Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIX, вып. 1, 1964 г.

О ВЛИЯНИИ СТЕПЕНИ РАЗРЫХЛЕНИЯ НА ВЫПУСК РУДЫ ПОД ОБРУШЕННЫМИ ПОРОДАМИ

Н. З. Галаев, М. И. Шиман

Известно, что массовое взрывание руды скважинами или минными зарядами при системе принудительного этажного обрушения может производиться на предварительно образованные компенсационные камеры или без них. Последний способ — одностадийная отбойка руды в зажатой среде — сейчас применяется на апатитовом руднике им. С. М. Кирова [1, 2], на Заполярном руднике Норильского комбината [3], на Салаирском руднике [4], на руднике им. XXII съезда КПСС Зыряновского комбината [5] и др.

Способ отбойки сказывается на физико-механических свойствах отбитой руды: если при вариантах с компенсационными камерами коэффициент начального разрыхления руды сразу после взрывания блока изменяется от 1,3 до 1,6, то при одностадийной отбойке этот коэффициент колеблется от 1,1 до 1,3.

Визуальные наблюдения на апатитовом руднике им. С. М. Кирова и Заполярном руднике Норильского комбината показывают, что при малом компенсационном пространстве отбитая руда представляет собой довольно плотную среду, состоящую из отдельных кусков с включениями участков мелкодробленой руды и является материалом как бы промежуточным между сплошным и сыпучим. Такое состояние руды не может не влиять на процесс выпуска.

Очень важно знать влияние степени начального разрыхления руды на закономерности выпуска, на величину потерь и разубоживания руды, на ход выпуска и контроль за ним. С этой целью на моделях изучалось влияние степени начального разрыхления отбитой руды на результаты выпуска, так как ранее при моделировании выпуска руды этот фактор не учитывался.

Соблюдение подобия модели условиям какого-либо конкретного рудника не предусматривалось и опыты ставились несколько отвлеченно с изменением коэффициентов начального разрыхления при прочих одинаковых условиях.

Плоская модель в масштабе 1:100 шириной 30 *мм* представляла собой узкий вырез части блока вдоль траншеи. Частицы сыпучего материала перемещались к выпускным отверстиям диаметром 20 *мм*, расположенным через 80 *мм*. Стеклянные стенки модели позволяли наблюдать передвижение руды и оценивать влияние степени разрыхления на картину выпуска.

Крупность материала (дробленой апатитовой руды) в модели была принята следующей (по весу):

мм	0—1	1—3	3—6	5—7	7—13
%	5	60	14	11	10

Начальный коэффициент сыпучего материала в модели подсчитывался как отношение объемного веса апатитовой руды в массиве (3 $т/м^3$) и материала в изготовленной модели. Различный объемный вес материала модели достигался путем механического уплотнения. Разрыхление обрушенных пород во всех опытах было одинаковым; материал, моделирующий породу, не уплотнялся.

В моделях воспроизводилась среда с коэффициентом начального разрыхления 1,72, 1,56, 1,33, 1,28. Рассмотрим результаты первого и четвертого опытов — с наибольшим и наименьшим коэффициентом начального разрыхления.

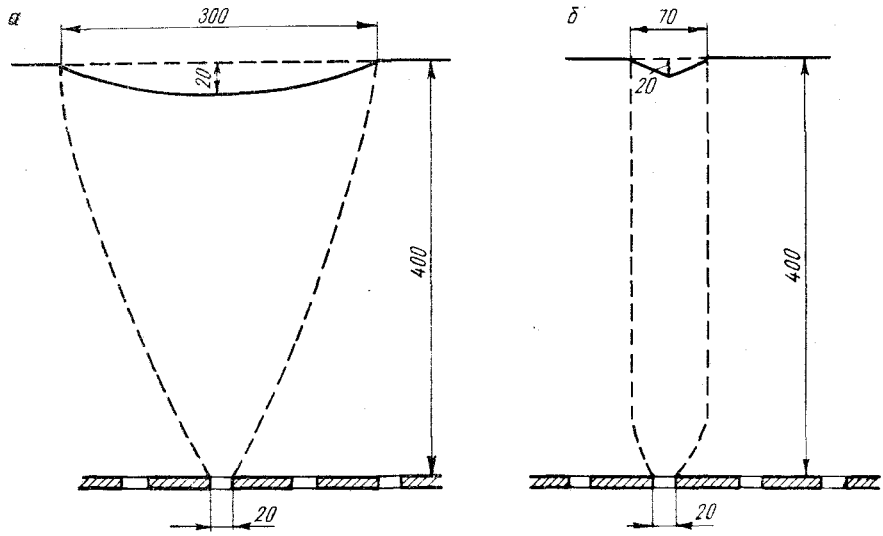


Рис. 1. Контуры зоны движения руды при глубине поверхностной воронки 20 *мм* и коэффициенте начального разрыхления: *а* — 1,72; *б* —1,28.

Исходные данные опытов были следующими:

	Опыт 1	Опыт 4	% к опыту 1
Объем модели, $см^3$	15 100	15 400	102
Загружено руды, *г*	26 280	35 900	137
Объемный вес руды, $г/см^3$ . . .	1,74	2,34	134
Коэффициент начального разрыхления	1,72	1,28	75
Количество руды, извлекаемой за одну операцию, *г*	90	90	

Наблюдения за движением руды при выпуске из одиночного отверстия показали различный характер процесса в зависимости от коэффициента начального разрыхления. При значительной его величине (опыт 1) уже во время выпуска первых доз в движение приходит вся масса руды над выпускным отверстием. Зона, где происходят подвижки кусков руды — зона вторичного разрыхления — интенсивно распространяется не только вверх, но и в ширину (рис. 1, *а*). Выпуск без сводообразований.

При малом начальном коэффициенте разрыхления (опыт 4) над выпускным отверстием часто образуются своды, руда над выпускным отверстием вовлекается в движение «прерывисто», порциями, с периодическим образованием сводов равновесия над опускающейся более разрыхленной рудой. Нарушение сводов равновесия наступает не сразу после их образо-

вания, как при выпуске с большим начальным разрыхлением, а только после увеличения пролета свода.

В опыте 4 между поверхностью свода и опускающейся рудой образуется свободное пространство высотой 8—15 *мм*. Свод обрушается одновременно на всем пролете слоем толщиной 10—15 *мм*. Отделившаяся руда в начале движения вниз остается заметно уплотненной, и ее дальнейшее разрыхление идет по мере продвижения к выпускному отверстию. В противоположность опыту 1 большого распространения в ширину зона вторичного разрыхления не достигает (рис. 1, *б*).

Сравним данные опытов 1 и 4 на стадии, когда в движение по оси выпускного отверстия приходят куски на поверхности контакта руды с породами:

	Опыт 1	Опыт 4	% к опыту 1
Начальный коэффициент разрыхления	1,72	1,28	75
Выпущено руды, *г*	280	390	139
Объем зоны движения (вторичного разрыхления), *см*^{3}	2120	890	40
Средний коэффициент разрыхления в зоне движения	1,87	1,58	85
Увеличение коэффициента разрыхленния в зоне движения	1,09	1,23	113

Итак, при выпуске руды с меньшим начальным коэффициентом разрыхления степень вторичного разрыхления более значительна.

При одинаковой глубине (20 *мм*) воронки, образовавшейся на поверхности руды с обрушенными породами (см. рис. 1) объем воронок в опытах 1 и 4 составил соответственно 100 и 25 *см*^{3}, что также подтверждает значительно большее разрыхление в ходе выпуска руды с малым коэффициентом начального разрыхления $k_{н.р}$.

Конечные положения поверхностей сдвижения в зависимости от начальной степени разрыхления представлены на рис. 2. Согласно результатам опытов, чем меньше величина начального разрыхления, тем круче углы наклона движения руды к выпускному отверстию. При одном действующем отверстии на время окончания выпуска чистой руды:

Коэффициент начального разрыхления	1,72	1,55	1,83	1,28
Средний угол наклона образующей воронки выпуска	70°	76°	79°30′	80°

Последовательность развития воронки выпуска для $k_{н.р}$, равного 1,72 и 1,28, показана на рис. 3, *а*.

Наблюдения за характером движения при равномерном выпуске из смежных отверстий показали, что при руде с высокой степенью разрыхления (1,72) во время выпуска из любого из смежных отверстий в движение приходит руда, находящаяся в зоне влияния соответствующего отверстия. Границы этой зоны для каждого отверстия такие же, как при выпуске из одиночного отверстия.

При выпуске руды с начальным коэффициентом разрыхления 1,28 зоны движения (вторичного разрыхления) смежных отверстий объединяются, и над выпускаемой рудой прекращается образование устойчивых сводов равновесия.

Углы наклона поверхности сдвижения на границе с неразрыхленной рудой в случае выпуска из группы отверстий имеют такие же значения в соответствующих точках, что и при выпуске из одного отверстия. Последовательные стадии выпуска из двух смежных отверстий видны на рис. 3, *б*.

Влияние величины начального разрыхления на извлечение определялось количеством чистой руды, выпущенной до начала разубоживания. Очевидно, чем круче угол наклона образующих воронки выпуска, тем больших потерь руды можно ожидать при прочих равных условиях.

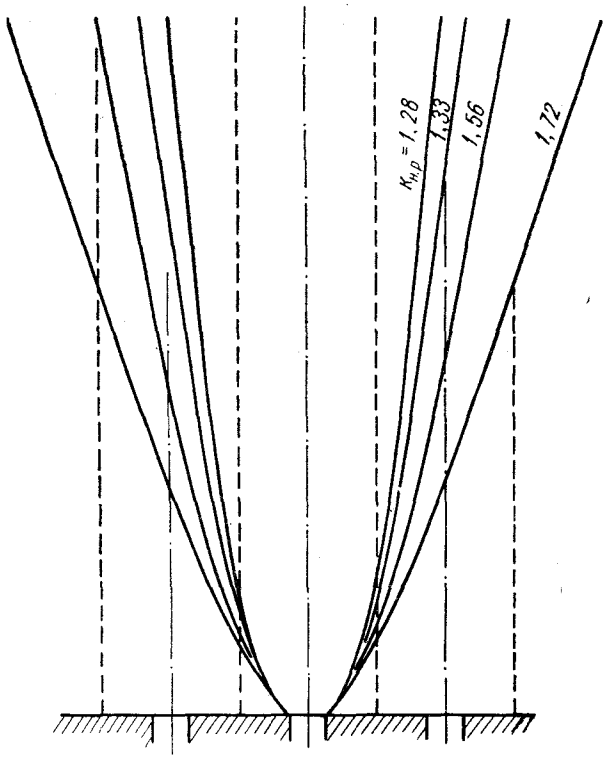


Рис. 2. Положение поверхности сдвижения в зависимости от степени начального разрыхления.

Приводим результаты опытов по извлечению чистой руды из одиночного отверстия в зависимости от коэффициента начального разрыхления:

	Опыт 1	Опыт 4	% к опыту 1
Коэффициент начального разрыхления	1,72	1,28	75
Запас руды на действующее отверстие:			
*см*³	1050	1070	102
г	1820	2520	138
Извлечено чистой руды:			
г	2550	2380	93
%	140	97	—
Объем воронки выпуска, *см*³	1470	990	67
Осталось руды в границах запаса действовавшего отверстия:			
*см*³	235	320	136
г	400	720	180
%	22	29	—
Извлечено чистой руды из запасов отверстий, смежных с действующим:			
г	1130	640	57
% от выпущенного количества чистой руды	45	27	—

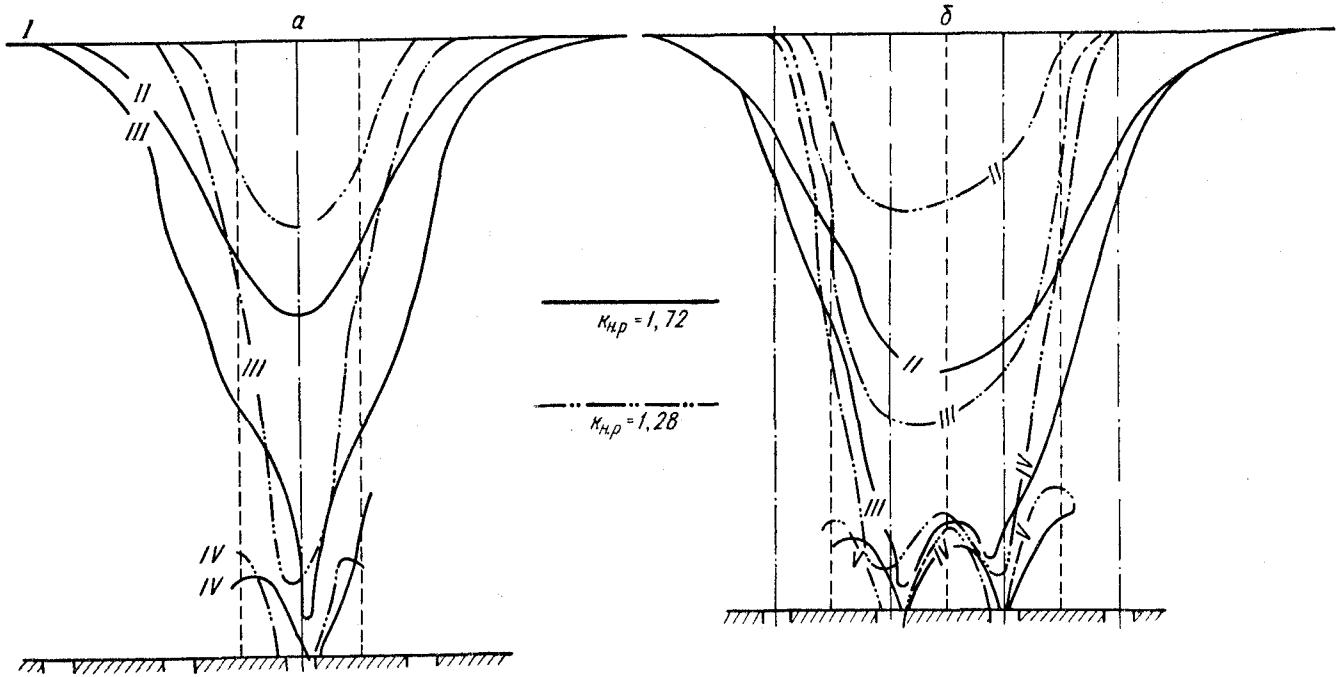


Рис. 3. Последовательные положения контакта руды с обрушенными породами при выпуске. *а* — из одиночного отверстия; *б* — из двух смежных отверстий.

Таким образом, с уменьшением коэффициента начального разрыхления объем воронки выпуска одинаковой высоты становится меньше. Значительная часть выпущенной чистой руды извлекается из запасов, смежных с действующим отверстий, и это извлечение пропорционально степени разрыхления руды. Потери чистой руды из запасов, приходящихся на действующее выпускное отверстие, увеличиваются с уменьшением степени разрыхления.

Извлечение руды при выпуске из двух смежных отверстий характеризуется следующими данными:

	Опыт 1	Опыт 4	% к опыту 1
Коэффициент начального разрыхления	1,72	1,28	75
Запас руды на два отверстия:			
$см^3$	2100	2140	102
$г$	3640	5040	137
Извлечено чистой руды:			
$г$	3880	4450	—
%	106	88	—
Объем общей воронки выпуска, $см^3$	2300	1900	82
Осталось руды в границах запасов двух отверстий:			
$см^3$	400	380	95
$г$	690	890	129
%	19	17	—
В том числе в гребне между выпускными отверстиями:			
$см^3$	120	125	103
$г$	210	280	130
% *	11,5	11,2	—
Извлечено чистой руды из запасов отверстий, смежных с действующими, $г$	930	420	24
% от выпущенного количества чистой руды	24	9	—

* К запасу на одно выпускное отверстие (по объему).

Итак, извлечение запасов чистой руды, приходящейся на смежные действующие выпускные отверстия, зависит от коэффициента начального разрыхления. Извлечение чистой руды (по весу), как видно из приведенных данных, в опыте 4 ниже. Потери чистой руды в гребне между выпускными отверстиями по объему приблизительно одинаковы, но сильно отличаются по весу (на 30%). Уменьшение извлечения чистой руды и рост потерь объясняются более крутым углом наклона образующих общей воронки выпуска (см. рис. 3, *б*).

Содержание полезного компонента в выпускаемой дозе, по-видимому, снизится до промышленного минимума быстрее при меньшей степени разрыхления руды.

Выводы

1. Степень начального разрыхления руды влияет на характер процесса выпуска и результаты извлечения. Выпуск руды с малым начальным разрыхлением связан с образованием большого числа устойчивых сводов в первый период выпуска, увеличением углов наклона поверхностей сдвижения руды и, следовательно, с уменьшением зоны влияния смежных отверстий.

2. Влияние степени начального разрыхления руды необходимо учитывать при выборе конструктивных элементов днища блока и составлении планограмм массового выпуска при системе принудительного этажного обрушения с одностадийной отбойкой. Расстояния между выпускными

дучками обязательно должны обеспечивать взаимное пересечение зон влияния смежных отверстий. Наилучшие результаты выпуска будут достигнуты, если образующие воронок выпуска смежных отверстий, построенные на время окончания извлечения чистой руды, пересекаются непосредственно над гребнями воронок или траншей.

3. При коэффициенте разрыхления 1,5—1,6 и более извлечение руды выше и разубоживание меньше, поэтому при малом начальном разрыхлении следует планировать в первый период равномерный выпуск из отверстий по всей только что обрушенной площади.

4. При моделировании выпуска руды необходимо учитывать степень начального разрыхления руды после отбойки. Коэффициент разрыхления материала в модели должен равняться разрыхлению руды после отбойки, так как характер истечения из выпускного отверстия зависит не только от соотношения размера кусков и отверстия, но и от степени уплотнения материала в модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Л. И., Фугзан М. Д. Исследование выпуска руды при системе этажного принудительного обрушения с выемкой полями. Изд-во АН СССР, 1959.

2. Осауленко П. Л., Розиноер Б. Л., Пермяков Р. С. Отбойка руды глубокими скважинами без компенсационного пространства. Горный журнал, 1960, № 8.

3. Садовский Г. И., Пахомов А. С. Блоковое принудительное обрушение со сплошной бесцеликовой выемкой руды (рудник Заполярный Норильского комбината). Зап. ЛГИ, т. XLIV, вып. 1, 1961.

4. Шебельников Г. П., Лисовский Г. Л. и др. Одностадийная система этажного обрушения с отбойкой руды наклонными скважинами. Горный журнал, 1960, № 6.

5. Пустовалов А. И. Шире внедрять одностадийную выемку. Горный журнал, 1964, № 2.