## Системы подземной разработки с обрушением руды и вмещающих пород

От качества выпуска зависят потери и разубоживание руды. Современные способы выпуска руды пока не обеспечивают высоких показателей извлечения. Наблюдаются большие потери руды и высокое ее разубоживание, а поэтому применять системы с обрушением руды и вмещающих пород целесообразно лишь при разработке руд невысокой ценности.

В настоящее время системы с обрушением руды и вмещающих пород нашли широкое применение при разработке рудных месторождений. Они применяются как самостоятельные при выемке отдельных рудных тел или же как вспомогательные при отработке целиков и потолочин в других системах разработки.

Системы разработки этого класса отличаются друг от друга высотой обрушаемого массива. Системы разработки с разделением этажа на подэтажи называются системами подэтажного обрушения, а системы разработки без разделения этажа на подэтажи - системами этажного обрушения.

Наиболее гибкими в применении оказались системы подэтажного обрушения, с помощью которых успешно ведется разработка рудных месторождений в самых разнообразных условиях, в том числе и на больших глубинах с проявлением горного давления.

Следует отметить, что в определенных условиях достаточно лишь произвести подсечку и отрезку подлежащего к обрушению рудного массива, как он начинает постепенно самообрушаться.

Можно вести как этажное, так и подэтажное самообрушение. В зависимости от этого различают системы подэтажного самообрушения и системы этажного самообрушения.

Усилиями советских специалистов-горняков (М.В. Гуминский, В.Ф. Лавриненко и др.) разработаны методы управления самообрушением руды. Но темпы современной добычи руды иногда недостаточны для осуществления процесса самообрушения. По этой причине системы разработки с самообрушением руды в настоящее время применяются редко.

Рассмотрим наиболее широко применяемые системы разработки этого класса.

Система подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами применяется при разработке месторождений мощностью от 5-6 м до 150-200 м и более. Нижний предел мощности залежи ограничивается в основном возможностями скважинной отбойки и выпуска руды.

Система подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами применяется в двух основных вариантах:

с отбойкой руды на компенсационное пространство (горизонтальное, вертикальное, наклонное);

с отбойкой руды на ранее обрушенные руды или пустые породы (в зажиме).

Вариант системы подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважина ми на горизонтальное компенсационное пространство применяется при разработке месторождений средней мощности и мощных (Рис.1).

Подготовка блоков как при этом, так и при других приведенных выше вариантах этой системы практически одинакова. Она включает проходку полевого откаточного штрека *1* и ортов *3.* Из откаточных ортов до отметки первого подэтажа проходят рудоспуски *2,* ходовые *8* и материальные *14* восстающие. На каждом подэтаже проходят хозяйственные орты *9* и штреки скреперования 7. На границах блока штреки скреперования соединяют вентиляционными ортами *4,* из которых в лежачем боку проходят запасной ходовой восстающий *13.*

Рисунок 1 - Система подэтажного обрушения, с отбойкой руды глубокими скважинами на горизонтальное компенсационное пространство

Очистные работы начинают с подсечки, после выпуска руды из которой образуются горизонтальные компенсационные пространства (камеры) *10.* Для большой устойчивости этих пространств между ними оставляют целик *6.*

Массив руды разбуривают глубокими скважинами *12* из специальных буровых выработок *11*. Взрывание скважин осуществляют короткозамедленным способом. При этом в первую очередь взрывают скважины *5,* разбуренные в целиках *6.*

После взрывания глубоких скважин приступают к массовому выпуску руды через дучки *15.* Доставку руды производят с помощью скреперных установок, виброконвейеров или самоходных машин. В зависимости от применяемого способа доставки изменяется конструкция горизонта доставки.

Система разработки отличается высокой производительностью, экономичностью, хорошими условиями проветривания. Вместе с тем эта система имеет ряд недостатков, главными из которых являются: большой объем подготовительных работ и невозможность применения самоходной буровой техники. Горизонтальное направление отбойки снижает устойчивость выработок горизонта выпуска руды.

На рис.2 приведена система подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами на вертикальное компенсационное пространство (щель). Подготовка блока при этой системе, как уже отмечалось, аналогична описанной выше. Выемка руды начинается с образования вертикального компенсационного пространства (щели) *3,* на которое встречно направленно отбивают массив, разбуренный глубокими скважинами *2* из буровой выработки 1.

При этой системе разработки значительно снижается динамическое воздействие взрыва на выработки приемного горизонта. Кроме того, такой способ отбойки позволяет улучшить качество дробления горной массы за счет соударения отдельных кусков.

Варианты системы подэтажного обрушения с отбойкой руды на наклонное компенсационное пространство показаны на рис.3.

Разбуривание массива (см. рис.3, а) глубокими скважинами производится из буровых выработок *2,* расположенных на уровне горизонта воронок. Толщина отбиваемого слоя по горизонтали, как правило, равна расстоянию между выработками выпуска руды (скреперования). Наклонные слои отбивают на наклонное компенсационное пространство *4.* Выпуск отбитой руды производят через выпускные выработки (дучки или щели) *1*. Доставка отбитой руды производится скрепером в рудосвалочные восстающие. При применении системы подэтажного обрушения также с отбойкой наклонных слоев руды на наклонную подсечку (см. рис.26.16,6) разбуривание массива производится непосредственно из выработок горизонта доставки (скреперования) *3.*

Б-Б

Рисунок 2 - Система подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами на вертикальное компенсационное пространство.

Это позволяет исключить проходку специального бурового штрека и упростить конструкцию системы. При таком разбуривании массива устья глубоких скважин 5 недозаряжают ВВ на 8 - 10 мс целью предохранения штреков скреперования от разрушения в момент массового взрыва. Однако после взрывания скважин их недозаряженные части используются при образовании выпускных дучек или щелей. Доставка отбитой руды производится скрепером с погрузкой непосредственно в вагоны через полки.

Система подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами на зажатую среду (рис.9) разработана сравнительно недавно. Однако уже накоплен значительный положительный опыт применения этой системы разработки. Так, в условиях Криворожского бассейна, например, при отбойке на зажатую среду достигается лучшее дробление руды, чем при отбойке на компенсационные пространства.

Рисунок 3 - Система подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами, пробуренными из буровых выработок (а) и штреков скреперования (б), на наклонное компенсационное пространство

Отличительная особенность этой системы разработки заключается в том, что отбойка слоев руды, разбуренных из буровых выработок глубокими скважинами, производится не на компенсационное пространство, выполненное в виде камеры (пустоты), а на ранее обрушенную руду или даже пустые породы. Таким образом, при отбойке руды на зажатую среду отпадает необходимость в трудоемкой операции по образованию компенсационного пространства.

Рисунок 4 - Система подэтажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами в зажатой среде: *1* - буровая выработка: *2 -* обрушенная руда или пустая порода; *3 -* глубокие скважины; *4 -* штреки скреперования

Необходимое компенсационное пространство для размещения обрушаемой руды создается за счет уплотнения под действием энергии взрыва обрушенных ранее пород и их амортизационных свойств.

Вместе с тем необходимо отметить, что выпуск обрушенной руды при таком способе отбойки следует производить с особым вниманием, не допуская преждевременных потерь и разубоживания.

При системе этажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами блок обрушают сразу на всю высоту этажа. В этом заключается основное отличие ее от системы подэтажного обрушения.

Четкой границы между этими системами провести вообще невозможно. На одних рудниках высота этажа составляет 40 м. и, естественно, на всю эту высоту (этажа) производят обрушение руды. Следовательно, применяют систему этажного обрушения. На других же рудниках высота этажа составляет 80 м и его делят на два подэтажа, в пределах которых и производят обрушение руды. В этих условиях система именуется уже системой подэтажного обрушения.

В практике наибольшее распространение получили системы этажного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами на горизонтальные компенсационные пространства, вертикальные компенсационные пространства и на зажатую среду.

## Открытая разработка рудных месторождений

Совокупность горных работ, при которых все процессы, связанные с извлечением полезного ископаемого из недр, совершаются в открытых горных выработках, называется разработкой месторождений открытым способом.

В результате открытых горных работ в земной коре образуются большие выемки (выработанное пространство, система горных выработок), совокупность которых называют карьером. Карьером называют также горное предприятие, которое осуществляет открытую разработку угольных, рудных и нерудных месторождений.

Месторождение при открытой разработке разделяют на. отдельные горизонтальные слои, которые вынимают сверху вниз с опережением верхнего слоя по отношению к нижнему. Поэтому в процессе ведения работ карьер приобретает уступную форму.

Горизонтальный слой толщи пустых пород или полезного ископаемого, разрабатываемый самостоятельными средствами отбойки, погрузки и транспортирования горной массы, называют уступом. Часть уступа по его высоте, которая разрабатывается самостоятельными средствами выемки, но обслуживается транспортом, общим для всего уступа, называют подуст у п о м. В уступе может быть два или несколько подуступов.

Горизонтальная часть поверхности уступа называется площадкой уступа Открытая горная выработка, имеющая трапециевидное поперечное сечение и значительную длину, называется траншеей. Наклонная траншея, при помощи которой земная поверхность связывается с рабочими уступами карьера, называется капитальной траншеей. Горизонтальная траншея, предназначенная для создания первоначального фронта работ на уступе, называется разрезной траншеей.

Месторождение или часть его, разрабатываемая одним карьером называется карьерным полем. Границами карьерного поля являются поверхности, проходящие через верхний и нижний контуры карьера. При этом верхним (или нижним) контуром карьера называют линию пересечения бортов карьера с земной поверхностью (или плоскостью дна карьера). Дном карьера называется нижняя, обычно горизонтальная, поверхность карьера.

Комплекс площадок и откосов уступов от поверхности земли, до подошвы карьера называется бортом карьера*.* Поверхность, проходящую через верхний и нижний его контуры, называют откосом борта карьера. Угол откоса борта меньше угла откоса уступа карьера.

Открытым способом добывают твердые; полезные ископаемые, имеющие самые разнообразные формы и залегающие в различных природных условиях. Основные типы месторождений, разрабатываемых открытым способом, различают по геометрическим признакам: углу падения и мощности залежи.

Различают горизонтальные, пологие (с углом падения до 10°), наклонные (от 10 до 30°) и крутые (свыше 30°) залежи. Кроме того, выделяют штокообразные и массивные рудные тела, а также залежи в виде складок.

Классификация залежи полезного ископаемого по мощности производится в зависимости от угла ее падения. При этом горизонтальные и пологие месторождения классифицируются по вертикальной, а наклонные и крутые - по горизонтальной мощности При открытой разработке месторождения различают следующие основные этапы: подготовка поверхности, осушение месторождения и ограждение его от воды поверхностного стока, вскрытие месторождения, вскрышные и добычные рабрты.

Работы эти начинают в определенной последовательности, а затем ведут одновременно, однако при определенном опережении в пространстве: подготовка поверхности и осушение месторождения опережают вскрышные работы, а вскрышные работы, в свою очередь, опережают добычные.

Подготовка поверхности заключается в удалении препятствий, мешающих разработке месторождения открытым способом. Для этого необходимо, например, вырубить лес, - отвести поверхностные воды и осушить водоемы; снести здания и сооружения на площади карьера; подготовить место для отвалов пустых пород; подвести к карьеру железную дорогу и шоссе; построить производственные, служебные и жилые помещения; обеспечить предприятие электроэнергией и т.д.

Освоение разведанных месторождений начинают с подготовительных работ, в процессе подготовки осуществляется целый ряд мероприятий по осушению обводненных частей карьерных полей, выводу поверхностных водных источников за пределы горного отвода, трассировке будущих транспортных коммуникаций с планировкой поверхности, удалению лесного и кустарникового покрова, снятию и хранению или использованию плодородного почвенного слоя с территорий, подлежащих нарушению.

Из этих работ необходимо выделить осушение месторождений с целью улучшения гидрогеологической обстановки в районе открытой разработки. Значимость этих работ определяется тем, что обводненность осложняет и удорожает строительство и эксплуатацию карьеров, снижает устойчивость обнажаемых массивов песчаных, мягких и трещиноватых полускальных пород и повышает опасность горных работ.

В пределах вскрытого слоя (горизонта) осуществляется производство горно-подготовительных работ, сводящихся к рассечке карьерного поля горизонтальной разрезной траншеей для создания первоначального фронта очистных работ, наряду с этим в горно-подготовительные работы включается и вскрытие очередных (нижерасположенных) запасов месторождения. После проведения разрезной траншеи в подготовленном слое осуществляются добычные работы.

В процессе эксплуатации месторождения планомерно продолжаются вскрышные, горно-подготовительные и добычные работы.

С завершением разработки разведанных запасов или с переходом на подземный способ добычи открытые горные работы заканчиваются.

В процессе открытой разработки или после нее проводятся работы по восстановлению нарушенных территорий земной поверхности. Виды открытых разработок приведены на рис.5

Основными производственными процессами при открытой разработке месторождений являются: выемка, погрузка и транспортировка горных пород, а также отвальные работы.

Выемка и погрузка горных пород. Отделение горных пород от массива (называемое обычно *отбойкой* при использовании взрывчатых веществ и *выемкой -* при использовании различных "выемочных" машин) осуществляют при подготовке поверхности, проведении вскрывающих выработок и в наибольших масштабах при вскрышных и добычных работах.

Отбойка скальных пород с пределом прочности на сжатие более 50 МПа производится в основном зарядами ВВ в скважинах диаметром от 150 до 300 мм и глубиной 10-20 м, сравнительно редко взрывная отбойка пород осуществляется зарядами ВВ в шпурах или минных выработках.

Бурение взрывных скважин при вскрышных и добычных работах осуществляется, как правило, самоходными станками шарошечного бурения. Скважины располагаются рядами вдоль откоса разрабатываемого уступа (рис.5), глубина скважин обычно на 10-12% превышает высоту уступа (так называемый перебур необходим для лучшего разрушения породы в подошве уступа). Бурение наклонных (60°) взрывных скважин улучшает качество дробления и обеспечивает снижение расхода ВВ.

Параметры буровзрывных работ рассчитываются с учетом формирования компактного развала горной массы и качественного ее дробления. В скважинах размещают сплошные колонковые или рассредоточенные заряды, последние обеспечивают более равномерное дробление пород. Для взрывных работ широко используют сыпучие гранулированные и водонаполненные ВВ, область порошкообразных ВВ обычно ограничивается вторичным дроблением негабаритных кусков породы. Зарядка скважин преимущественно механизирована, основными средствами взрывания является детонирующий шнур и электродетонаторы. Порядок взрывания рядов скважин может быть мгновенным или коротко-замедленным.

Рис.5 - Виды открытых разработок: 1-рабочая зона карьера; 2-3 - направления перемещения; 4-отвалы вскрышных пород. Сплошные системы разработки: I-II - продольные (I - однобортовая, II - двубортовая); III - IV - поперечные (III-однобортовая, IV - двубортовая); V-VI - рассредоточенная); VII - VIII - кольцевая (VII-центральная, VIII - периферийная)

Выемка пород экскаваторами обычно совмещается с погрузкой горной массы на транспортные машины. Прямые механические лопаты применяют преимущественно для выемки мягких и плотных пород, они являются также основным оборудованием для погрузки скальных горных пород, предварительно отделенных от массива и разрыхленных с помощью взрывчатых веществ. Роторными экскаваторами осуществляется выемка различных пород - от рыхлых до трещиноватых полускальных.

Бульдозеры, колесные скреперы и погрузчики на крупных карьерах используются главным образом для выполнения различных вспомогательных операций.

Транспортировка горных пород. При разработке месторождений основными грузами в карьерах являются вскрышные породы и полезные ископаемые, перевозка горных пород - наиболее дорогостоящий и трудоемкий процесс. Грузопоток в карьере в зависимости от глубины залегания разрабатываемого месторождения или его части и интенсивности разработки меняется в значительных пределах, достигая десятков и даже сотен миллионов тонн в год. Расстояния перемещения пород составляют от нескольких десятков метров до 10-20 км.

Горная масса транспортируется от забоев рабочих уступов, причем вскрышные породы перемещают в отвалы, а полезное ископаемое направляют на приемные пункты или склады.

Основными видами карьерного транспорта являются железнодорожный, автомобильный и конвейерный.

На карьерах средней и большой производственной мощности при расстоянии перевозки горной массы более 2 км наиболее широко используется железнодорожный транспорт, характеризующийся экономичностью, длительным сроком службы и высокой надежностью. В качестве локомотивов обычно используют электровозы и тепловозы, горная масса транспортируется в металлических полувагонах большой грузоподъемности (перевозка вскрышных пород осуществляется в саморазгружающихся полувагонах, называемых думпкарами, полезное ископаемое чаще перевозится в полувагонах, разгружающихся в опрокидывателях). Среди карьерных железнодорожных путей выделяют стационарные и передвижные (первые сохраняют свое положение постоянно или в течение длительного периода разработки карьерного поля, вторые перемещают в процессе развития горных работ на уступах).

Автомобильный транспорт применяют в основном на карьерах с небольшой и средней производственной мощностью при расстоянии перевозок до 5 км.

Горная масса перевозится в автосамосвалах, грузоподъемность которых достигает 180 т и более и в автомобильных прицепах. Маневренность автотранспорта обеспечивает повышение производительности забойных экскаваторов, а уменьшенные по сравнению с железнодорожным транспортом радиусы закругления и увеличенные углы наклона трасс существенно сокращают расстояния перевозок. Тем не менее при значительных грузопотоках и больших расстояниях перевозок использование автомобильного транспорта становится неэкономичным. Впрочем, в комплексе с железнодорожным или конвейерным транспортом применение автомобилей большой грузоподъемности весьма эффективно и на крупных карьерах, при этом они используются преимущественно на нижних горизонтах или в качестве сборочного звена комбинированного автоконвейерного транспорта. Обязательным условием эффективной и экономичной работы автомобилей является надлежащее устройство и содержание карьерных дорог. Транспортировка горной массы из карьеров на поверхность осуществляется в основном полустационарными горизонтальными и стационарными наклонными конвейерами, рациональное расстояние транспортировки достигает 2-3 км. Для перемещения преимущественно вскрышных пород применяются передвижные и самоходные конвейеры типа транспортно-отвальных мостов, перегружателей, консольных отвалообразователей. Расстояние перемещения горной массы составляет от десятков до сотен метров.

Отвальные работы. Уже в начальном периоде горностроительных работ появляется необходимость в размещении на поверхности горного отвода породных отвалов, по мере развития вскрышных работ количество породы, выдаваемой из забоев горных выработок, возрастает. Отвалы вскрышных пород располагают или на поверхности, или в образующемся выработанном пространстве, первые отвалы называют *внешними,* вторые - *внутренними.* Размещение вскрышных пород во внутренних отвалах экономичнее, так как при этом породы обычно перемещаются на сравнительно короткие расстояния и без подъема их на поверхность. Кроме того, использование выработанного пространства для размещения отвалов сокращает территории нарушаемой поверхности и в большинстве случаев упрощает и удешевляет работы по ее восстановлению. Однако область применения внутренних отвалов ограничена, они по существу могут использоваться при разработке месторождений поверхностного и в отдельных случаях нагорного типа. При этом выемка полезных ископаемых должна производиться на всю мощность залежи. [5, с.536]

Во всех других случаях на поверхности вне контура карьера сооружаются внешние отвалы вскрышных пород. С точки зрения сокращения транспортных расходов внешние отвалы целесообразно располагать на незначительных расстояниях от карьера, однако в зависимости от особенностей местности их располагают и на отдаленных участках, отводя под отвалы малоценные или непригодные для сельскохозяйственного и промышленного использования земли (ущелья, овраги, балки, заболоченные площади, пустоши).

К отвальным работам относятся перемещение и разгрузка пород, формирование отвалов и сооружение транспортных коммуникаций.

Основным применяемым при этих работах оборудованием являются механические лопаты, драглайны, многочерпаковые отвальные экскаваторы (абзатцеры), консольные отвалообразователи, транспортно-отвальные мосты, бульдозеры, отвальные плуги и краны.

Транспортировка пород на внешние отвалы осуществляется преимущественно автомобильным или железнодорожным транспортом, формирование поверхности. отвалов - бульдозерами, механическими отвалами, абзатцерами и отвальными плугами.

Путевые работы на отвалах, производимые при железнодорожной и автомобильной транспортировке пород, заключаются в сооружении и реконструкции сети транспортных путей (на отвалах эксплуатируются постоянные и временные дороги, последние перемещают по мере изменения параметров отвала). Дорожные работы осуществляются с использованием бульдозеров, кранов и грейдеров.

Вскрытие месторождений. Задачей вскрытия является установление транспортной связи между рабочими площадками уступов и земной поверхностью. Основными выработками вскрытия являются, как уже отмечалось, траншеи (в некоторых случаях, впрочем, вскрывающими выработками могут служить и подземные выработки).

Траншеи, располагаемые вне проектируемого контура карьера, называют *внешними,* а внутри контура - *внутренними.*

Внешние траншеи проходят с земной поверхности до проектируемого на той или иной глубине борта карьера (вскрышных или добычных уступов).

Внешней траншеей могут вскрываться один, несколько или все уступы карьера.

## Литература

1. Шехурдин В.К., Несмотряев В.И., Федоренко П.И. Горное дело. М.: Недра, 1987. - 440с.

2. Советов Г.А., Жабин Н.И. Основы бурения и горного дела. М.: Недра, 1991. - 368с.

3. Грабчак Л.Г., Брылов С.А., Комащенко В.И. Проведение горно-разведочных выработок и основы разработки месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1988. - 566с.