Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVIII, вып. 1, 1969 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПОРЯДКЕ ВЫЕМКИ БЛОКОВ В ЭТАЖЕ (для условий отработки нижних горизонтов Кировского рудника комбината Апатит)

Н. З. Галаев, Г. Г. Милехин

Отработка рудных месторождений в условиях повышенного горного давления бывает часто связана с опасными концентрациями напряжений, способными вызвать вредные для производства последствия: деформации выработок и отдельных участков рудного тела, раздавливание целиков, самообрушение руды и другие явления, увеличивающие опасность работ, потери полезного ископаемого, затраты труда и средств.

С переходом Кировского рудника на выемку нижних этажей (горизонты +322, +252 *м* и ниже) мощность пород висячего бока превзойдет 300 *м* и нависающие консоли пород висячего бока будут оказывать значительное давление на расположенную ниже богатую зону рудного тела. Поэтому уже сейчас встает вопрос об управлении горным давлением при отработке этих горизонтов, о выборе целесообразного порядка выемки рудного тела.

Рудник отрабатывает часть мощной (75—100 *м* по нормали) пластообразной апатито-нефелиновой залежи, падающей под углом 28—32°. Покрывающие породы — рисчорриты; подстилают рудную залежь породы ийолит-уртитового комплекса. Между покрывающими породами и рудным телом расположена так называемая контактная зона мощностью до 40—50 *м*. Крепость руд по шкале М. М. Протодьяконова 4—8,

подстилающих и покрывающих пород — 8—12. Объемный вес руды и пород в среднем равен 3 $т/м^3$.

Тектоника месторождения характеризуется наличием зон разрушения и частой сети трещин отдельности, рассекающих рудное тело и вмещающие породы, в результате чего прочность массива меньше прочности пород в куске. По данным ВНИМИ, коэффициент структурного ослабления массива равен 0,37.

Исследование отработки нижних горизонтов при различном порядке выемки блоков проводилось на объемных моделях из эквивалентных материалов (смеси кварцевого песка, молотой слюды и парафина). Масштаб моделирования 1 : 1000 определялся размерами лабораторного стенда (длина 140, ширина 90, высота 90 *см*) и необходимостью моделирования отработки месторождения на возможно большей длине по простиранию.

Процентное содержание входящих в эквивалентный материал компонентов подбиралось по известным в натуре явлениям методом приближений. Многочисленные опыты по обрушению пород при критическом пролете подработки, проведенные на моделях в масштабе 1 : 1000 для известных нам условий отработки верхних горизонтов рудника, показали, что наиболее полно удовлетворяет условиям подобия следующий состав эквивалентного материала, %: парафин — 0,45; молотая слюда — 1, песок — 98,55 ($\sigma_{сж}=0{,}10\div0{,}15$ $кГ/см^2$). Несомненно, что при таком содержании входящих в состав смеси компонентов значение предела прочности эквивалентного материала на сжатие может быть непостоянным в разных частях модели. Чтобы не получить значительного искажения результатов, подобие модели натуре проверялось в каждом опыте путем сравнения отработки горизонта +392 *м* на модели с отработкой этого горизонта на практике. Многократное повторение опытов (8 моделей) показало, что точность получаемых результатов на разных моделях при одинаковом порядке отработки составляет около 20% (значение коэффициента концентрации напряжений перед обрушением при сплошной выемке горизонта в разных моделях колебалось от 1,5 до 1,8).

Отработка модели заключалась в периодической выемке отдельных блоков. Два соседних блока вынимались с интервалом 1 сутки. Время отработки блоков на верхних и нижних горизонтах при моделировании сохранялось приблизительно одинаковым. Так как на практике блоки отрабатываются в течение длительного времени (до 10 лет), то соблюсти масштаб

времени из-за ограниченных сроков исследований не представилось возможным.

Для замеров давления в основании моделей помещались датчики механического и индукционного типа*, показания которых регулярно снимались.

В пяти опытах моделировалась отработка трех горизонтов. Сначала вынимались блоки на горизонте +392 *м* (ныне погашенном, в таком же порядке, как было на руднике). При выемке этого горизонта подтвердилось подобие обрушения пород висячего бока и подпора массива со стороны обрушенных пород. Блоки на горизонте +322 *м* вынимались двумя вариантами: по выборочной схеме и сплошным фронтом от середины к флангам, а на горизонте +252 *м* — только сплошным фронтом.

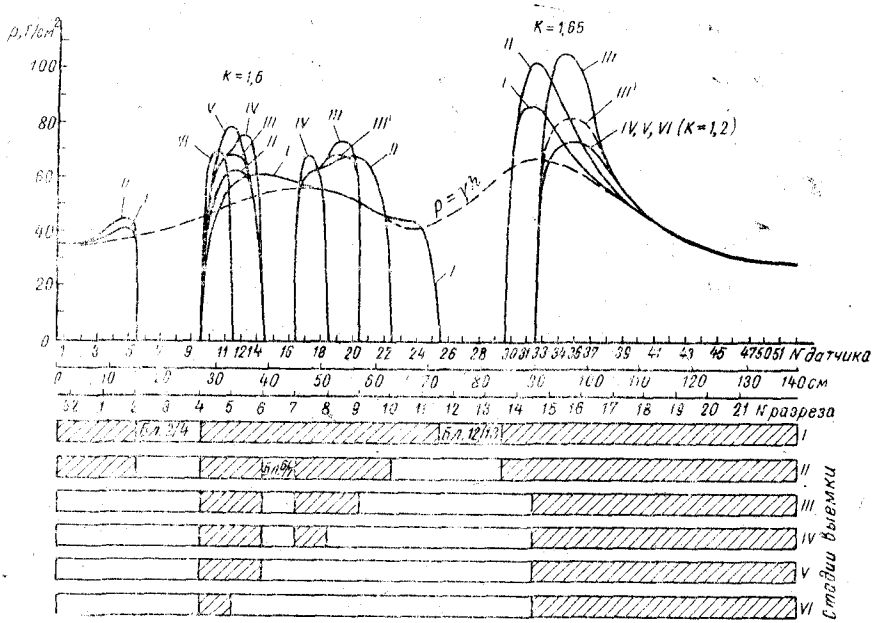


Рис. 1. Распределение опорного давления при выборочной выемке горизонта +322 *м* (модель 6)

I—IV — стадии выемки и соответствующие им кривые опорного давления; *III'* — кривая опорного давления после частичного обрушения пород

* Конструкция механических датчиков предложена проф. А. А. Борисовым и канд. техн. наук И. П. Толстуновым.

Выборочная выемка на горизонте +322 *м* моделировалась в соответствии с предполагаемым на руднике порядком отработки горизонта: в первую очередь вынимались блоки 12/13 и 2/4, а также блок 6/7, а затем очистные работы от блока 12/13 развивались в обе стороны, а от блока 2/4 к флангу месторождения (рис. 1, стадии *I—VI*).

В процессе отработки горизонта опорное давление на призабойные участки рудного массива постепенно возрастало, и при достижении длины выработанного пространства 240 *м* в районе блоков 2/4 и 12/13 оно превысило первоначальное значение в 1,5—1,6 раза (стадия *III*) и достигло критических значений. Максимальное опорное давление было в образовавшихся целиках после выемки блока 6/7. После этого налегающие породы над выработанным пространством частично обрушились. Выемка блока-целика 7/8 привела к увеличению опорного давления на целик 4/6 (стадия *V*). При постепенной отработке этого целика давление стало снижаться (кривая *VI*), т. е. целик стал выходить из-под нагрузки, разрушаться и был раздавлен.

В другой модели, где отработка опытного блока 6/7 не предусматривалась, в результате ведения очистных работ в районе блоков 2/4 и 12/13 образовался целик шириной 120 *м*, давление на который приближалось к критическому. После выемки блока 6/7 образовавшийся рядом целик 5/6 стал разрушаться и вышел из-под давления.

Отработка моделей из более прочного материала ($\sigma_{сж}$ = = 0,15 *кГ/см*^{2}) показала, что при выборочной выемке блоков задержка в обрушении пород висячего бока над выработанным пространством приводит к значительно большему возрастанию опорного давления (в 2,0—2,5 раза) по сравнению с первоначальным, что вызывает разрушение целиков больших размеров.

При моделировании сплошной выемки блоков на горизонте +322 *м* от середины к флангам (рис. 2) опорное давление на прилегающий рудный массив возрастало по мере увеличения длины подработанного пространства, но коэффициент концентрации напряжений не превосходил 1,5—1,6, так как к моменту такого нарастания давления происходило обрушение пород. В результате обрушения максимум опорного давления снижался на 40—50%. Это можно увидеть на рис. 2, сравнивая эпюры распределения опорного давления до и после обрушения (кривые *II* и *II′*, *III* и *III′*). Величина максимального

опорного давления, как правило, была ниже предела прочности материала на сжатие, и заметных деформаций призабойного массива не наблюдалось.

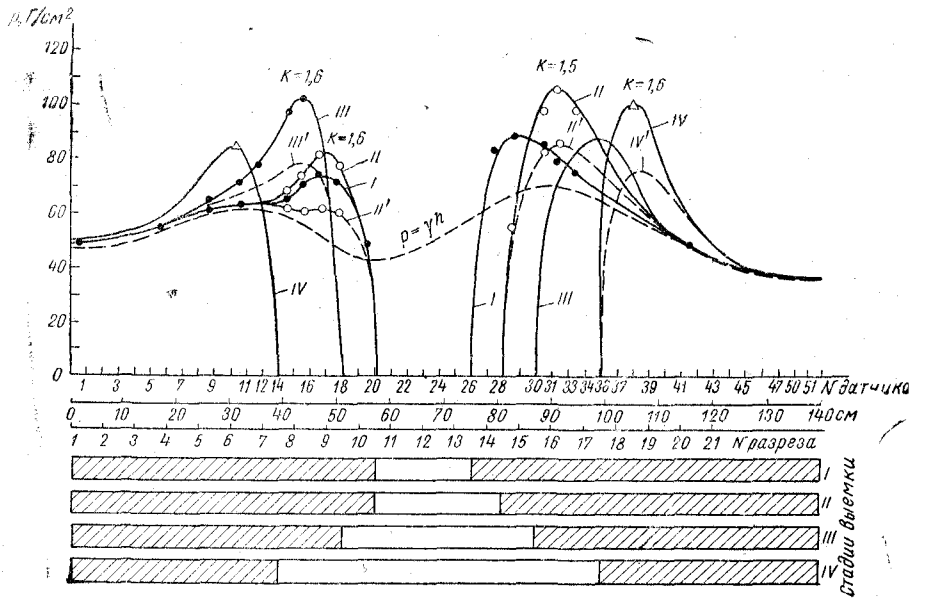


Рис. 2. Распределение опорного давления при сплошной выемке горизонта +322 *м*

Сплошная выемка расположенного ниже горизонта +252 *м* подтвердила общие закономерности распределения опорного давления. Максимум давления составил также 1,5—1,6 первоначального. Обрушение пород над выработанным пространством снижало концентрацию напряжений до 1,2. Максимальные напряжения в призабойной зоне приближались к пределу прочности материала на сжатие, и поэтому происходили заметные деформации частей массива, граничащих с выработанным пространством, а максимум опорного давления вследствие этого смещался в глубь массива на 50—70 *м*. Отсюда следует вывод: с понижением работ величина критических пролетов, при которых происходит обрушение пород, возрастает. Опорное давление поэтому может быть причиной нарушения (ска-

лывания) призабойного массива. Как показало моделирование, нарушения массива при сплошной выемке были значительно меньше.

Выводы

1. При выборочной выемке горизонта образуются блоки, граничащие с выработанным пространством с двух-трех сторон. Задерживая обрушение налегающих пород, эти блоки являются местами опасных концентраций опорного давления (в наших опытах давление на них возрастало в 2—2,5 раза по сравнению с первоначальным). Выемка блоков-целиков становится опасной и связана с большими потерями руды.

2. Выемка горизонта сплошным фронтом от центра к флангам создает более благоприятные условия для обрушения пород висячего бока. Величина опорного давления перед обрушением пород обычно не превышала первоначального в 1,5—1,6 раза. Особо опасных деформаций рудного массива при моделировании не наблюдалось. Если обрушение налегающих пород до поверхности из-за большой их мощности будет задерживаться, то возможны деформации прилегающего к выработанному пространству рудного массива.

3. При отработке нижних горизонтов на апатитовых рудниках из-за повышения горного давления необходимо переходить на выемку блоков в этаже сплошным фронтом от середины этажа к флангам. Это обеспечит планомерное обрушение пород висячего бока и уменьшит проявления опорного давления на рудный массив.