

МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Председатель

Л.А. ПУЧКОВ — *ректор МГГУ, чл.-корр. РАН*

Зам. председателя

Л.Х. ГИТИС — *директор Издательства МГГУ*

Члены редсовета

И.В. ДЕМЕНТЬЕВ — *академик РАЕН*

А.П. ДМИТРИЕВ — *академик РАЕН*

Б.А. КАРТОЗИЯ — *академик РАЕН*

М.В. КУРЛЕНЯ — *академик РАН*

В.И. ОСИПОВ — *академик РАН*

Э.М. СОКОЛОВ — *академик МАН ВШ*

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ — *академик РАН*

В.В. ХРОНИН — *профессор*

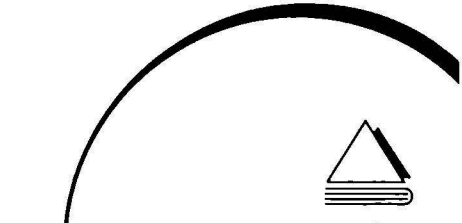
В.А. ЧАНТУРИЯ — *академик РАН*

Е.И. ШЕМЯКИН — *академик РАН*

Е.В. КУЗЬМИН
А.Р. УЗБЕКОВА

САМО-ОБРУШЕНИЕ РУДЫ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по основной образовательной программе подготовки магистров 550601 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело»



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2006

УДК 621.273.132
ББК 33.21
К 89

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации (письмо № 51-6/6 от 01.02.2006)

Рецензенты:

- кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых» Московского государственного открытого университета (зав. кафедрой д-р техн. наук., проф. *В.И. Емельянов*);
- д-р техн. наук, проф. *Е.А. Котенко* (Академия горных наук)

Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р.

К 89 Самообрушение руды при подземной добыче: Учебное пособие. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. — 283 с.: ил.

ISBN 5-7418-0420-9 (в пер.)

Описаны условия применения систем подземной разработки с самообрушением руды, приведены исторические сведения по использованию данных технологий, выполнены анализ и оценка обрушаемости массивов на основе широко используемых, принятых в мировой практике рейтинговых классификаций геомеханических свойств горных пород. Определены параметры систем разработки, оказывающие основное влияние на эффективность применения технологий с самообрушением руды.

Приведен материал по накопленному опыту применения технологии с самообрушением руды на крупнейших зарубежных рудниках; описаны конструктивные параметры систем разработки и технико-экономические показатели работы предприятий. Подробно рассмотрены имеющиеся конструкции подсечек для инициации процесса самообрушения руды при различных типах горных пород и степени трещиноватости. Дан анализ современной погрузодоставочной техники, которая позволяет в полной мере реализовать технологию с самообрушением руды.

Для студентов вузов, обучающихся по основной образовательной программе подготовки магистров 550601 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело».

Для инженерно-технических работников горно-обогатительных, горно-металлургических предприятий, проектных, конструкторских и научно-исследовательских организаций.

УДК 621.273.132
ББК 33.21

ISBN 5-7418-0420-9

© Е.В. Кузьмин, А.Р. Узбекова, 2006
© Издательство МГГУ, 2006
© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2006

Предисловие

Настоящая монография посвящена анализу и исследованию оригинальной группы систем подземной разработки рудных месторождений — с самообрушением руды под действием собственного веса и давления вмещающих пород. Около 50 лет назад, в период широкого внедрения высокопроизводительных систем разработки с массовым обрушением руды и налегающих пород, во многих горно-добывающих странах делались попытки освоить также и системы с самообрушением руды. Тогда в нашей стране дальше отдельных усилий ее распространение не пошло, соответствующей техники не было, технология была не отработана, горные предприятия охотнее внедряли системы с принудительным обрушением, более предсказуемые в вопросах выпуска горной массы, хотя и существенно более дорогие. Вытесненные в то время системы с самообрушением выпали из поля зрения наших ученых и производственников на много лет...

Самообрушение — наиболее низкозатратный и высокопроизводительный метод подземной добычи руд, способный конкурировать даже с открытыми горными работами, поэтому в странах с рыночной экономикой интерес к нему всегда был и есть весьма пристальный. Исследования факторов управления процессами при самообрушении активно продолжаются. Сочетая точно выбранные параметры самообрушения и современную мощную самоходную технику на доставке и транспорте руды, дробильное оборудование, ведущие горные предприятия достигли великолепных результатов как по годовой производительности, так и по себестоимости добычи, с обеспечением высокой безопасности подземных работ.

Компании, применяющие системы разработки с самообрушением руды, являются наиболее передовыми в сравнительной мировой оценке, самыми конкурентоспособными на рынке металлов, самыми эффективными по производственным и экономическим показателям.

В книге рассматривается опыт эффективной работы нескольких наиболее интересных предприятий ведущих горнодобывающих стран: это алмазодобывающие рудники «Финч», «Премьер», «Коффифонтейн» компании «Де Бирс» (De Beers, ЮАР), медно-никелевый рудник «Нортспаркс» (Австралия), золото-медный рудник «Фриипорт» (Индонезия), медно-молибденовые рудники «Хендерсон» компании «Клаймакс» (США), «Эль Тениенте» (Чили) и некоторые другие, работающие по данной технологии.

Целью настоящей монографии является предоставить возможность читателям ближе познакомиться с историей, современным состоянием мирового развития систем разработки с самообрушением руды, оценить возможности их применения в наших условиях, что показано на примере отработки кимберлитовых трубок Якутии, с тем чтобы наши специалисты смогли освоить научные, проектные наработки и мировой опыт эффективного применения данной, наиболее передовой группы систем подземной добычи руд.

Авторы выражают глубокую благодарность главе транснациональной компании De Beers г-ну Николасу Оппенгеймеру, руководителю Московского представительства компании Реймонду Кларку, директору по горным проектам Хенни Бреденханну, первому вице-президенту акционерной компании «АЛРОСА» В.Т. Калитину, советнику компании В.М. Зуеву, генеральному директору Удачнинского ГОКА Ю.А. Петрову за возможность внимательного изучения накопленного производственного опыта, а также предоставленные научно-исследовательские материалы при подготовке рукописи.

Введение

Рыночный подход к проблеме выбора технологии подземной разработки рудных месторождений, наращивание интенсивности отработки залежей, вовлечение в разработку месторождений с низким содержанием полезных компонентов обусловили поиск дешевых технологий добычи руды, внедрение новых технических решений при добыче и обогащении. Ведется поиск возможностей эффективной разработки сложных и низкосортных рудных тел, подземной доработки запасов месторождений после отработки их открытым способом.

Как свидетельствует мировой опыт, в наибольшей мере этим требованиям соответствуют при разработке мощных месторождений системы с самообрушением руды. В монографии большое внимание уделено геомеханическим исследованиям по обоснованию возможности применения систем с самообрушением руды в тех или иных условиях. Показано, как свойства массива влияют на выбор параметров систем разработки, схемы подготовки, процессы выпуска и доставки руды, обеспечение устойчивости выпускных, доставочных и транспортных выработок в трещиноватых породах.

Технология с самообрушением руды возможна к применению при отработке мощных месторождений, а также рудных тел средней мощности и с крутым падением, при добыче полиметаллических, медных, железных и других типов руд, склонных к самообрушению.

Использование самообрушения является весьма актуальным при разработке кимберлитовых месторождений, поскольку строение рудных тел и геомеханические характеристики горных пород исключительно благоприятны для применения данных систем. Важным также является тот факт, что в технологии с самообрушением руды отсутствует производственный процесс — массовая отбойка руды, чем существенно повышается сохранность кристаллов алмазов при добыче. Не случайно после доработки алмазодобывающего карьера «Аргайл» (Австралия) ве-

дется активное строительство крупного подземного рудника; технология добычи — с самообрушением руды.

Крупнейший в мире медно-рудный карьер «Чукикамата» (Чили) находится в стадии доработки; подземный рудник проектируется тоже с использованием самообрушения руды, несмотря на то, что на нижних уступах карьера имеются водонасыщенные горизонты. Планируемая мощность рудника более 15 млн т руды в год.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ С САМООБРУШЕНИЕМ РУДЫ

1.2. ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ С САМООБРУШЕНИЕМ РУДЫ

ГЛАВА

1

1.1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ С САМООБРУШЕНИЕМ РУДЫ

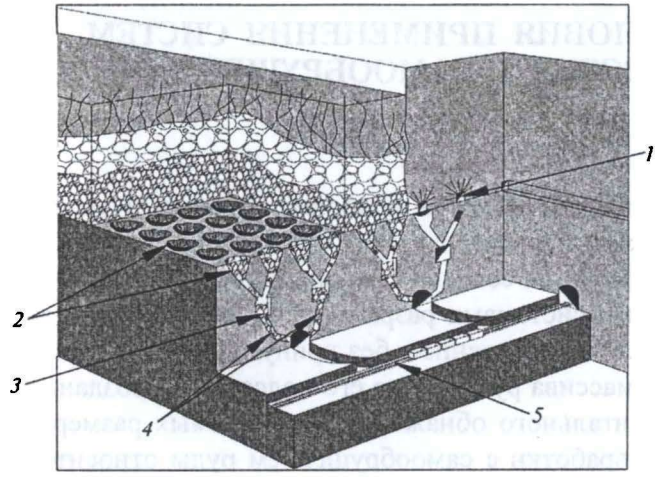
Анализ деятельности наиболее крупных и успешных горных компаний свидетельствует о том, что системы с самообрушением являются сегодня самыми дешевыми и высокопроизводительными системами разработки. Отличительным их признаком является естественное, без принудительного взрывания, обрушение массива руды после его подсечки — создания в массиве горизонтального обнажения необходимых размеров. Группа систем разработки с самообрушением руды относится к третьему классу систем разработки по классификации профессора В.Р. Именитова — с обрушением руды и вмещающих пород.

Этажное самообрушение, как считалось ранее, можно применять только в мощных залежах и только для руд, которые при подсечке на значительной площади, с пролетом обнажения от 20—30 до 50—70 м в обе стороны (по длине и ширине), вскоре начинают обрушаться и дробятся при этом на сравнительно небольшие куски, так, чтобы выход негабарита не превышал приемлемых величин. Этим условиям отвечают руды слабые или пронизанные густой сетью трещин и мягких прослоев [1, 2].

В основании блока (панели) по всей площади проводятся выпускные выработки. Над ними массив подсекают (создают пустое пространство подсечки), и после этого руда постепенно обрушается под действием силы тяжести и горного давления (рис. 1.1, *а, б*).

При необходимости связь блока с окружающим массивом ослабляют по его границам отсечными выработками, которые ускоряют обрушение руды, так как способствуют разрушению замков свода естественного равновесия и ограничивают обрушение руды контурами блоков. В процессе обрушения массива руду выпускают лишь частично, для поддержания необходимых условий хода обрушения, а именно, для наличия свободного пространства между массивом и навалом обрушенной руды.

а



б

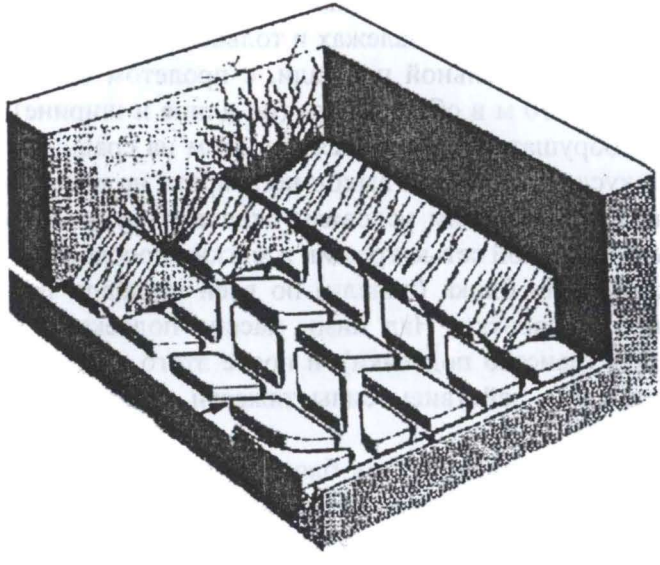


Рис. 1.1. Варианты использования при этажном самообрушении на доставке скреперов (*а*) и самоходной техники (*б*):
1 — горизонт подсечки; *2* — выпускные воронки; *3* — горизонт скреперования; *4* — рудоспуски; *5* — транспортный горизонт

После того как подсеченный массив обрушен доверху, т. е. на всю высоту этажа, приступают к общему выпуску руды. По мере выпуска руды сверху обрушаются налегающие породы, заполняя выработанное пространство. Выпуск заканчивают, когда вместе с рудой начинает поступать слишком много пустой породы, т.е. при предельном разубоживании.

Этажное самообрушение обычно применяют при мощности залежи не меньше 20—30 м. В ином случае, при крутом падении, площадь обнажения подсечки будет недостаточной для интенсивного самообрушения руды, а при пологом падении слишком большая часть руды потеряется между выпускными воронками.

Угол падения залежи может быть любым. При недостаточно крутом падении (45—75°) для снижения потерь отбитой руды на лежачем боку требуется подрабатывать породный треугольник в нижней части блока или подготавливать промежуточные горизонты выпуска.

Руда должна быть слабой или иметь густую сеть трещин и слабых прослойков, чтобы при подсечке она обрушалась сама, распадалась при этом на не очень крупные куски и дополнительно измельчалась, опускаясь в обрушенном пространстве к выпускным отверстиям.

Если руды склонны к самовозгоранию, то применение этажного самообрушения невозможно. Препятствием к применению этой системы разработки является и слеживаемость руды.

Применение этажного самообрушения, как и других систем с обрушением, исключается, когда нельзя обрушать поверхность над месторождением.

Этаж отрабатывают блоками, панелями или сплошным фронтом. В каждом блоке устраивают по всей его площади подсечку, и после полного самообрушения блока производят общий выпуск руды.

Этажное самообрушение появилось значительно раньше этажного принудительного обрушения. В некоторых источниках предполагается, что система этажного самообрушения трансформировалась из подэтажного обрушения при увеличении под-

этажа [2, 4]. Однако этажное самообрушение применялось еще в 19 веке. Более того, подсечка огромных массивов породы для ее последующего самопроизвольного обрушения применялась более 2000 лет назад при добыче строительного камня в древнем Риме [1]. Появление этой системы также не имеет связи с развитием подэтажного обрушения, появившегося гораздо позже.

В конце 40-х годов прошлого века этажное самообрушение имело значительное распространение на рудниках США и Канады. В нашей стране малое число месторождений обладало условиями, приемлемыми для применения этой системы при имевшейся маломощной технике. В 50—60-х гг. ее применяли на отдельных железорудных шахтах Кривбасса, на полиметаллическом руднике «Текели», однако руда там оказалась склонна к возгоранию, и после 15 лет работы отказались от ее применения, на Никитовском ртутном комбинате (при повторной разработке) и на нескольких других рудниках.

В последние десятилетия за рубежом, в связи с вовлечением в отработку мощных залежей с низким содержанием полезных компонентов, в практике наблюдается явная тенденция применения систем с самообрушением в условиях более прочных руд с невысокой степенью трещиноватости.

Высота этажа составляет в среднем от 80 до 300 м. В последнем случае имеются промежуточные горизонты для контроля процесса обрушения. В пологих залежах высота этажа обычно ограничена вертикальной мощностью залежи.

Поперечные размеры блока должны быть не меньше тех величин, при которых самообрушение руды будет достаточно интенсивным, но ограничиваются по условию горного давления на днище блока. Повышение давления на днище блока при увеличении его ширины объясняется одной из двух гипотез: по первой — часть веса отбитой руды за счет сил трения передается окружающему массиву или менее податливым уплотнившимся обрушенным породам соседних блоков, у границ блока создается защитная зона, в которой давление на днище блока резко снижается [1, 5, 7, 8]. Вне этой зоны давление на днище блока может приближаться к полному весу столба пород, что приводит к разрушению целиков днища и крепи выработок.

Поперечные размеры блока должны быть такими, чтобы все его основание оказывалось в защитной зоне. В предположении, что каждый блок в известный период будет граничить по одну сторону с массивом, а по другую — с обрушением, можно записать:

$$B \le H\left(\mathrm{tg}\alpha + \mathrm{tg}\beta\right),$$

где B — поперечный размер блока, м; H — высота блока, м; α — угол построения защитной зоны со стороны массива; β — то же, со стороны обрушения.

Следовательно, чем больше высота блока, тем больше может быть его ширина.

Вторая гипотеза дает лишь качественное обоснование ограничения ширины блока. Она основывается на гипотезе проф. М.М. Протодьяконова и предполагает, что распределение давления в отбитой руде отвечает закону образования свода естественного равновесия. Отсюда следует, что давление достигает максимальных величин в средней части блока и тем больших, чем шире блок. Гипотеза свода не связывает давление на основание с высотой блока.

В практике поперечные размеры блока составляют около 30—60 м. Меньшие размеры относятся к слабым рудам и высокому горному давлению. В последнее время на мощных месторождениях все чаще самообрушение ведут сплошным фронтом.

Порядок отработки блоков в этаже может быть различным. Единственное ограничение состоит в том, что нельзя обрушать одновременно два соседних блока, поскольку при этом образуется блок с неприемлемо большим поперечным размером, что может привести к массовому обрушению крупных глыб и к увеличенному горному давлению на днище блока. Другое ограничение определяется тем, что если обрушенный блок граничит с отработанным, в котором породы еще не уплотнились, то эти породы обладают значительной податливостью и не создают защитной зоны от горного давления на днище блока. Это ограничение имеет значение при слабой руде и значительной глубине залегания, особенно в залежах пологих или очень мощных, в которых большинство блоков в ста-

дии разработки граничит с обрушением с двух сторон. В этих случаях не следует обрушать блоки подряд, без разрыва процесса во времени.

Подготовка в принципе не отличается от таковой в случаях принудительного обрушения. Помимо выработок откаточного горизонта проходят выработки для выпуска, вторичного дробления и доставки руды.

Связь блока с окружающим массивом ослабляют штреками и ортами по границам блока на подэтажах и восстающими по углам блока. Самообрушение руды происходит по куполообразной поверхности, поэтому по углам блока важно ослабить связь его с окружающим массивом, для чего проходят отрезные восстающие.

Выработки располагают по следующей схеме: по двум, трем или четырем углам блока с интервалом 8—12 м проходят смотровые восстающие для наблюдения за ходом обрушения, из которых нарезают на уровне ярусов ослабления смотровые ходки до углов блока. В углах блока проходят отрезные восстающие, а из них — подэтажные отрезные выработки по его периметру. При крепких породах лежачего бока образуют вдоль него сплошную отрезную щель, ее создают отбойкой руды глубокими вертикальными скважинами или шпуровой отбойкой из магазина.

Для выработок вторичного дробления, доставки необходимо усиленное крепление. Обычно применяют крепь металлическую, бетонную или с бетонными стойками и металлическим перекрытием.

Подсечка блока. При подсечке блока отбивают руду шпурами или реже штанговыми скважинами.

При шпуровом методе высота подсечки составляет 2—3 м. На горизонте подсечки проходят штреки (орты) по линии расположения выпускных дучек, и оставшиеся между штреками целики разбуривают шпурами. Из дучек бурят шпуры для образования воронок [1,7].

Взрывание шпуров из штреков и дучек производят участками: в направлении от лежачего бока к висячему, для предотвращения раннего обрушения пород висячего бока, а по простиранию — от середины блока к краям, во избежание обрушения соседнего блока (рис. 1.2).

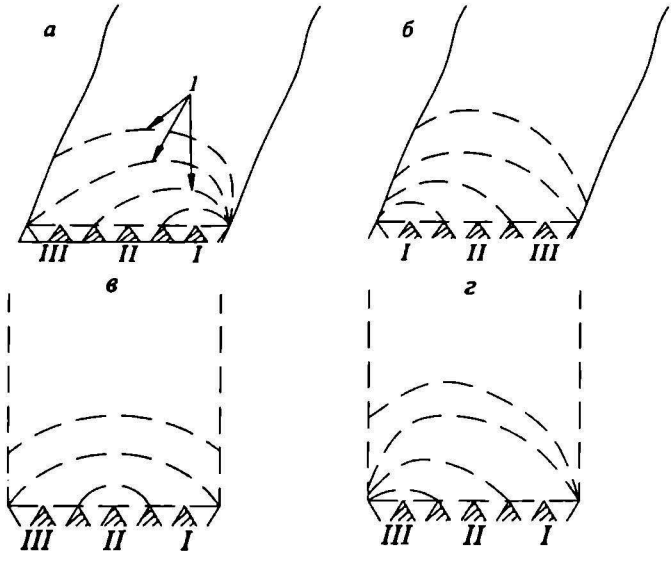


Рис. 1.2. Порядок подсечки при этажном самообрушении, правильный (*а*, *в*) и неправильный (*б*, *г*):
а, *б* — разрез вкрест простирания; *в*, *г* — по простиранию; *1* — контур обрушения в различных стадиях

В опытном порядке применяли подсечку глубокими горизонтальными скважинами. Высота подсечки 2,5—3 м, порядок аналогичен используемому при шпуровом методе. Глубина горизонтальных скважин 15—20 м, диаметр — 80—100 мм. Распространения этот способ не получил в связи с искривлением скважин, часть целиков на горизонте подсечки оставалась неразрушенной.

Обрушение и выпуск руды. После подсечки блоков начинается процесс самообрушения массива. Очистные работы при этом заключаются в выпуске, вторичном дроблении и доставке руды. Иногда добавляются работы по ускорению обрушения руды взрыванием зарядов на подэтажах, особенно по углам блока. В период обрушения блока часто приходится перекреплять выработки вторичного дробления.

Самообрушением руды управляют посредством определенного порядка и определенной интенсивности выпуска. Под руд-

ным массивом за счет выпуска образуется свободное пространство для самообрушения руды, но оно должно быть небольшой высоты, до 5 м во избежание вывалов крупных глыб и возникновения воздушных ударов. За ходом обрушения и образовавшимся пространством наблюдают через контрольные ходки из смотровых восстающих [6].

В первый период после подсечки в связи с перераспределением напряжений в блоке массив деформируется, расчленяется микротрещинами, происходит так называемый процесс созревания блока. В этот период (до 2—3 месяцев) выпуск должен вестись с пониженной интенсивностью во избежание образования больших пустот, так как при малом слое обрушенной на воронки руды воздушные волны наиболее опасны, а крупные глыбы, если они обрушатся, такими и придут к выпускным отверстиям.

При неравномерной крепости и устойчивости руды отдельные подэтажи могут быть разбурены и обрушены принудительно. В этом случае получается комбинация естественного и принудительного обрушения.

По окончании обрушения руды приступают к общему выпуску. Контакт руды и обрушенных пород стремятся держать горизонтальным или с небольшим наклоном (10—20°) к лежачему боку. Работы ведут по планограмме в соответствии с общими требованиями к выпуску руды под налегающими обрушенными породами.

1.2. ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ С САМООБРУШЕНИЕМ РУДЫ

Применение систем с самообрушением железорудных залежей в Криворожском бассейне. В 1931 г. на руднике им. Розы Люксембург производилась отработка блока Карьерной залежи со слабой мартитовой рудой крепостью 2—4 системой этажного самообрушения. Висячий бок месторождения представлен джеспилитами крепостью 4—6, лежачий бок — роговиками крепостью 6—8. Кровлей блока являлось дно карьера с породной подушкой высотой около 15 м (рис. 1.3) [3].

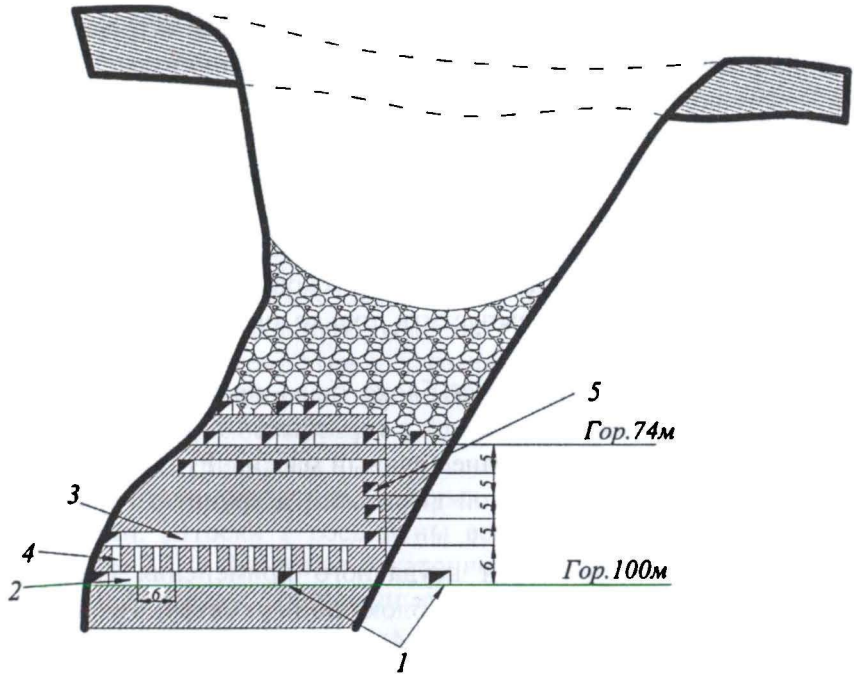


Рис. 1.3. Отработка блока в Карьерной залежи на руднике им. Розы Люксембург системой этажного самообрушения:
1 — штрек; *2* — орт; *3* — подсечные выработки; *4* — дучки; *5* — окаймляющие выработки

Площадь блока на горизонте 74 м была равна 1567 м^2 и на горизонте 100 м — 2117 м^2. На горизонте 100 м были пройдены полевой и рудный откаточные штреки и орты через 6 м один от другого. На 6 м выше откаточного горизонта был расположен горизонт подсечки. Орты горизонтов откатки и подсечки соединены дучками сечением 1×1 м. Дучки расположены вдоль откаточных ортов через 3 м в шахматном порядке. Над горизонтом подсечки через 5 м по вертикали пройдены горизонтальные окаймляющие выработки *5*, связанные рядом восстающих.

Очистные работы заключались в отрезке блока по периметру, его подсечке и выпуске руды. Отрезка блока по периметру производилась бурением шпуров глубиной 1,5 м в почве и кровле окаймляющих выработок.

Для подсечки блока из дучек были пройдены штреки длиной до 3 м, которыми дучки сбиты с подсечными ортами. Целики между подсечными выработками разбуривали шпурами в направлении от лежачего бока к висячему. Одновременно разбуривали дучки для образования воронок. В процессе выпуска выяснилось, что целики были разрушены недостаточно хорошо. Были проведены дополнительные работы для их разрушения.

В ходе выпуска основная часть кусков была представлена негабаритами. Удалось выпустить только около 10 % запасов руды блока.

В дальнейшем отработка блока была произведена путем проходки дополнительных дучек с горизонта 100 м, из которых разбуривали обрушенный ранее рудный массив. Руду из них выпускали на почву откаточной выработки и вручную грузили в вагонетки.

Основными причинами неудачного применения системы являлись: почти полная отрезка блока по периметру, что привело к оседанию блока всем массивом; незначительное давление налегающих пород, из-за чего взаимовлияние эллипсоидов выпуска было минимальным; неполное разрушение целиков при подсечке, что негативно влияло на развитие процесса обрушения; отсутствие горизонта вторичного дробления.

Следующая попытка применения самообрушения была предпринята на том же руднике в 1936 г.: блок был расположен на этаже 57—100 м Южной залежи в слабой мартитовой руде крепостью 2—3. Длина блока по простиранию — 50 м, ширина — 55 м, высота от горизонта подсечки до кровли блока 23 м.

На горизонте 100 м был пройден рудный откаточный штрек и на 15 м выше него — горизонт доставки. На этом горизонте пройдены через 10—11 м скреперные орты и по центру — штрек, соединяющий орты. На 5 м выше горизонта доставки расположен горизонт подсечки, на котором тоже через 10—11 м пройдены орты. Откаточный штрек соединен со скреперными ортами рудоспусками. Окаймляющих выработок не проходили из-за низкой крепости руды.

Подсечка была принята шпуровая. Направление продвижения подсечки — последовательно от лежачего бока к висячему. Шпуры бурили в целиках между ортами и в кровле подсечных выработок. После создания горизонта подсечки последовательно выпускали руду, сначала малыми порциями, для правильного развития самообрушения, а затем выпускали весь запас блока. Руду выпускали на скреперные выработки, с доставкой ее к рудоспускам. Всего было выпущено 52 % запасов руды блока из-за значительного давления в доставочных выработках. Оставшаяся в блоке руда была доработана системой подэтажного обрушения.

В 1940 г. система этажного самообрушения была применена для отработки блока на шахте «Центральная» рудоуправления им. Фрунзе. Крепость руды 3—4; угол падения около 80°; высота этажа 40 м (рис. 1.4).

Подготовка произведена двумя рудными и одним полевым штреками. Штреки *1* соединены вентиляционно-ходовым восстающим *2*. На 8 м выше откаточного горизонта пройдены выработки подсечки, соединенные с откаточными штреками дучками *3*. На горизонте подсечки был пройден ряд штреков и ортов, между которыми оставлены небольшие целики.

Отрезка блока произведена двумя поясами горизонтальных выработок *4*, соединенных восстающими с интервалом по вертикали 9 м. Чтобы улучшить отрезку блока, из выработок бурили вверх шпуры глубиной 2—3 м, после взрывания которых окаймляющие выработки превратились в щели высотой 4—5 м, заполненные отбитой рудой.

Подсечка блока произведена разрушением целиков между подсечными выработками. Из-за большого объема вторичного дробления и отсутствия камер грохочения и скреперных выработок выпустить руды удалось немного.

Анализ опыта отработки блоков системами с этажным самообрушением за 1931—1940 гг. показал, что основными причинами неудач являлись: излишнее ослабление блоков и отсутствие горизонтов вторичного дробления.

В 1948 г. этажным самообрушением начали отрабатывать три крупных блока: один из них находился на шахте «Гигант», второй — на шахте «Большевик» и третий — на шахте «Центральная» рудника «Ингулец». Отработка первых опытных блоков закончена в 1950 г. и была начата выемка на ряде новых блоков.

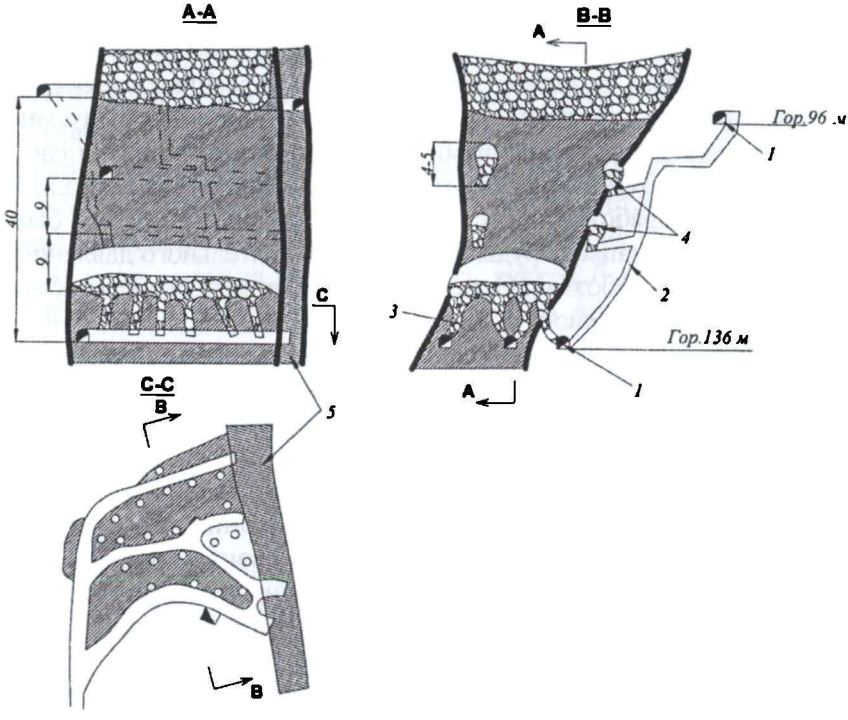


Рис. 1.4. Отработка блока 5-й Северной залежи шахты «Центральная» на руднике им. Фрунзе системой этажного самообрушения:
1 — штрек; *2* —восстающий; *3* — дучка; *4* — отрезные выработки; *5* — дайка

На рудниках Кривого Рога получил распространение следующий вариант системы (рис. 1.5).

Обычно размеры очистного блока составляли: площадь блока в плане от 2000 до 6000 м^2, высота этажа — 60 м, высота обрушаемого слоя — 45 м.

При разработке мощных месторождений, при мощности рудного тела 100—150 м, на откаточном горизонте проходили полевой штрек *1*, рудные штреки *2* и орты *3*, чтобы обеспечить круговую откатку. При меньшей мощности ограничивались полевым штреком и ортами.

Горизонт скреперования оборудован на 7—8 м выше откаточного горизонта. Сечение скреперных выработок 2,2 × 2,2 м,

крепление — сплошными дверными окладами. Места сопряжения выработок скреперования с дучками крепились металлическими швеллерами.

Смотровые восстающие *4* проходили по углам блока в 8—10 м от отрезных восстающих. Их соединяли с отрезными выработками короткими сбойками, из которых наблюдали за процессом обрушения рудного массива. Нарезные работы заключались в проведении подсечных выработок, выработок *6*, окаймляющих блок, и дучек *7*.

Горизонт подсечки на 6—7 м выше доставочного. На этом горизонте проходили ряд параллельных выработок сечением 1,8×2 м, с целиками шириной 3—4 м.

Отрезные выработки состояли из четырех восстающих, пройденных по углам блока, и серии горизонтальных выработок, которыми соединялись восстающие. Расстояние по вертикали между отрезными выработками 8—12 м. В нижней части блока эти выработки располагали на меньших расстояниях, в верхней же части эти расстояния увеличивали.

Обрушение массива обычно не распространялось за пределы, ограниченные окаймляющими выработками. Окаймляющие выработки не крепили.

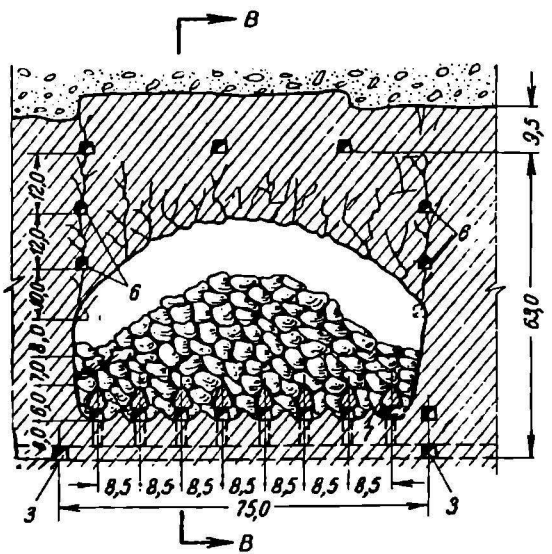
Руду выпускали на горизонт скреперования через дучки. Выпуск руды производился равномерно по графику при горизонтальном положении контакта руды с налегающими породами для высокого извлечения руды.

В первый период после подсечки блока выпускали небольшое количество руды. Наблюдали за процессом через смотровые выработки. Если обрушение задерживалось, его ускоряли принудительно.

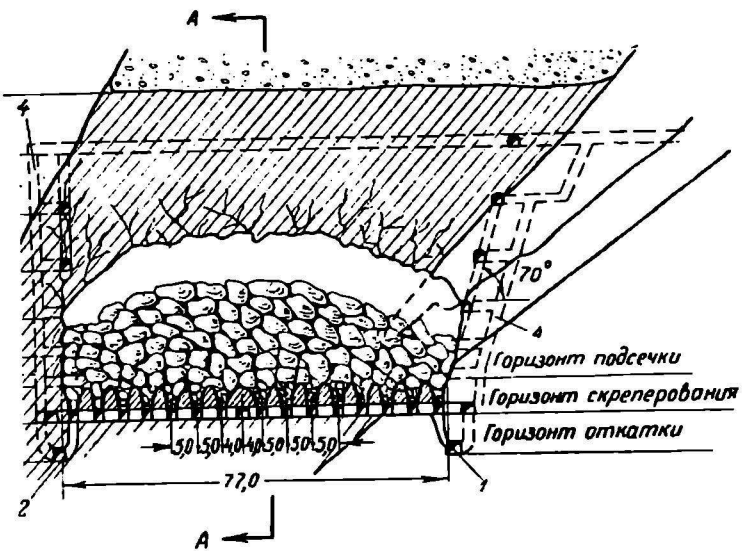
Было освоено несколько способов подсечки. Наиболее простой заключался в том, что целики между подсечными выработками разрушали мелкими шпурами. Подсечку в этом случае вели в направлении от одного из углов блока у лежачего бока по диагонали к висячему боку.

Подсечку производили отдельными участками. Площадь, подсекаемая за один прием, составляла 50—150 м^2 и более.

Разрез по простиранию (по А-А)



Разрез по В-В



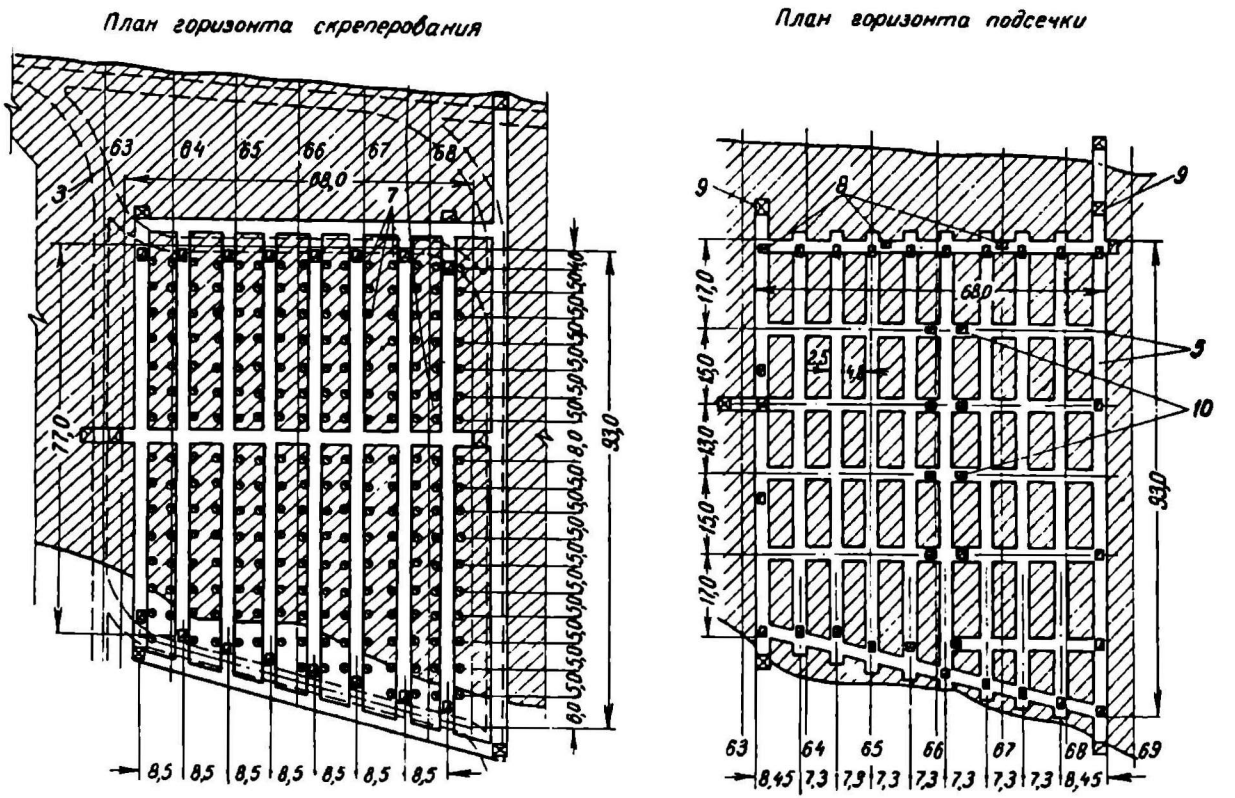


Рис. 1.5. Система с самообрушением руды на рудниках Кривого Рога

Второй способ подсечки заключался в том, что целики на горизонте подсечки разрушали скважинами длиной 20—25 м. Этот способ применяли, когда целики не были деформированными, отсутствовали прослойки крепкой руды, и трещиноватость руды не препятствовала бурению.

Третий способ заключался в том, что подсечку производили штанговыми шпурами из дучек. Глубина шпуров 7—8 м. Одновременно производилось разбуривание дучек для образования воронок и подсечки блока. Этот способ подсечки применялся в рудах слабой и средней крепости.

Четвертый способ подсечки состоял в том, что на горизонте подсечки проходили выработки, целики между которыми разрушали и только после этого проходили дучки. При обычном способе подсечки днище блока деформировалось из-за большого давления, в период начального обрушения массива, и значительной изрезанности днища дучками. Проведение дучек после подсечки позволило снизить действие горного давления на днище. В некоторых случаях шпуры взрывались не полностью, и воронки получались неправильной формы. На рис. 1.6 показаны варианты подсечки блока.

Потери руды при правильно выбранных параметрах блоков и отлаженной работе на доставке составляли 7—10 %, разубоживание — 5—7 %.

Потери руды были ниже, чем при системе подэтажного обрушения, которой свойственны низкие потери руды порядка 12—15 % из-за меньшей поверхности контакта обрушенной руды с вмещающими породами.

Себестоимость добычи 1 т руды при системе этажного самообрушения была в четыре раза ниже, чем при системе подэтажного обрушения.

К концу 1951 г. в Криворожском бассейне были отработаны системой этажного самообрушения три блока: 76—72 на шахте «Большевик», 34—38 на шахте «Гигант» и 5—7 на шахте «Центральная» рудника «Ингулец» [3].

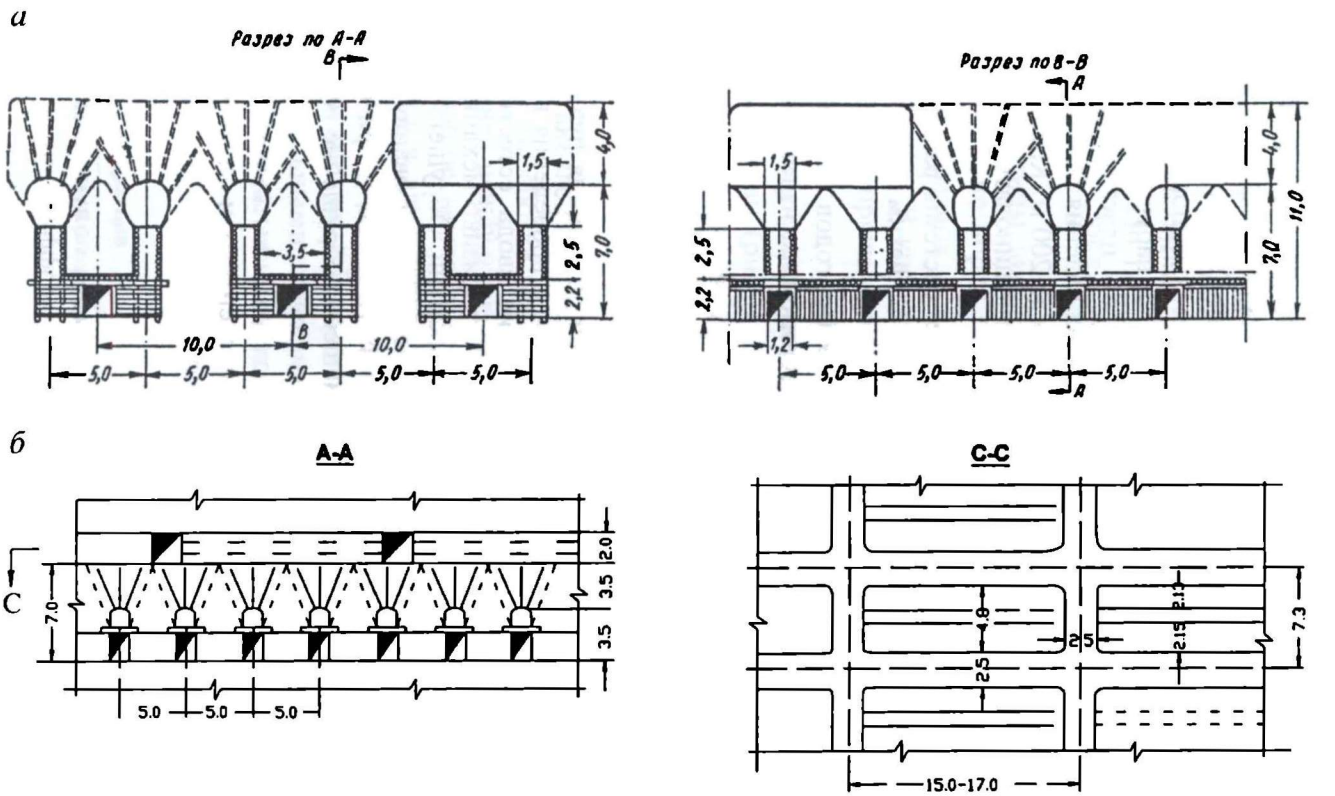


Рис. 1.6. Виды подсечки, применявшиеся на рудниках Кривого Рога:
а — шпуровая; *б* — скважинная

Этажное самообрушение в условиях повторной отработки Никитовского месторождения ртути. Никитовское месторождение приурочено к северному крылу Горловской антиклинали, имеющей асимметричное строение: северное крыло падает под углом 70—75°, южное — 55—65° и нарушено разломом «Секущая». Основной тип оруденения — пластово-штокверковый, мощность пластов 30—60 м, угол падения 65—80°, длина по простиранию до 1 км, по падению до 200 м. Крепость руды 8—10. Руды обладали интенсивной трещиноватостью в разных направлениях [9].

На месторождении ранее применяли системы разработки с магазинированием и закладкой (рудой с низким содержанием металла).

Переоценка запасов в середине 1950-х годов позволила вовлечь в отработку руду на верхних горизонтах, изрезанных старыми выработками.

Наиболее приемлемой в данной ситуации являлась система с самообрушением. Благоприятными факторами явились: наличие старых выработок; нарушение целостности массива руды; невысокая ценность руды.

При исследовании закономерностей обрушения руды была принята следующая гипотеза: в результате проведения выработок вокруг них происходит образование свода естественного равновесия, высота которого зависит от физико-механических свойств пород, пролета выработки и времени. Обрушение руды после подсечки будет распространяться до образования свода. Наибольшие напряжения возникают в его пятах, и при их разрушении и наличии свободы для смещения обрушение возобновится.

Многочисленными натурными замерами высоты свода равновесия, отработкой моделей из эквивалентных и оптически активных материалов было установлено, что

$$h = k_o a \text{ , м,}$$

где k_o — показатель обрушаемости; a — полупролет выработки, м; k_o равен 0,6 для песчаников с коэффициентом крепости $f = 8 \div 10$; $k_o = 0{,}86$ для сланцев с $f = 4 \div 6$.