УДК 622.831

В.П.ЗУБОВ, *д-р техн. наук, профессор, valenta_v@mail.ru*
А.А.АНТОНОВ, *канд. техн. наук, доцент*
Ю.Н.ЛУГОВСКОЙ, *инженер*
М.Д. МОРОЗОВ, *аспирант, Mikhail_Morozov@mail.ru*
О.В.МИХАЙЛЕНКО, *инженер*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

V.P.ZUBOV, *Dr. in eng. sc., professor, valenta_v@mail.ru*
A.A.ANTONOV, *PhD in eng. sc., associate professor*
J.N.LUGOVSKOI, *engineer*
M.D.MOROZOV, *post-graduate student, Mikhail_Morozov@mail.ru*
O.V.MIKHAILENKO, *engineer*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ПОВЫШЕНИЕ ПОЛНОТЫ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ ПРИ СЛОЕВЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ ЯКОВЛЕВСКОЙ ЗАЛЕЖИ

Рассмотрен комплекс технических и организационных мероприятий, обеспечивающих полноту закладки выработанного пространства при слоевой системе разработки крутопадающих залежей богатых железных руд на различных стадиях ведения горных работ.

***Ключевые слова*:** слоевые системы разработки, полнота закладки, очистные заходки, обрушения кровли, безопасность.

HIGHER GRADE FILLING DUE TO HORIZONTAL LAYERS EXTRACTION IN YAKOVLEVSKY ORE DEPOSIT

A complex of technology and organization methods to higher grade filling due to horizontal layers system of extraction rich ferrous metal ores for various stages of mining is presented.

***Key words*:** horizontal layers, system of extraction, grade of filling, drifts, roof falling, safety.

Российский и зарубежный практический опыт использования слоевых систем подземной разработки рудных месторождений показывает, что обеспечение необходимой полноты закладки выработанного пространства при отработке рудного тела в нисходящем порядке является одной из наиболее сложных и актуальных технических задач.

В практике использования слоевых систем разработки с выемкой слоев горизонтальными (слабонаклонными до 3-4°) очистными заходками и отработкой этажей в нисходящем порядке известны неоднократные случаи резких подвижек и массовых обрушений подработанных рудных и закладочных массивов, явившихся причинами прекращения очистных работ в блоках. Обрушения, как правило, носили внезапный характер и охватывали до пяти отработанных и заполненных твердеющей закладкой слоев суммарной мощностью 16 м и более. Осадки закладочного массива происходили на участках большой площади: от лежачего до висячего бока залежи (12-15 м) и до 60 м по длине блоков. Основной причиной этих внезапных событий являлась недостаточная полнота закладки выработанного пространства.

Особую актуальность вопросы обеспечения полноты закладки выработанных пространств приобретают в условиях Яковлевского рудника*, осуществляющего отработку богатых железных руд под неосушенными высоконапорными водоносными горизонтами. Участок первоочередной отработки Яковлевской залежи представлен (до 55 %) слабыми неустойчивыми железнослюдково-мартитовыми рудами с пределом прочности на одноосное сжатие от 0,3 до 15 МПа.

На данном этапе отработки Яковлевской залежи при выемке запасов верхней части этажа реализуется слоевая система разработки с выемкой слоев горизонтальными или слабонаклонными (до 3 град.) заходками с закладкой выработанного пространства твердеющими материалами.

При разработке мероприятий по обеспечению полноты закладки выработанного пространства твердеющими смесями необходимо различать «явный» и «скрытый» недозаклад. Основными причинами явного, во многих случаях наблюдаемого визуально при ведении закладочных работ недозаклада являются:

• Небольшой угол наклона очистных заходок, обычно не превышающий трех-четырех градусов. Следует отметить, что разработка месторождений на больших площадях очистными заходками с большими углами их наклона, выполняемая с целью предотвращения недозаклада, плохо совмещается с современными способами доставки горной массы в пределах заходки с использованием ПДМ: ухудшаются условия наполнения ковша и перемещения горной массы на подъем или уклон, уменьшается скорость движения ПДМ, снижается безопасность транспортных работ, увеличивается износ шин и механических частей ПДМ.

• Трудность полной закладки до контакта с кровлей, горизонтальных и слабонаклонных очистных заходок при подаче закладочного материала по трубопроводам. Объем закладки, подаваемый по трубопроводу в закладываемую выработку (секцию), определяется по данным маркшейдерской съемки и достаточно строго нормируется, излишки крайне нежелательны. Закладочный трубопровод после окончания работ не может оставаться заполненным подаваемой смесью. Дополнительный залив полости, имеющей высоту 20-30 см, малыми порциями *весьма затруднен, а после схватывания* первоначального объема практически невозможен. Механизм растекания закладочной смеси при небольшой высоте налива имеет свои особенности: в районе истечения закладки образуется разлив закладочного материала радиусом менее 2-3 м, реальная площадь дозакладки не превышает 10-12 м^2.

• Отсутствие эффективных способов дозакладки на относительно малую высоту горизонтальных и слабонаклонных заходок твердеющей смесью, применяемой для заполнения основного объема. Известны предложения по ликвидации явления недозаклада с помощью, например, добавления в последние порции закладочного материала вспенивающихся компонентов; размещения в выработке всплывающих емкостей, подпирающих кровлю после заполнения выработки закладкой; подачи в полости вспенивающихся полимерных материалов и др. Эти технические решения широкого промышленного распространения не получили, в основном из-за их нетехнологичности и по экономическим критериям.

• Несоответствие типовых технологий закладочных работ фактическому состоянию контура сечения закладываемой выработки и принятому виду крепи.

Около 35 % общего числа заактированных на Яковлевском руднике случаев самопроизвольного обрушения пород (рис.1) произошло в очистных и подготовительных выработках гор. –370 м, 65 % – в выработках гор. –425 м.

Основные параметры вывалов: среднее число обрушений 4 на 1000 м проходки; средневзвешенный объем вывала 62 м^3; максимальный зафиксированный объем вывала

---

* *Зубов В.П.* Концепция отработки Яковлевского железорудного месторождения на участках богатых железных руд / В.П.Зубов, А.А.Антонов / Записки Горного института. СПб, 2006. Т.168. С.203-210.

Zubov V.P. Mining technology concept especially for rich ore zones of Yakovlevsky ore deposit / V.P.Zubov, A.A.Antonov / Proceeding of Mining Institute. Saint Petersburg, 2006. Vol.168. P.203-210.

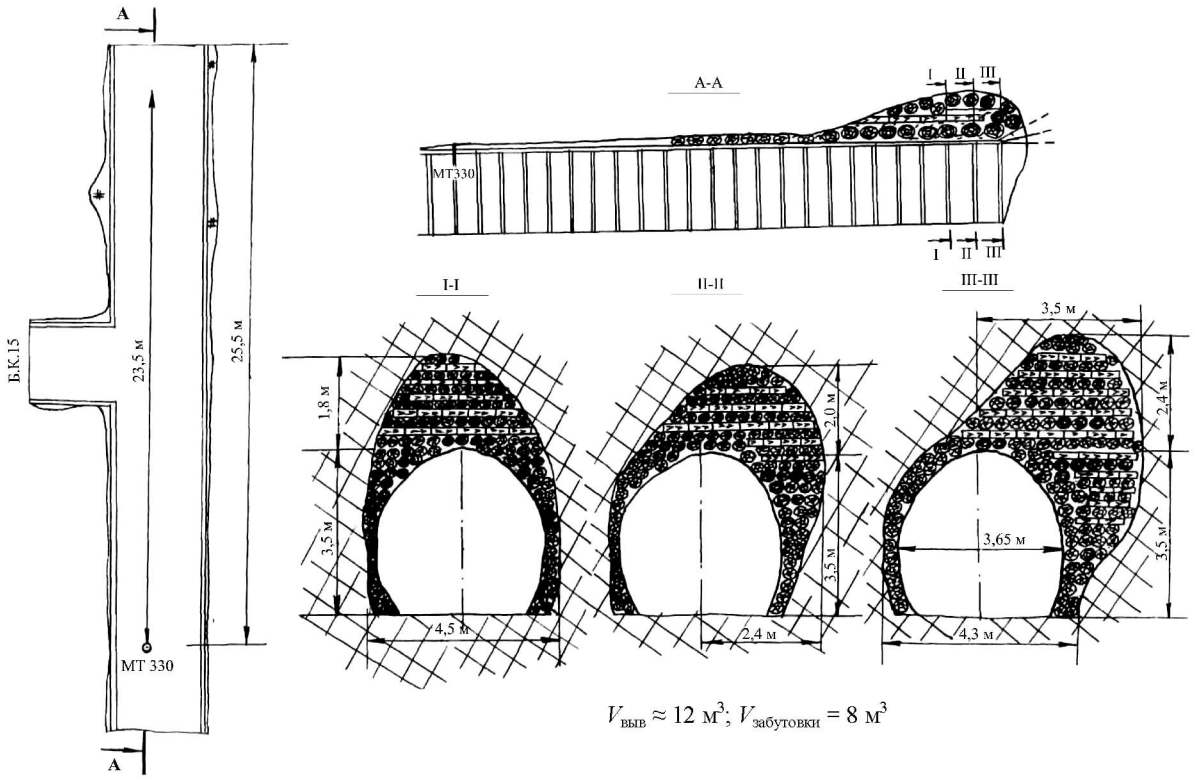


Рис.1. Характер обрушения боковых пород в откаточном орте № 2 (гор. –425 м), пройденном в рыхлых мартитовых рудах

180 м^3; высота полостей, образующихся при вывалах пород кровли, достигает 5-6 м и более.

• Трудность надежного контроля полноты заполнения закладочным материалом выработанного пространства и полостей, образующихся при обрушениях кровли в заходках.

«Скрытый» недозаклад связан с растеканием закладочного материала в трещины окружающего массива и усадкой закладочного массива под действием силы тяжести до его цементации.

Величина усадки закладочного материала при использовании твердеющей закладки составляет 3-3,5 % (в ряде случаев до 4-5 %) его первоначальной высоты. В абсолютных величинах при мощности слоя, равной 4 м, величина недозаклада может достигать 160-200 мм и более. Суммарная фактическая величина недозаклада при литом способе возведения закладочного массива в ряде случаев характеризуется значительно большими значениями.

Учитывая специфику горно-геологических условий залегания Яковлевской железорудной залежи, и принимая во внимание недопустимость вторичного увлажнения богатых железных руд, для обеспечения полной закладки выработанного пространства при слоевой системе разработки рекомендуется следующий комплекс мероприятий.

При планировании горных работ:

– Штрековая подготовка 1-го слоя с расположением слоевых блоковых штреков в рудах или вмещающих породах повышенной прочности и отработка 1-го слоя заходками, пройденными вкрест простирания пород. Это обеспечивает более благоприятные условия поддержания кровли очистных заходок и заездов в очистные заходки, а следовательно и меньшую нарушенность контуров поперечного сечения закладываемых выработок вывалами.

При ведении очистных работ:

– Проходка очистных заходок в рыхлых железнослюдково-мартитовых рудах с использованием комбайнов – наиболее благо-

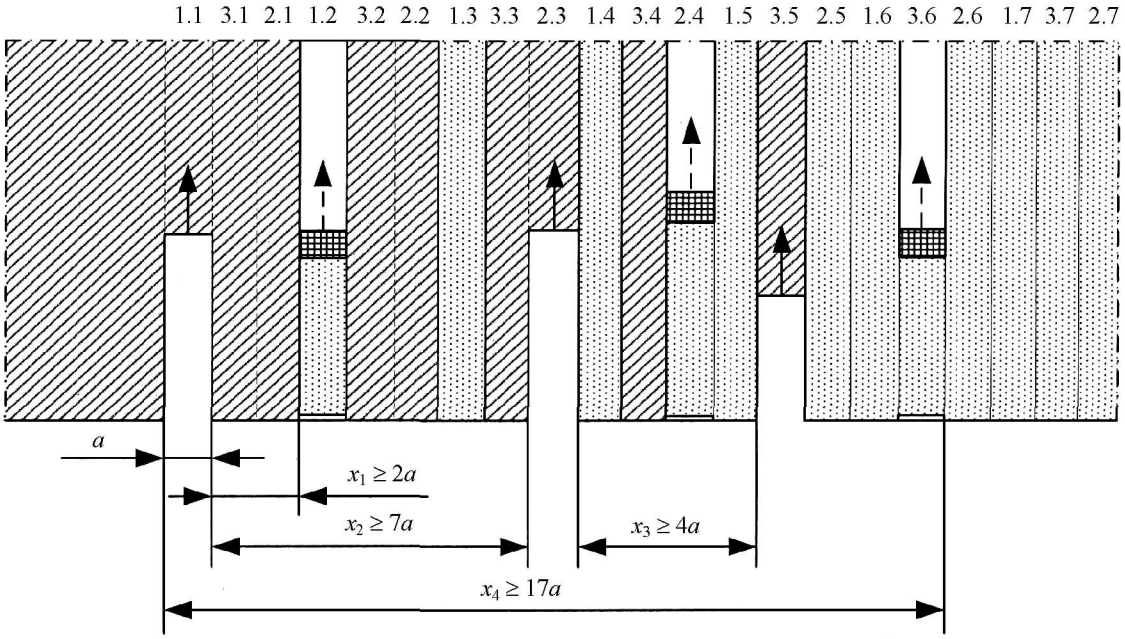


Рис.2. Рекомендуемая принципиальная схема отработки 1-го слоя на участке богатых железных руд 1.1; 2.3 и 3.5 – соответственно, первичные, присечные и вторичные заходки при их проведении; 1.2; 2.4 и 3.6 – соответственно, первичные, присечные и вторичные заходки, в которых производят монтаж арматуры, извлечение крепи и закладку твердеющих материалов; a – ширина пролета очистной заходки; $x_1 \geq 2a$ – минимально допустимое расстояние между первичными заходками; $x_1 \geq 7a$ – рекомендуемое расстояние между проходимыми первичными и присечными заходками; $x_3 \geq 4a$ – рекомендуемое расстояние между присечной и вторичной заходкой

приятный способ по условиям воздействия на устойчивость кровли и бока очистных заходок. Следует отметить, что значения перебора сечения по высоте при проведении выработок с использованием буровзрывных работ в относительно однородном массиве богатых железных руд составляют до 0,6 м.

– Отработка заходок первого слоя по схеме, представленной на рис.2, позволяющей минимизировать отрицательное влияние опорного давления, формирующегося у границ выработанного пространства, на интенсивность обрушений кровли в первичных очистных заходках. Расстояние между первичными заходками 1.1, 1.2, 1.3 и др. рекомендуется принимать не менее двух пролетов первичных заходок. Присечные заходки 2.3, 2.4 и др. рекомендуется проходить вприсечку к заложенной твердеющими материалами первичной заходке, расположенной со стороны выработанного пространства.

– Использование в качестве основной крепи заходок первого слоя при отработке участков богатых железных руд рамной крепи (металлической, деревянной или комбинированной) с полной затяжкой: кровли и боков в первичных камерах; кровли и одного из боков в присечных камерах; кровли во вторичных камерах.

При ведении закладочных работ в первом слое:

Вариант 1. Ведение закладочных работ в два этапа. Вначале создается первый технологический слой закладочного массива с использованием трубопроводов по известным технологиям, предусматривающим создание в нижней части закладочного массива несущего слоя повышенной прочности. На втором этапе производится дозакладка очистной заходки с использованием машин метательного действия.

Вариант 2. Закладочный массив в горизонтальных (слабонаклонных) очистных заходках создается путем подачи закладочного материала по трубопроводам, подведенным к очистным заходкам по вспомогательным выработкам, пройденным (откреплен-

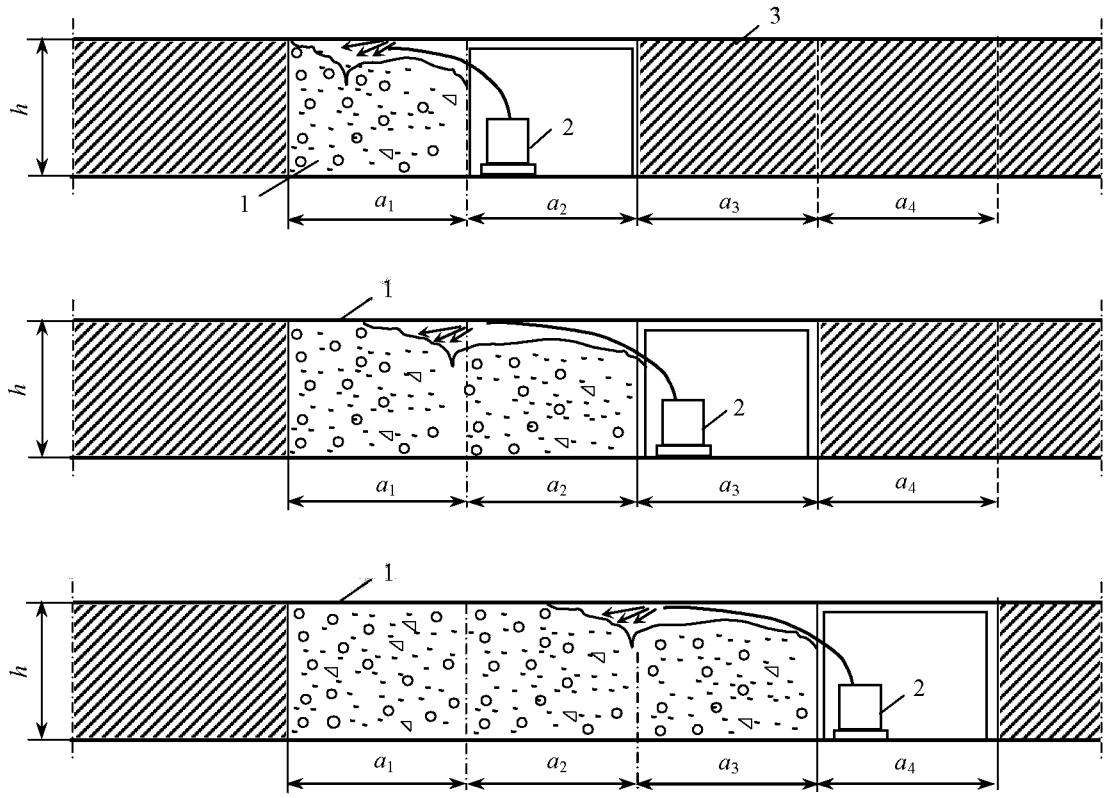


Рис.3. Принципиальная схема дозакладки полостей между закладочным массивом и кровлей отрабатываемого слоя

1 – закладочный массив; 2 – бетононасос; 3 – рудный массив; h – мощность вынимаемого слоя

ным) в вышерасположенном закладочном массиве ранее отработанных слоев.

Реализация этого варианта позволяет подавать закладочный материал под большим давлением, а также производить дозакладку заходок малыми порциями через скважины, пробуренные из вспомогательных выработок по закладочному массиву в закладываемые полости.

Расстояние между точками подачи в заходку по скважинам закладочного материала следует принимать не более 30 м. При ведении закладочных работ отдельными секциями по длине заходки, отделенными одна от другой закладочными перемычками, расстояние между перемычками принимается не более 40-45 м.

Вариант 3. Закладочный массив в горизонтальные очистные заходки 1-го слоя подается только по трубопроводам. Горизонтальную заходку проходят с переменной высотой, равномерно увеличивающейся (уменьшающейся) по мере удаления от устья заходки. Закладочный массив подается по трубопроводу, располагаемому у кровли заходки в точках с максимальной ее высотой.

Вариант 4. Общим недостатком известных способов закладки выработанных пространств с использованием закладочных горизонтов является большая протяженность специальных закладочных выработок (закладочные восстающие, закладочные штреки и др.), которые проходят и поддерживают в неоднократно подрабатываемом массиве.

Сущность рекомендуемого способа (рис.3) заключается в дозакладке полостей между закладочным массивом 1 и кровлей отрабатываемого слоя с подачей твердеющих материалов к местам дозакладки по присечным заходкам с использованием, например, бетононасосов 2.

Способ осуществляют следующим образом. Из заходок шириной a_2-a_4, проходимых вприсечку к закладочному массиву 1, визуальными и инструментальными наблю-

дениями определяют участки расположения полостей над закладочным массивом и размеры этих полостей. Так, при проведении присечной заходки шириной a_2 (рис.3) определяют места расположения полостей и размеры этих полостей над закладочным массивом, созданным в заходке шириной a_1.

Информация о местах расположения полостей над закладочным массивом и их размерах, полученная в результате визуальных или инструментальных наблюдений из заходок, проходимых вприсечку к закладочному массиву, является наиболее достоверной. Это позволяет значительно повысить, по сравнению с описанными способами, полноту закладки выработанного пространства, что достигается за счет более правильного определения для каждой конкретной полости необходимых объемов закладочной смеси и знания мест расположения высших точек закладываемых пустот. При реализации данного способа обеспечивается также возможность осуществления из присечных заходок постоянного визуального контроля за процессом дозакладки.

Важным обстоятельством при использовании бетононасосов, оснащенных системой регулировки подачи закладочной смеси, является возможность обеспечения полной закладки полостей любых размеров и конфигурации. Эффективная дозакладка из присечных заходок может быть осуществлена с использованием участковых трубопроводов, присоединяемых к магистральному закладочному трубопроводу.

Учитывая, что к моменту начала работ по дозакладке происходит практически полная усадка основного закладочного массива под действием собственного веса и перетекания закладочной смеси в трещины окружающего массива, использование данного способа позволяет исключить возможность появления в дальнейшем пустот между закладочным массивом и кровлей слоев.

Выводы

1. Исследования показали, что при использовании слоевой системы разработки участков богатых железных руд с выемкой слоев горизонтальными (слабонаклонными) очистными заходками и отработкой этажей в нисходящем порядке требование обеспечения полноты закладки выработанных пространств должно стать обязательным условием, при невыполнении которого отработку запасов Яковлевской залежи производить нельзя по фактору «безопасность горных работ».

2. Наличие полостей (недозаклада) между кровлей заходок и закладочным массивом при использовании слоевой системы разработки с отработкой этажей в нисходящем порядке приводит:

• к неоднократным (по мере отработки слоев) опусканиям подрабатываемого закладочного и вышерасположенного горного массива, следствием чего является повышение степени их разрушения, вероятности возникновения в подрабатываемой толще водопроводящих трещин, неконтролируемого перетекания воды из водоносных горизонтов в подземные горные выработки и повторное обводнение рудного массива;

• к возникновению зон повышенного горного давления над краевыми частями рудного массива в местах проведения первичных очистных заходок, что существенно усложняет решение вопросов, связанных с обеспечением технологически удовлетворительного состояния заходок в периоды их проведения и закладки;

• к повышению опасности горных работ, выполняемых в очистных заходках, проводимых вприсечку к закладочному массиву.

3. При недозакладе возможны опасные внезапные обрушения рудной массы в заходках первого слоя, проходимых вприсечку к закладочному массиву, что обусловлено формированием в подработанной толще общего свода давления и несимметричной повышенной нагрузкой со стороны кровли на крепь присечной заходки. При внезапных опусканиях кровли над закладочным массивом в результате воздействия боковых нагрузок крепь присечной заходки может потерять устойчивость как несущая конструкция за счет выдавливания ножек крепи в заходку.