуется пластичностью. Рациональная пластичность свежеприготовленной смеси, определяемая по величине погружения стандартного металлического конуса (СтройЦНИИЛа), должна составлять 8-12 см при транспортировке по трубам и 4-5 см (жесткие смеси) при доставке другими видами транспорта (в вагонетках, конвейерами, под действием силы тяжести и т.д.) Регулируется пластичность главным образом количеством воды, вяжущих веществ, а иногда

применением специальных добавок – пластификаторов.

Одним из критериев транспортабельности является транспортная концентрация, под которой понимается соотношение фракции + 0,15 мм и – 0,15 мм.

Физическая сущность данного критерия заключается в том, что даже при наиболее плотной упаковке, частицы смеси должны иметь возможность перемещения относительно своих осей и друг друга. Смесь должна иметь определенный коэффициент раздвижки зерен заполнителя. Пространство между зернами заполнителя заполняется несущей средой.

Насыщение объема смеси крупными частицами характеризуется коэффициентом транспортной концентрации $К_т$ (1), который определяется из выражения:

$$К_т = \frac{V_k}{V_c}, \qquad (1)$$

где V_k - суммарный объем частиц крупнее 0,15 мм, м^3; V_c - суммарный объем смеси, м^3.

Выражение (1.) можно записать:

$$К_т = \frac{V_k}{V_k + (V_m + V_в)} = \frac{V_k}{V_k + V_{н.с.}}, \qquad (2)$$

где V_m, $V_в$, $V_{н.с.}$, - соответственно, объемы мелкой фракции, воды и несущей среды, м^3.

С учетом пористости объем несущей среды составляет $V_{н.с} = 0{,}89$ м^3, а объем крупных частиц $V_k = 0{,}56$ м^3. Подставляя в формулу значения, входящих в нее величин получим Кт = 0,386.

По условиям удобоукладываемости транспортная концентрация должна быть в пределах $К_т = 0{,}26 + 0{,}37$.

Задача подбора транспортабель-ных закладочных смесей имеет смысл в том случае, если соблюдается нор-мативная прочность закладочного массива. В связи с этим должны выдерживаться следующие требова-ния, предъявляемые к смесям:

- минимальное, необходимое для гидратации вяжущего, содер-жание воды, в 1 м^3;
- определенное соотношение фракционного состава материала.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что рассматриваемый состав смеси является не самым рациональным с точки зрения транспортирования и удобоукладываемости и нуждается в дополнительной корректировке соотношения фракций + 0,15 мм и – 0,15 мм.

Состав несущей среды подбираем исходя из наличия на месте приготовления твердеющей закладочной смеси тонкодисперсных материалов. Для взвешивания крупных частиц в перемещающемся потоке несущая среда должна обладать определенными реологическими свойствами. Критерием этих свойств, служит предельное напряжение сдвига несущей среды τ_o, которое должно отвечать условиям:

$$\tau_o \geq \frac{d_{\max}(\gamma_n + \gamma_{нс})q}{6K}, \qquad (3)$$

где $\gamma_т$, $\gamma_{нс}$ – плотность твердого и несущей среды соответственно, кг/м^3; d_{max} – максимальный размер частиц заполнителя, м; К – эмпирический коэффициент, равный 0,6 для применяемой породы; q – ускорение свободного падения.

В данном случае $\tau_o = 19$ Па

Плотность несущей среды $\gamma_{нс}$ = =1372 кг/м^3.

Рекомендуемая плотность несущей среды составляет $\gamma_{нс}$ = 1500-1600 кг/м^3.

Таким образом, три рассматриваемые реологические константы не удовлетворяют условиям оптимального режима транспортирования, и, если при дальностях транспортирования 600-700 м, смесь

еще удовлетворяет условиям транспортабельности, то при дальнейшем увеличении дальности подачи необходимо производить добавление в закладочную смесь дополнительного количества фракции – 0,15 мм.

Как было сказано выше, предельное напряжение сдвига несущей среды, по данным лабораторных исследований, недостаточно для образования не расслаивающейся структурной смеси. Это обстоятельство предполагает повышенную критическую скорость транспортирования. При диаметре трубопровода Д-140 мм и производительности закладочного комплекса Q = 25 м^3/ч скорость транспортирования в режиме самотека составляет:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}, \qquad (4)$$

В нашем случае v = 0,46 м/сек.

Критическую скорость транспортирования определяем по формуле Смолдырева для твердеющей закладки:

$$v_{кр} = c \sqrt{faqS_0}\,D, \qquad (5)$$

где с – эмпирический коэффициент, равный 7-9; f – обобщенный коэффициент трения, f = 0,6 для дробленых скальных пород; q – ускорение свободного падения, м/с»; S_0, α - коэффициенты, учитывающие плотность составляющих закладки;

$$\alpha = \frac{\gamma_п - \gamma_{нс}}{\gamma_{нс}}, \qquad (6)$$

$$S_0 = \frac{\gamma_{нс} - \gamma_в}{\gamma_п - \gamma_в}, \qquad (7)$$

где $\gamma_{нс}$ – плотность несущей среды, $\gamma_{нс}$ = 1,4 г/см^3; $\gamma_п$ – плотность породы, $\gamma_п$ = 2,6 г/см^3; $\gamma_в$ – плотность воды, $\gamma_в$ = 1 г/см^3.

В данных условиях критическая скорость составит 3,37 м/сек.

Для достижения критической скорости необходимо увеличить производительность закладочной установки и транспортировать смесь по трубам меньшего диаметра. Например, трубопровода D = 100 мм. При D = 100 мм критическая скорость составит 3,2 м/с, что тоже не соответствует возможной максимальной производительности закладочной установки.

Расчетная критическая скорость значительно превышает действительную, что является причиной нестабильного транспортирования закладочной смеси. Для увеличения надежности транспортирования закладочной смеси на расстояние L ≥ 600-700 м необходимо увеличить взвешивающую способность несущей среды повышением плотности за счет домола крупного материала и увеличения в смеси фракции – 0,15 мм.

При производительности закладочной установки Q = 25 м^3/ч, дальности транспортирования до 600-700 м при диаметре трубопровода D = 100 мм необходимо соблюдение следующих реологических параметров.

Коэффициент транспортабельно-сти $К_т$ = 0,30. Плотность несущей среды $\gamma_{нс}$ =1550 кг/м^3. Предельное напряжение сдвига τ_o = 16-18 Па. При этом удельный расход воздуха для транспортирования закладочной смеси должен быть не менее $Q_в$ = 30 нм^3/м^3/км.

Для обеспечения требований по приготовлению закладочной смеси осуществляется контроль за этим процессом. ГИАБ

Коротко об авторе

Хайрутдинов М.М. – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 17 симпозиума «Недели горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.В. Кузьмин.*