Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIV, вып. 1, 1961 г.

БЛОКОВОЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ОБРУШЕНИЕ СО СПЛОШНОЙ БЕСЦЕЛИКОВОЙ ВЫЕМКОЙ РУДЫ

(рудник «Заполярный» Норильского комбината)

Г. И. Садовский, А. С. Пахомов

Разработка Норильского полиметаллического месторождения подземным способом ведется в сложных горногеологических условиях. Рудная залежь залегает в зоне вечной мерзлоты, имеет интенсивно развитую трещиноватость, мощную толщу покрывающих пород и характерна выделением метана в подземные выработки из угольных пластов, подстилающих рудную залежь.

На руднике «Заполярный» (прежде именовавшемся № $^{7}/_{9}$) вкрапленные руды разрабатывали камерно-столбовой системой с магазинированием руды или с отбойкой из подэтажных штреков. От этих систем отказались, так как при них не обеспечивались безопасные условия труда горнорабочих и устойчивость междукамерных целиков.

В 1956 г. рудник перешел на систему принудительного блокового обрушения с принудительным обрушением налегающих пород. Размеры блока были приняты следующие: длина 112 *м*, ширина 60 *м*, ширина компенсационных камер 13—17 *м* и ширина междукамерных целиков 17—13 *м* (*в зависимости от устойчивости руды и вмещающих пород, а также от условий горного давления*).

В результате исследовательских и опытных работ при внедрении системы блокового принудительного обрушения с двухстадийной выемкой руды на верхних горизонтах рудника были обеспечены необходимые темпы роста производительности труда, достигнуто увеличение производственной мощности рудника и созданы сравнительно безопасные условия для горнорабочих.

Однако на нижних горизонтах рудника, где в ближайшее время предстоит развитие очистных работ, горнотехнические условия изменились: здесь мощность рудной залежи дости. 40—50 ожидается значительное газовыделение из угольных пластов тунгусской свиты, сильно развит трещиноватость горных пород, месторождение нарушено сбросами.

В таких условиях применение бл ковог ше-
ния с двухстадийной выемкой руды ри суще ных
элементах системы вызовет ряд затруд ком-
пенсационные камеры (особенно их верхня/ литься

метаном, что может приводить к взрывам метановоздушной смеси; 2) камерные запасы значительно возрастут, и вследствие увеличения срока отработки не будет обеспечена надлежащая устойчивость целиков; 3) в связи с увеличением срока службы выработок скреперования при сильно развитой трещиноватости и нарушенности горных пород будут происходить частые самообрушения надштрековых целиков, что может вызвать аварийное состояние горизонта выпуска и большие потери руды; 4) при обрушении целиков, как правило, имеет место выход крупнокусковатой руды, что создаст небезопасные условия при повторном дроблении негабарита взрывчатыми веществами.

На основании тщательного анализа применяемых систем разработки на отечественных и зарубежных рудниках коллективом исследователей Норильского комбината в 1957 г. было предложено провести в условиях рудника «Заполярный» промышленные испытания системы этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды.

Этот вариант системы разработки в марте 1958 г. был рассмотрен и одобрен М. И. Агошковым и П. И. Городецким, и с апреля 1958 г. на руднике «Заполярный» были организованы промышленные испытания со следующими задачами: 1) проверка принципиальной возможности применения системы этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды при разработке вкрапленных руд в условиях нижних горизонтов рудника; 2) выбор и обоснование рационального способа отбойки руды и оптимальных параметров буровзрывных работ без компенсационного пространства; 3) определение рационального режима выпуска отбитой руды под обрушенными породами при минимальных потерях и разубоживании; 4) определение технико-экономических показателей системы этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды.

Участок месторождения, где проводятся промышленные испытания системы разработки, расположен в юго-восточной части поля рудника № 9, между линиями 15 и 16. Рудная залежь в пределах опытной панели представлена оруденелыми габбро-диабазами мощностью 16—24 *м*, состоящими из такситовых, пикритовых и контактных габбро-диабазов. Покрывающими породами являются безрудные габбро-диабазы и эффузивные породы общей мощностью 180 *м*, а подстилающими — лабрадоровые порфириты и андезитовые диабазы. Рудная залежь и вмещающие породы обладают сильно развитой трещиноватостью. В направлении на северо-запад проходят два сброса с амплитудой 2—4 *м*. Крепость пород по шкале М. М. Протодьяконова 10—12; крепость руды 14—16.

Результаты исследований. На первый период испытаний была принята выемка панели отдельными секциями. Такой порядок позволял начать очистные работы при небольших первоначальных объемах подготовки, а также испытать различные способы отбойки руды.

Для создания нормальных условий испытания первоначально были отработаны две камеры шириной по 10 *м*. Междукамерный целик был обрушен минными зарядами. К началу отбойки секций все очистное пространство на площади 1680 $м^2$ было заполнено рудой, подлежащее взрыванию производилось на магазинируемую ру
По мере секций обрушению вели в зависимости вари
(р Выработки горизонта скреперован прох
схемой подготовки, прим мой .

блокового принудительного обрушения. Расположение выпускных дучек было принято шахматное.

Приводим сравнительные показатели удельного объема подготовительных и нарезных работ по принятой на руднике системе разработки

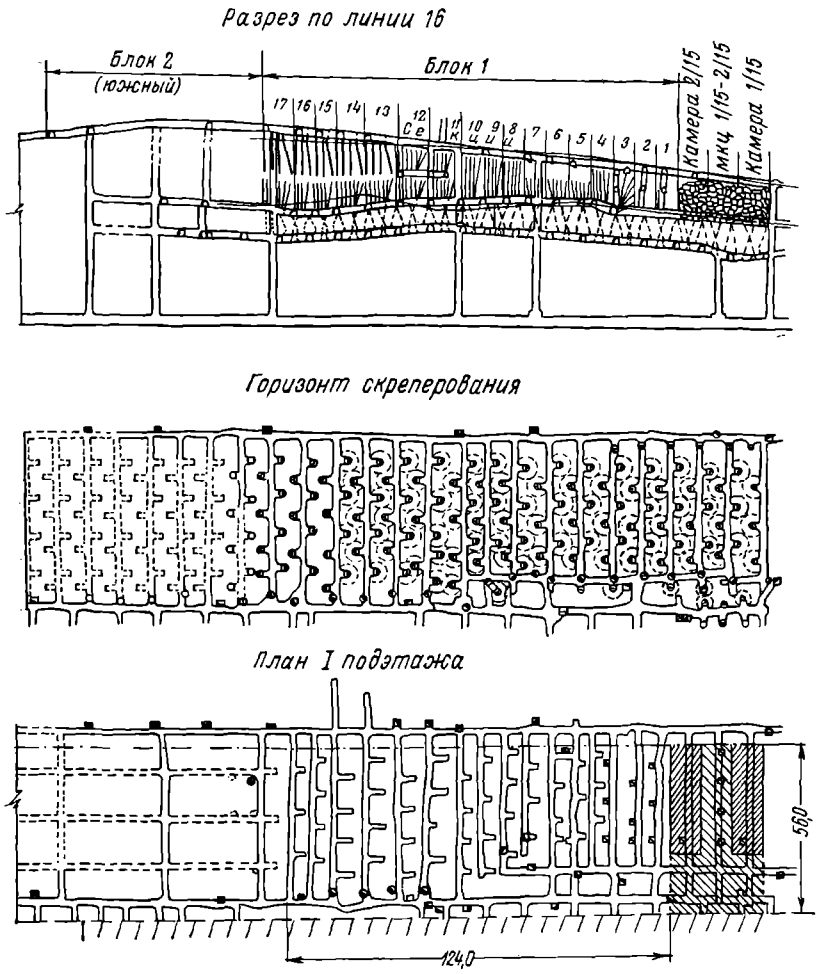


Рис. 1. Опытная панель

и при новой системе с различными способами отбойки на 1000 *т* готовых к выемке запасов (в погонных метрах).

Блоковое принудительное обрушение (двухстадийная выемка) с пятью ортами в камере .	10,8	Отбойка скважин диаметром 72 *мм*
с четырьмя ортами в камере	10,2	Отбойка скважинами диаметром 106 и 72 *мм*
с тремя ортами в камере	9,7	
с двумя ортами в камере	9,2	
Блоковое принудительное обрушение со сплошной бесцеликовой выемкой руды		

Минными зарядами из восстающих	12,9	Ширина секции 7 *м*
Скважинами диаметром 72 *мм* из буровых заходок I подэтажа . .	9,0	
То же, минными зарядами из III подэтажа	11,13	
Скважинами диаметром 72 *мм* из буровых заходок I и II подэтажей	10,6	Ширина секции 10 *м*
Скважинами диаметром 106 *мм* из буровых заходок III подэтажа и диаметром 72 *мм* I подэтажа	9,8	

Как видно из приведенных данных, удельный объем подготовительных и нарезных работ при системе блокового принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой несколько выше, чем при двухстадийной выемке (при одинаковом способе отбойки руды — скважинами диаметром 106 и 72 *мм*) Это объясняется несовершенной схемой нарезных работ при отбойке руды секциями.

В настоящее время на руднике при системе этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой осуществляется отбойка руды из параллельных буровых штреков, в результате чего удельный объем подготовительных и нарезных выработок доведен до 9,4 *пог. м* на 1000 *т* готовых к выемке запасов.

В опытной панели (см. рис. 1) испытывались следующие способы отбойки руды: 1) минными зарядами из восстающих (секции *1, 2*); 2) скважинами диаметром 72 *мм,* пробуренными с I подэтажа, в комбинации с минными зарядами, размещенными по орту III подэтажа (секции *5, 6,* 7); 3) скважинами диаметром 72 *мм,* пробуренными с I подэтажа на всю мощность рудной залежи (секции *3, 4, 8, 9, 10*); 4) скважинами диаметром 72 *мм,* пробуренными с I и II подэтажей (секции *11, 12*); 5) скважинами диаметром 106 *мм,* пробуренными станками БМК-2Б, БА-100, БМН с III подэтажа, и скважинами диаметром 72 *мм* — с I подэтажа (секции *13, 14, 15, 16*).

Расположение скважин при всех вариантах отбойки веерное. При скважинах диаметром 72 *мм* расстояние между веерами 1,3—1,5 *м,* между концами скважин — 1,8—2 *м,* а при скважинах диаметром 106 *мм* соответственно 2,3—2,5 и 2,7—3 *м.* Л.н.с. минных зарядов в первой секции 7 *м,* а во второй 6 *м.* Среднее расстояние между зарядами в обеих секциях принималось 6,5 *м.* Минные заряды в секциях *5, 6,* 7 располагались на расстоянии 7 *м* один от другого. Очередность взрывания вееров скважин в секциях устанавливалась в каждом случае отдельно с учетом горнотехнических условий.

В большинстве секций в первую очередь взрывались шпуры для разделки верхней части воронок (электродетонаторами ЭДКЗВ в 0 и 25 *м/сек*); во вторую очередь — первых два веера скважин во всех буровых заходках (с замедлением 25 *м/сек*); в третью очередь — два последующих ряда скважин (с замедлением 50 *м/сек*) и, наконец, — последние ряды скважин (с замедлением 75 и 100 *м/сек*).

Технико-экономические показатели по различным вариантам отбойки сведены в таблицу. Отбойка минными зарядами, помещенными в заходках из восстающих, дала неудовлетворительные результаты вследствие значительного объема нарезных выработок, большого удельного расхода ВВ и неравномерного дробления. Кроме того, имелись случаи подработки взрывом сосредоточенных зарядов последующих секций и нарушения выработок горизонта скреперования.

При комбинированном способе отбойки (скважинами диаметром

72 *мм* с I подэтажа и минными зарядами на III подэтаже) получены лучшие показатели, чем при первом способе отбойки: удельный расход ВВ снизился на 25%; выход негабарита значительно сократился, средний объем негабаритного куска уменьшился в 1,5 раза. Однако и при этом способе отбойки взрывание сосредоточенных зарядов отражается на состоянии массива и выработок последующей секции. Так, при взрывании руды в секции *7* при общем весе заряда 18 *т* были сильно нарушены массив и орт на I подэтаже секции *8;* в результате более 30% пробуренных скважин имели смещения.

Основные показатели отбойки и выпуска руды при сплошной отработке панели секциями

Показ	Номер секции				
	1, 2	*3, 4, 8—10*	*5—7*	*11, 12*	*13—16*
Объем подготовительных и нарезных выработок на 1000 *т* готовых к выемке запасов, *пог. м*	12,9	9,05	11,13	10,6	10,8
Сетка расположения скважин, *м*	6,0	1,4	1,4	1,4	1,4
Расстояние между концами скважин, *м*	6,0	1,8	1,6	1,8	1,8
Длина скважин, *м*:					
пробуренных	1 000	12 761	4 815	11 028	11 998
взорванных	1 000	10 870	4 348	9 769	11 732
Потери скважин, %	—	14,8	9,7	11,4	2,2
Средняя глубина скважин, *м*	8,0	9,5	6,2	8,0	8,6
Вес заряда ВВ, *т*	17,8	27,61	22,63	26,8	41
Объем отбитой руды, тыс. *т*	27,3	87,3	50,15	65,85	133,46
Удельный расход ВВ на взрывание, *кг/м*³:	2,72	1,74	2,04	2,02	1,69
первичное	1,93	0,96	1,35	1,22	0,92
вторичное	0,79	0,78	0,69	0,80	0,77
Выход руды с 1 *пог. м* скважины, *т*		7,7	7,05	6,5	7,0
Средний объем негабаритного куска, *м*³	0,44	0,31	0,29	0,28	0,29
Выход негабарита, %	14,7	12,8	13,9	8,0	11,0

Отбойка скважинами диаметром 72 *мм,* пробуренными на всю мощность рудной залежи с I подэтажа, имела ряд недостатков: значительны потери скважин, особенно в верхней части блока, от взрывов предыдущих секций; зарядка длинных вертикальных скважин (до 18 *м*) затруднительна; выход негабарита велик и пр.

Отбойка руды в секциях скважинами диаметром 72 *мм* с I и II подэтажей и скважинами диаметром 106 *мм* с III подэтажа в комбинации со скважинами диаметром 72 *мм* с I подэтажа (рис. 2) дали самые лучшие показатели: 1) удельный расход ВВ ниже, чем при I и III вариантах; 2) выход негабарита в 1,5—2 раза меньше, чем в первых трех вариантах; 3) средний объем негабаритного куска также в 1,5—2 раза меньше; 4) возможно широкое применение короткозамедленного взрывания; 5) удобна зарядка скважин и др. В IV варианте имели место смещения верхней части скважин, в результате чего потери скважин при зарядке составили 17,5%. Большое влияние на состояние пробуренных скважин и массива секций имеет интенсивность отработки панели. Средняя интенсивность подвигания опытной панели шириной 56 *м* при мощности рудной залежи 19—21 *м* в 1959 г. составила 8,5 *м* в месяц или 20 000 *т* в месяц, что, конечно, недостаточно.

Время между взрыванием секций *11, 12* и *13* доходило до 2,5—3 месяцев. В результате длительного стояния секций усиливалось опорное давление покрывающей толщи пород и пограничный с обрушением массив разрушался. Визуальными наблюдениями за состоянием выработок и пробуренных скважин установлено, что нарушения начинают проявляться примерно через месяц после обрушения очередной секции. Это

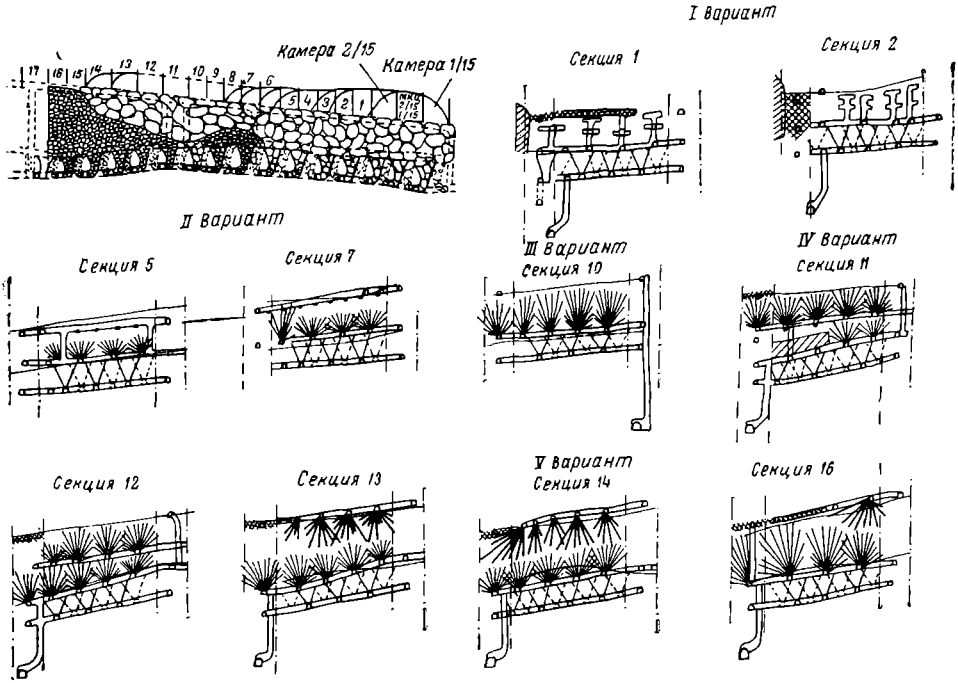


Рис. 2. Варианты отбойки руды

явление в значительной степени связано с опорным давлением покрывающей толщи пород. Поэтому отбойку панелей необходимо вести интенсивно, обеспечивая равномерное подвигание не менее 10 *м* в месяц.

На основе анализа проведенных опытно-экспериментальных работ при системе этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды была предложена отбойка руды скважинами диаметром 106 *мм,* пробуренными с III подэтажа, в комбинации со скважинами диаметром 72 *мм,* пробуренными с I подэтажа.

По сравнению с применяемыми на руднике аналогичными способами отбойки при системе блокового принудительного обрушения достигнуто снижение: общего удельного расхода ВВ на 18% (1,9 *кг/м*^{3} вместо 2,32 *кг/м*^{3}), удельного расхода ВВ на вторичное дробление на 39% (0,9 *кг/м*^{3} вместо 1,47 *кг/м*^{3}), выхода негабарита почти в 2 раза. При сплошной выемке панели практически подтверждена возможность массовой отбойки секций на магазинируемую руду (при незначительном объеме компенсационного пространства). Некоторая компенсация обеспечивалась лишь за счет частичного выпуска отбитой руды перед взрывом очередной секции. Специально поставленными наблюдениями за уровнем отбитой руды установлено, что при выпуске 2,5—3,5 тыс. *т* руды из ортов скреперования, примыкающих к обрушаемому массиву, пони-

жение уровня отбитой руды незначительно (1,0—1,5 *м*), т. е. компенсационного пространства в виде свободных пустот не образуется.

Условия выпуска руды при сплошной бесцеликовой выемке иные, чем при системе блокового принудительного обрушения с двухстадийной выемкой, и определяются поведением покрывающих пород в процессе отработки рудной залежи. Предполагалось, что самообрушение покрывающих пород будет происходить с некоторым отставанием от отбойки, поэтому проектировался выпуск руды непосредственно у обрушаемой очередной секции в объеме 20—25%.

Как показали наблюдения, вслед за отбойкой секций покрывающие породы самообрушались на высоту 8—12 *м*. При значительном понижении уровня магазинированной руды и неполном заполнении очистного пространства пустыми породами часть отбиваемой руды может быть заброшена на пустые породы, в результате чего увеличатся разубоживание и потери. С целью уменьшения потерь и разубоживания выпуск руды из опытной панели вели равномерно, добиваясь сохранения поверхности отбитой руды в виде треугольной призмы, перемещающейся в направлении выемки. Ширина основания призмы принималась 20—25 *м* и постоянно выдерживалась. Как правило, участок, из которого выпускалась руда с ограничением (не более 12—15%), включал три орта скреперования. Для сохранения в устойчивом состоянии взрываемого массива руду из этих ортов целесообразно выпускать непосредственно перед взрыванием очередной секции.

Как известно, выпуск руды под обрушенными породами связан с количественными и качественными потерями, зависящими от условий выпуска, высоты слоя отбитой руды и формы поверхности контакта руды с пустыми породами, крупности отбитой руды и обрушенных пород. Влияние этих факторов на потери и разубоживание руды из блоков в условиях рудника «Заполярный» при системе блокового принудительного обрушения было изучено сотрудниками кафедры разработки рудных месторождений Ленинградского горного института в 1955 г.

На основании проведенных исследований руднику были установлены нормативы потерь и разубоживания. При сплошной бесцеликовой выемке оказывают большое влияние на эти показатели своевременная отбойка и выпуск руды, которые осуществляются непрерывно. В связи с этим из опытной панели руда выпускалась в соответствии с планограммой, составленной на каждый орт скреперования с учетом размещения руды до и после взрывания секций.

При постоянно перемещающемся фронте отбойки и выпуска трудно установить и поддерживать правильный контакт отбитой руды с пустыми породами. Так как отбойка руды отставала от графика, на опытном участке допускались отступления от планограммы выпуска. Из некоторых ортов скреперования выпуск руды был больше запланированного, принцип равномерного выпуска из каждой дучки не всегда выдерживался, поэтому в марте 1959 г. разубоживание руды увеличилось до 26%.

Установлено, что режим выпуска влияет на состояние нарезных выработок в опытной панели. При значительном перевыпуске руды из ортов скреперования, пограничных с подготавливаемой очередной секцией, наблюдалось смещение массива секций в сторону отработанного участка.

Чтобы выяснить результаты взрывания секции *11*, было выпущено 50% запасов отбитой руды. Это отрицательно сказалось на состоянии выработок секции *12*: разрезной орт и буровые заходки на II подэтаже спустя 15—20 дней после окончания проходки стали нарушаться, а перед самым взрывом секции *12* заметно сместился массив, значительно дефор-

мировались скважины, некоторые заходки завалились. Примерно такая же картина наблюдалась и в секции *15*.

В 1958 г было проведено 678 наблюдений за выпуском руды, в 1959 г. — 1337 Все показатели учитывались в соответствии с разработанной методикой. Расход взрывчатых материалов при выпуске регистрировался по каждому виду заряда (накладного, шпурового, фугасного).

Для объективного сравнения технико-экономических показателей системы блокового принудительного обрушения и этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды были приняты показатели по руднику № 9 за 1958—1959 гг. и участкам *11* и *14*.

Значительное улучшение показателей при системе этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды объясняется в основном отсутствием междукамерных целиков, при обрушении которых трудно добиться хорошего дробления руды, а также тем, что работа зарядов ВВ в условиях отбойки без компенсационного пространства протекает в более благоприятных условиях. Последнее подтверждается новой теорией механизма разрушения горных пород взрывом под действием отраженных волн.

Опытные работы по испытанию системы этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой продолжаются с отбойкой руды из подэтажных штреков. При такой отбойке руды исключаются недостатки, имеющие место при сплошной выемке секциями.

Выводы

1. Для разработки месторождения вкрапленных руд на нижних горизонтах рудника «Заполярный» можно применять систему этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды.

2. Наиболее эффективным оказался способ отбойки руды скважинами диаметром 106 *мм,* пробуренными с III подэтажа, и скважинами диаметром 72 *мм,* пробуренными с I подэтажа.

3. На руднике возможна массовая отбойка руды при отсутствии компенсационного пространства с лучшими технико-экономическими показателями, чем при системе блокового принудительного обрушения.

4. При системе этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды возможно значительное увеличение интенсивности отбойки и выпуска, что, кроме улучшения основных технико-экономических показателей, способствует самообрушению пород кровли и снижению разрушающего действия опорного давления на рудный массив.

5. Секционная схема подготовки при исследуемой системе разработки нецелесообразна из-за невозможности регулирования веса зарядов и объема одновременно отбиваемой руды.

6. Целесообразно вести отработку рудного поля системой этажного принудительного обрушения со сплошной бесцеликовой выемкой руды с расположением буровых штреков по простиранию месторождения.