

ТЕХНИКА

Кожоголов К.Ч., Тажобаев К.Т., Абдибаитов Ш.А.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТОК НА СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ОБРАЗОВАНИЕ ПРОВАЛОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

УДК: 622.834.1

В статье рассмотрены некоторые особенности сдвижения массива пород и образования провалов земной поверхности в зависимости от вариантов систем подземной разработке рудных месторождений.

На характер и параметры процесса сдвижения горных пород и образования провалов земной поверхности существенное влияние оказывают применяемые системы разработки. При этом эти системы можно разделить на следующие группы:

1. Системы разработки с обрушением налегающих пород.
2. Системы разработки с полной закладкой выработанного пространства.
3. Системы разработки с открытым очистным пространством.

Системы разработки с обрушением налегающих пород обуславливают наиболее активное развитие процесса сдвижения толщи пород и земной поверхности и максимальные значения величин сдвижений и деформаций земной поверхности для данных горно-геологических условий. Характерной особенностью всех систем с обрушением является сплошная отработка рудных тел без оставления внутрикамерных, междублоковых и междуэтажных целиков. При некоторых вариантах систем допускается лишь временное оставление целиков (двухстадийная выемка), которые погашаются сразу после отработки камеры. Такой порядок выемки необходим для создания благоприятных условий самообрушения вышележащих пород, в результате которого снижаются напряжения на краевые зоны массива руды.

Системы разработки с обрушением (столбовые системы, слоевое обрушение, подэтажное обрушение, этажное принуди-тельное обрушение) обычно применяют при разработке мощных рудных месторождений неустойчивых, склонных к обрушению породах, когда допускается сдвижение и обрушение земной поверхности.

При любых вариантах этих систем между очистными выработками и обрушающимся породным массивом должен постоянно сохраняться значительный объем предохранительной «подушки» из отбитой руды и обрушенных пород. Все системы с обрушением вызывают сдвижение или обрушение земной поверхности и характеризуются постоянным нарастанием опорного давления на пограничный с обрушающимися блоками рудный массив до тех пор, пока не произойдет посадка подработанной толщи пород.

При применении систем с обрушением в слоистых осадочных породах характер обрушения и сдвижения пород определяется наличием слоистости. Нижняя часть зоны обрушения (сразу над выработанным пространством) характеризуется интенсивным дроблением и беспорядочным обрушением. Средняя – расслоениями, сдвижением и разломами отдельных слоев. Верхняя часть, примыкающая к наносам, может расслаиваться и изгибаться без разломов.

При крутом угле падения рудных залежей подрабатываемые породы всяческого бока обрушаются вслед за выемкой руды.

Если непосредственная кровля имеет слоистое или трещиноватое строение, то происходит самообрушение пород и частичное заполнение выработанного пространства. Основная же часть лежащего бока сползает в виде малораздробленных пород «призм» с некоторым отставанием (рис 1). В зависимости от устойчивости пород эта задержка

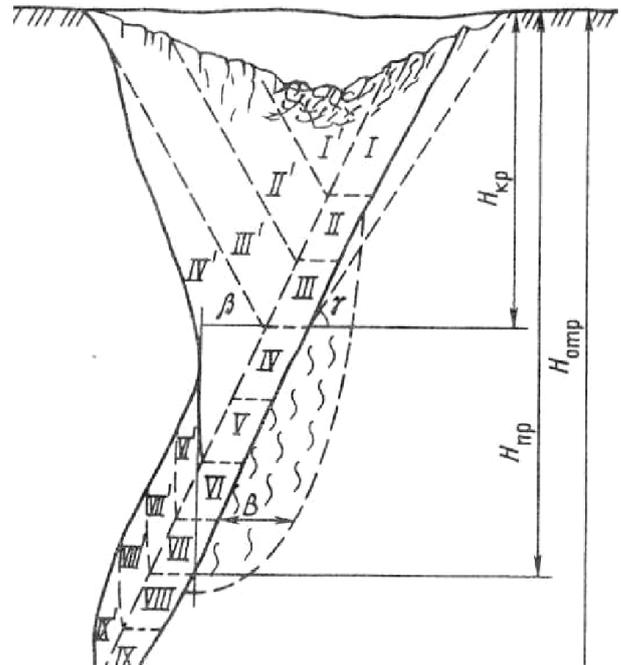


Рис. 1. Закономерности обрушения пород при отработке рудных тел крутого падения в условиях Криворожского железорудного месторождения (по данным В.Ф.Лавриненко)

I, II, ..., IX – стадии отработки залежи; I¹, II¹, ..., IX¹ – стадии обрушения пород;

$H_{кр}$, $H_{пр}$ и $H_{отр}$ – глубина соответственно критическая, предельная и отработки; B – ширина зоны сматия; α – угол падения залежи; β, γ – углы сдвижения

может быть на один-два этажа. Над выработанным пространством появляется зона обрушения с трещинами и разрывами, террасообразными уступами по

периферии. Наиболее глубокая часть мульды сдвига или зоны обрушения в зависимости от угла падения рудного тела располагается ближе к лежащему боку залежи. При значительной мощности залежей сползающие породные призмы и обрушающиеся сверху породы являются причиной высокого давления на междуэтажные и междукамерные целики, лежащий бок залежи и рудный массив. В лежащем боку залежи может также появляться зона смятия пород, в пределах которой выработки становятся крайне неустойчивыми, требует усиленной крепи, больших затрат на ремонт и поддержание. Есть мнение, что развитие зоны смятия обуславливается также действием горизонтальных сил бокового распора, направленных в сторону выработанного пространства [1].

Практика отработки криворожских железорудных залежей показывает, что величина зоны смятия возрастает с увеличением глубины работ и будет максимальной на уровне такой глубины, при которой на лежащий бок и рудный массив приходится полный вес обрушенных пород (до дневной поверхности). Начиная с определенной глубины (500-600м и более) в результате перепуска и уплотнения обрушающихся пород скорости сдвига поверхности замедляются, прекращается образование зон обрушения, уменьшается трещинообразование, появляются плавные оседания. По данным В.Ф.Лавриненко [2], ниже критической глубины происходит лишь сводобразные обрушения подрабатываемых пород, которые локализируются, не достигая поверхности.

Обеспечение самообрушения пород кровли вслед за подвижением очистных работ возможно при достаточной протяженности фронта очистных работ в виде сплошной линии без оставления целиков. При этом запрещается выборочная выемка блоков. Все эти условия должны быть предусмотрены проектом и строго соблюдаться на практике.

Многолетняя практика разработки рудных месторождений системами с обрушением показывает, что наиболее безопасна и эффективна выемка сплошным фронтом от середины месторождения (шахтного поля, этажа) к флангам [1].

При задержке самообрушения пород и возникновения угрозы внезапной просадки пород для создания предохранительной «подушки» между работающими блоками необходима принудительная посадка пород объемом, обеспечивающим дальнейшую безопасную выемку. Обычно, когда отрабатываются пологие или наклонные залежи, налегающие породы подрываются на высоту, равную или превышающую мощность залежи. При разработке месторождений с крутым углом падения подрывается висящий бок или междуэтажный целик для перепуска обрушенных пород с верхних этажей.

Для систем с полной закладкой выработанного пространства характерно отсутствие или медленное, плавное развитие процесса сдвига земной поверхности. При этом провалы и крупные

трещины не образуются, а величины сдвижений и деформаций земной поверхности невелики и определяются усадкой закладки, степенью заполнения выработанного пространства и мощностью отрабатываемых рудных тел [3].

При полной закладке выработанного пространства твердеющими смесями величины деформации земной поверхности обычно не превышают допустимых значений для большинства охраняемых объектов, и поэтому такие системы относятся к основным горным мерам охраны сооружений.

Искусственные массивы из твердеющей закладки должны обеспечивать безопасную эффективную выемку полезного ископаемого, поэтому их прочностные, деформационные и другие свойства и характеристики должны удовлетворять конкретным условиям разработки.

Наилучшие условия поддержания твердеющей закладочной смесью обеспечиваются при полном заполнении закладываемых пустот, когда под воздействием давления вышележащих пород искусственный массив не имеет возможности бокового расширения, т.е. работает в условиях всестороннего сжатия. В этом случае деформации толщи вышележащих пород зависят от компрессионных свойств закладочного массива. Несущая способность массива по мере уплотнения материала (без бокового расширения) практически может возрастать до бесконечности [1].

Таким образом, применение систем разработки с полной закладкой выработанного пространства нетвердеющими материалами способствует уменьшению деформаций земной поверхности, предотвращает появлению провалов, воронок и крупных трещин; с закладкой твердеющими материалами, если в период отработки рудных тел и закладки выработанного пространства не происходит обрушение кровли камер и разрушение целиков – предотвращает появление и зоны опасных (критических) деформаций.

При системах с открытым очистным пространством, с оставлением целиков различного назначения, процесс сдвига горных пород может длительное время не проявляться на земной поверхности. При этом начало и развитие процесса сдвига пород зависит от длительной прочности поддерживающих конструкций и устойчивости налегающего массива. Устойчивость горных пород, во времени во многом определяется реологическими свойствами, т.е. ползучестью деформаций, релаксацией напряжений, длительной прочностью и вязкостью. Как показали систематические исследования в лаборатории реологии горных пород сотрудников ИГиОН НАН Кыргызской Республики д.т.н. Шкуриной К.П. [4], ползучесть деформаций и релаксация напряжений в прочных и слабых породах происходят по-разному. Если в слабых породах деформации в количественном отношении весьма ощутимы, заметны даже на глаз, то прочные породы

при больших нагрузках ползут весьма слабо. Это свидетельствует том, что в связи с качественно отличным составом и строением пород, мы имеем качественно отличную картину деформирования прочных пород, которые, безусловно, несут на себе влияние фактора времени, но это влияние необходимо искать не в величине деформаций, а в петрографо-структурном изменении компонентов породы и кинематике развития микротрещиноватости в образце, в конечном счете – в непрерывном росте трещин со временем.

Из анализа опыта по проведению инструментальных наблюдений за сдвижением горных пород на Джекказганском месторождении [5] при поддержании выработанного пространства рудными целиками можно выделить сдвижение горных пород до и после массового разрушения междукамерных целиков. На первой стадии, когда несущие конструктивные элементы системы разработки сохраняют устойчивость и развитию процесса препятствует реакции целиков, их можно управлять посредством выбора требуемой жесткости несущих элементов или предварительно рассчитывать деформации земной поверхности. Сдвижение горных пород приобретает непрогнозируемый характер на второй стадии при массовом разрушении междукамерных целиков. С точки зрения геомеханики эта стадия развития процесса сдвижения означает переход системы «выработанное пространство – вмещающие породы» в качественно новый режим взаимодействия, в новое состояние устойчивости, в котором в результате выхода из строя несущих элементов (разрушение междукамерных целиков) система самопроизвольно изменила способ управления горным давлением. Возможности оперативного управления сдвижением горных пород на данной стадии в настоящее время ограничены прогнозом границ распространения процесса сдвижения в пространстве, выбором мероприятий по локализации, способных свести к минимуму последствия перехода подработанного массива горных пород в новые условия поддержания. Поэтому одним из актуальных вопросов проблемы сдвижения горных пород при возникновении опасности массового разрушения междукамерных целиков является оперативный контроль за состоянием целиков и налегающей толщи, прогноз их устойчивости и выбор инженерных мероприятий по предотвращению обрушений.

На основании статистической обработки наблюдений на этом месторождении, можно заключить, что при отработке пологих залежей камерно-столбовой системой разработки параметры процесса сдвижения в основном определяются геометрией выработанного пространства (пролетом и глубиной горных работ) и жесткостью опорных целиков, задаваемой параметром h/d , где h – высота междукамерного целика, d – его диаметр [5].

Исследования на рудниках Кадамжайского и Хайдарканского месторождений сотрудников лаборатории подземной разработки месторождений ИГиОН НАН КР под руководством д.т.н. Ялымова Н.Г. [6,7] показали, что длительная устойчивость оставляемых целиков в зависимости от нагрузки и свойств пород изменяется от нескольких месяцев до нескольких десятков лет. При этом, процесс сдвижения массива и поверхности при системах разработки с естественным поддержанием начинается после разрушения поддерживающих конструкций. Параметры сдвижения пород и масштабы обрушений земной поверхности зависят от объемов, образованных в результате выемки полезных ископаемых подземных пустот. Обрушения на поверхности и провалы обычно возникают внезапно, без видимых предупредительных признаков и представляют большую опасность для людей, сооружений и объектов на земной поверхности. Поэтому необходима своевременная оценка степени опасности накопленных пустот и прогноз возможных обрушений поверхности во времени. Кроме того, во избежание вредных последствий сдвижения, необходимо знать характер и параметры процесса сдвижения горных пород в различных горно-геологических условиях и уметь рассчитывать величины сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности.

Литература:

1. Галаев Н.З. Управление состоянием массива горных пород при подземной разработке рудных месторождений. –М.:Недра, 1990. –176с.
2. Малахов Г.М. Управление горным давлением при разработке рудных месторождений Криворожского бассейна. –Киев:Наукова Думка, 1990. –204с.
3. Сдвижение горных пород на рудных месторождениях./Кузнецов М.А., Акимов А.Г., Кузьмин В.И. и др. –М.:Недра, 1971. –224с.
4. Шкурина К.П. Обоснование прогноза устойчивости горных выработок угольных месторождений Киргизии. –Фрунзе: Илим, 1989. –200с.
5. Борщ-Компониц В.И., Макаров А.Б. Горное давление при отработке мощных пологих рудных залежей. – М.:Недра,1986. –271с.
6. Ялымов Н.Г., Бегляков В.Е. Особенности сдвижения пород при разработке месторождений в горных районах Киргизии. –Ташкент, ТашПИ, 1973. –С.59-65.
7. Ялымов Н.Г., Абдибаитов Ш.А., Ялымов Р.Н. Сдвижение массива пород и земной поверхности в условиях неполной подработки: Вып. 4. Гидрогазодинамика и экзогенно-геологические процессы природы.// Комитет по теорет. и прикл. механике Кыргызстана. –Бишкек, 2005. –С.53-64.