

УДК 622.274.4

Д.Ю. Минаев, Э.И. Богуславский

КОНЦЕПЦИЯ ВОСХОДЯЩЕЙ ОТРАБОТКИ КРУТОПАДАЮЩИХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Семинар № 13

Одним из направлений повышения эффективности разработки крутопадающих глубокозалегающих рудных месторождений является применение технологии восходящего ведения горных работ. При этом помимо вопросов вскрытия глубоких горизонтов, управления состоянием горного массива, вентиляции и т.д., должна быть определена система разработки, обеспечивающая: безопасное ведение работ, низкую себестоимость добычи руды, высокий процент ее извлечения. Система разработки с закладкой выработанного пространства отвечает требованиям по безопасности ведения работ, управления состоянием горного массива и показателям качества руды, однако обладает высокой себестоимостью добычи руды, большим значением коэффициента подготовки и низкой производительностью.

Альтернативной является комбинированная система разработки, при которой этаж разделяют на камеры I и II очереди, заполняемые закладкой после завершения очистной выемки руды. При этом камеры I и II очередей обрабатываются системами разработки с открытым очистным пространством. Камеры I очереди заполняют монолитной твердеющей закладкой, создавая искусственные целики между камерами II очереди, обеспечивая возможность выемки запасов этих камер. При традиционном нисходящем порядке отработки в камерах II очереди создают искусственное днище из твердеющей закладки (примерно

на 1/3 высоты камеры), а остальной объем заполняют рыхлой закладкой.

Применение восходящего порядка отработки месторождения позволяет полностью заполнять камеры II очереди рыхлой закладкой, в качестве которой использовать породы от проходки горных выработок, хвосты обогатительной фабрики и др.

При данной технологии ведения работ имеет место следующая геомеханическая ситуация (рис. 1). Искусственные целики нагружены горным давлением со стороны пород висячего бока и весом сыпучей породной закладки, находящейся в камере II очереди. Эти две силы нельзя рассматривать отдельно друг от друга, так как при решении данной задачи они взаимосвязаны. С одной стороны, искусственный целик является несущей конструкцией, разрушаемой под действием горного давления Q пород висячего бока. С другой стороны он работает как подпорная стенка, разрушаемая активным давлением Ea сыпучей закладки камеры второй очереди. Кроме того, горное давление Qn нагружая искусственный целик, защемляет его между висячим и лежащим боками залежи и повышает его прочность в направлении действия активного давления рыхлой закладки. Чем больше горное давление, тем большие нагрузки от действия активного давления способен выдержать искусственный целик (однако они не должны превышать предел прочности на сжатие материала этого целика).

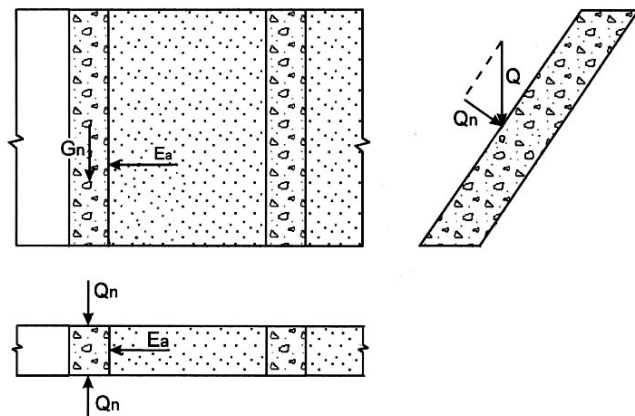


Рис. 1. Расчетная схема для определения размеров монолитных целиков

В качестве примера выполнены расчеты параметров искусственный целиков для условий месторождения «Заполярье» Кольской ГМК. Оно представлено рудным телом со средней мощностью 11,5 м, залегающим под углом 55 градусов.

Первоначально были определены предельные размеры искусственного целика в зависимости от прочности его материала и длины камеры второй очереди, а затем они были оптимизированы по критерию себестоимости закладочных работ (рис. 2). Вначале наблюдается снижение себестоимости из-за увеличения процента использования дешевой рыхлой закладки, при этом длина монолитного целика растет незначительно. При дальнейшем увеличении длины камер II очереди резко возрастает горное давление на монолитный целик, что требует увеличения его размеров и количества дорогостоящей твердеющей закладки, что влечет за собой рост себестоимости закладочных работ. Минимальная себестоимость закладочных работ получена при длине камер второй очереди 40 м., камер первой очереди 8 м и прочности твердеющей закладки 3 МПа.

На размеры искусственного целика оказывает влияние угол падения рудного тела. При малых (10-30) и больших (75-90) углах падения они достигают максимальных значений (рис. 3, кривая 1). Это связано с изменением нормальных и касательных составляющих горного давления

и активного давления рыхлой закладки на искусственный целик. При малых углах падения определяющими являются напряжения, вызванные давлением пород висячего бока, так как повышается нормальная к рудному телу составляющая горного давления. Это требует увеличения размеров

искусственного целика или увеличения прочности твердеющей закладки. Активное давление рыхлой закладки в этом случае намного меньше горного (из-за малой высоты камеры, ограниченной мощностью рудного тела), и не вызывает опасных напряжений в сечении целика.

При крутых углах падения наблюдается противоположная картина соотношения этих давлений. Увеличивается высота камер, поэтому активное давление сыпучей закладки возрастает до максимума. Закладка уже не опирается на лежащий бок залежи (как при пологих углах падения), а передает все свое давление на подпорную стенку – искусственный целик, вызывая в нем опасные напряжения. Горное же давление минимально из-за малой его нормальной составляющей. Кроме того, оно не создает необходимого защемления подпорной стенки – искусственного целика для повышения прочности последнего и увеличения сопротивления действию активного давления. Вследствие этого необходимо повышать размеры монолитного целика или прочность слагающей его закладки.

С другой стороны, при крутых углах падения со стороны висячего и лежащего боков начинают заметно проявляться тектонические силы. В связи с этим нормальная составляющая горного давления возрастает и повысит прочность искусственного целика в направлении действия ак-

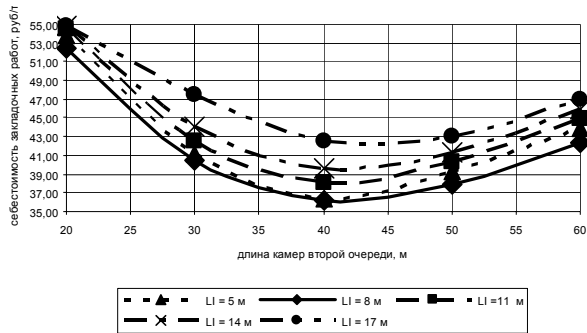


Рис. 2. Зависимость себестоимости закладочных работ от длины камер второй очереди при различной длине камер первой очереди (LI)

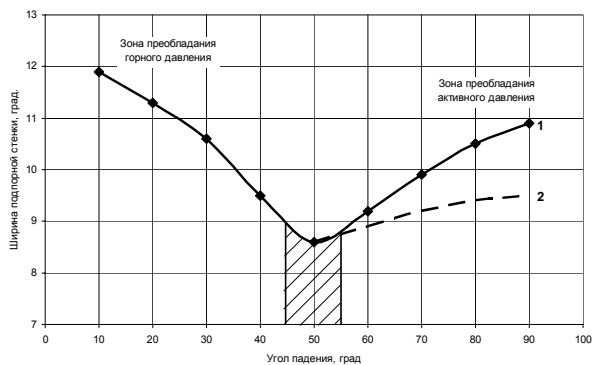


Рис. 3. Зависимость ширины подпорной стенки от угла падения рудного тела: 1 – без учета горизонтальных тектонических напряжений; 2 – с учетом вероятных горизонтальных тектонических напряжений

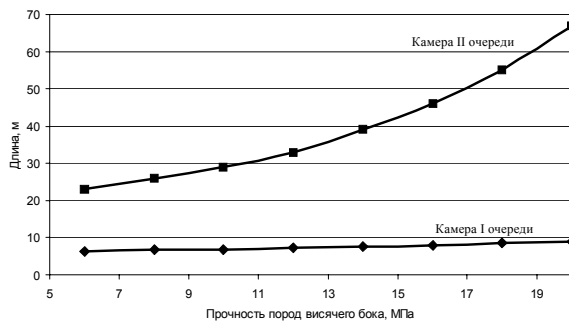


Рис. 5. Напряжения, возникающие в монолитных целиках и сыпучей закладке

тивного давления. Так как при крутых углах падения определяющим является активное давление породной закладки, то появляется возможность уменьшить размеры монолитного целика (кривая 2) за счет его защемления тектоническими силами.

При углах падения 45-55 градусов размеры искусственного целика минимальны, т.к. горное давление породного массива и активное давление сыпучей закладки находятся на среднем уровне, а их значения численно близки. Горное давление создает напряженное состояние в искусственном целике (не разрушая его) и повышает его прочность в перпендикулярном направлении - направлении действия активного давления. Таким образом, искусственный целик работает как балка, защемленная с двух сторон горным давлением.

На размеры целика также влияет прочность пород висячего бока. При подработке рудного тела над выработанным пространством образуется свод давления, породы в пределах которого нагружают монолитные целики [4]. При увеличении прочности пород висячего бока возрастают размеры допустимых обнажений, т. е. появляется возможность увеличить длину камер II очереди.

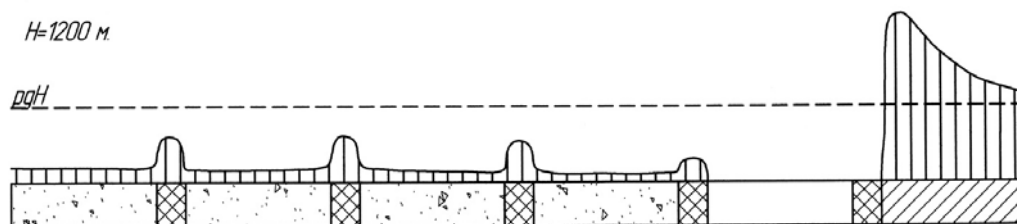


Рис. 4. Зависимость размеров камер I и II очереди от прочности пород висячего бока

При уменьшении прочности пород висячего бока наблюдается обратная картина: растет высота свода, увеличивается горное давление на искусственные целики, растет ширина искусственного целика или его прочность, уменьшается допустимый пролет камер II очереди (заполненных рыхлой закладкой).

При увеличении прочности пород висячего бока размеры камер I и II очереди увеличиваются неодинаково (рис. 4). Допустимые размеры камер II очереди растут быстрее, чем камер I очереди (искусственного целика), а следовательно процент использования дешевого сыпучего материала в качестве закладки увеличивается.

Расчеты напряженного состояния искусственных целиков в пределах всего этажа сделать следующие предположения. При отработке камер всего этажа напряжения, возникающие в искусственных целиках, превышают предел прочности материала целика на сжатие, однако разрушение целика не происходит. Рыхлая закладка, находящаяся в камере второй очереди, также воспринимает нагрузку со стороны пород висячего бока и распирает искусственный целик, повышая его прочность в направлении действия горного давления так же, как горное давление до этого повышало прочность целика в направлении

действия активного давления закладки [2]. Таким образом, целик переходит в состояние объемного сжатия, при котором его несущая способность может возрастать вплоть до гравитационной составляющей $\rho g H$.

Основную нагрузку пород висячего бока все же воспринимают искусственные целики, а сыпучая закладка, ввиду большой компрессии, практически ее не воспринимает (рис. 5). Однако если подобрать состав сыпучей закладки таким образом, чтобы ее компрессионные свойства были минимальны, то она будет нагружена почти так же, как и искусственные целики. Данные результаты были получены методом расчета предельного прогиба пород кровли [1].

Сравнение результатов расчета напряжений, действующих в сечении искусственного целика, полученных по теории свода и по предельному прогибу пород кровли, дают близкие результаты, что говорит о достоверности сделанных предположений.

Проведенный анализ показывает высокую эффективность применения комбинированных систем разработки с созданием искусственных целиков в камерах I очереди и заполнением рыхлой закладкой камер II очереди при отработке крутопадающих рудных тел в восходящем порядке на больших глубинах в прочных вмещающих породах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бориц-Компоницец В.И., Макаров А.Б.* Горное давление при отработке мощных пологих рудных залежей. – М.: Недра, 1986.

2. *Казикаев Д.М.* Совместная разработка рудных месторождений. – М.: Недра, 1967.

3. *Прокофьев П.П.* Давление сыпучего тела и расчет подпорных стенок. – М.: Недра, 1947.

4. *Цыганов М.Н., Зурков П.Э.* Разработка месторождений полезных ископаемых с монолитной закладкой. – М.: Недра, 1970.

Коротко об авторах

Минаев Д.Ю., Богуславский Э.И. – Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет).

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ЛУКИЕНКО Леонид Викторович	Повышение ресурса привода зубчато-реечных систем перемещения высокопроизводительных очистных комбайнов	05.05.06	д.т.н.
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА УрО РАН			
АГЛЮКОВ Харис Исхакович	Влияние высокоплотной закладки на геомеханические процессы и технологию разработки рудных месторождений	25.00.20 25.00.22	д.т.н.
КУРИЛКО Александр Сардокович	Управление физико-механическими свойствами горных пород при знакопеременном температурном воздействии	25.00.20	д.т.н.
КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
РЫНДИН Владимир Прокопьевич	Определение энергетических параметров и совершенствование динамики ударных систем бурильных машин	05.05.06	д.т.н.
КОСТЮКОВ Евгений Владимирович	Исследование физического состояния и оценка устойчивости грунтовых дамб гидротехнических сооружений горных предприятий геоэлектрическим методом	25.00.16	к.т.н.