

## ЛЕКЦИЯ №4

В общем случае основным назначением любых целиков является предотвращение развития недопустимых деформаций в массиве окружающих пород и предотвращение увеличения размеров зон разрушения. В зависимости от того, для охраны каких объектов они предназначены и каковы сроки их существования, целики подразделяют на несколько видов.

Целики, предназначенные для охраны сооружений поверхностного комплекса рудников от вредного влияния очистных работ, называют **предохранительными**, срок их службы составляет обычно несколько десятилетий и часто совпадает с общим сроком эксплуатации горнорудного предприятия.

Для охраны капитальных вскрывающих выработок (стволов, штолен, штреков или квершлагов) оставляют соответствующие **охранные целики** (околоствольные, околоштольневые и т. д.). Срок их службы также весьмаителен и, как и в первом случае, может достигать нескольких десятков лет.

Для поддержания очистных пространств, предохранения подготовительных выработок, а также для исключения влияния очистных работ на соседних участках оставляют **опорные целики**. Это наиболее массовый вид целиков, срок их существования обычно составляет несколько лет, т. е. соизмерим с периодом отработки отдельных участков, блоков или камер.

В отличие от предохранительных и охранных целиков, опорные целики фактически являются несущими конструкциями, они должны оставаться для поддержания от обрушения части или всего массива, подработанного очистными выработками в случае, если обнажение горных пород в кровле превышает предельно допустимую величину.

Если целики сложены достаточно прочными упругими породами и деформируются вплоть до разрушения с проявлением лишь упругих деформаций, но при этом имеют неполное сцепление по своим основаниям с массивом пород в почве и кровле выработок вследствие слабых контактов между рудной залежью и вмещающими породами, то обычно их рассматривают как лимитирующий (слабейший) элемент.

В подобных случаях нахождение оптимальных параметров системы разработки необходимо начинать с определения несущей способности целиков, производя расчет на прочность по разрушающим нагрузкам.

При этом схема расчётов выглядит следующим образом:

1. Определение нагрузки на целик. С этой целью при определённых предположениях определяется вес массива вышележащих пород, который приходится на один целик.

2. По величине нагрузки и площади поперечного сечения целика определяются величины действующих напряжений.

3. Величины действующих напряжений сравниваются с пределом прочности пород, слагающих целик.

4. С учётом коэффициента запаса делается вывод об устойчивости и работоспособности целика.

Если целики разные (так чаще бывает на практике), то у более жестких целиков  $K_h > 1$ , а у менее жестких (более податливых)  $K_h < 1$ , даже в условиях полной подработки налегающей толщи.

Очень важным фактором при распределении нагрузок на целики является соотношения модулей упругости вмещающих пород и руды. В тех случаях, когда массив вмещающих пород обладает существенно большей жесткостью, чем полезное ископаемое, средняя нагруженность целиков может составлять 10÷30% от полного веса пород до поверхности. Это связано с малой величиной прогиба «жесткой» толщи покрывающих пород на контуре выработанного пространства. В условиях, когда вмещающая толща имеет существенно более низкие упругие свойства («мягкая» толща), чем полезное ископаемое,

средняя нагруженность целиков может увеличиться до 70÷90%, приближаясь полному весу столба пород до поверхности.

В качестве примера рассмотрим опыт поддержания выработанного пространства целиками на рудниках Жезказганского месторождения.

При разработке перекрывающихся в плане залежей на расположение целиков накладывается еще одно ограничение: при малой мощности породного междупластия (меньше 30 м) **МКЦ на перекрывающихся залежах должны быть соосны** (т.е. оси целиков должны располагаться по одной вертикальной линии). Это требование выполняется, если принять для всех перекрывающихся залежей единый размер сетки целиков. Поэтому и в настоящее время при разработке перекрывающихся залежей МКЦ оставляют по сетке 20×20 м. На одиночных залежах сетка целиков может быть расширена до  $(l + d)$ , где  $l$  – устойчивый пролет камеры в свету (15 м или 12 м в зависимости от типа пород кровли);  $d$  – диаметр МКЦ.

Для расчета размеров целиков в условиях негоризонтального залегания рудных залежей необходимо учитывать не только вертикальное давление вышележащих пород на целик, но и нормальное давление пород висячего бока. В зависимости от того, какое давление преобладает, расчет параметров устойчивых целиков производят исходя из вертикальных или горизонтальных нагрузок.

Во всех рассмотренных методах расчетов целиков вследствие недостаточной изученности процессов нарушения их устойчивости необходимо задавать значение коэффициента запаса прочности. Для целиков его обычно принимают в пределах от 2 до 7, а в отдельных случаях и более в зависимости от строения и структуры пород в целике, степени изученности их свойств, условий работы целиков и др.

В классе систем разработки месторождений полезных ископаемых с искусственным поддержанием выработанного пространства выделяются группы систем:

- с закладкой выработанного пространства;
- с магазинированием;
- с креплением очистного пространства.

Все указанные системы относительно дороги, но при правильной технологии и оптимизированных параметрах обеспечивают малые потери и разубоживание полезного ископаемого.

Системы применяются в сложных горно-геологических условиях, при разработке ценных полезных ископаемых и в случаях, когда необходимо предотвращать или минимизировать вредные влияния подземной разработки на опасные или важные народнохозяйственные объекты.

В качестве закладочного материала используются дробленые горные породы, хвосты обогатительных фабрик, шлаки металлургических заводов или зола тепловых электростанций, твердеющие или бетонные смеси, песок, глина и др. Отдельные компоненты, закладочных смесей могут быть несвязанными между собою ним скрепленными вяжущими материалами (твердеющая закладка).

Для повышения плотности создаваемого искусственного массива специально подбираются крупность кусков и фракционный состав смесей.

Все методы закладки выработанного пространства делятся в зависимости от способа транспортирования закладочного материала до места его укладки (самотечная, механическая, пневматическая, гидравлическая).

**Самотечная закладка** применяется при разработке крутопадающих месторождений, когда закладочный материал может размещаться в выработанном пространстве под действием собственной силы тяжести. Для достижения высокой плотности закладочного массива рекомендуется принимать максимальный размер куска не более 250-300 мм, при этом содержание мелких частиц должна быть до 10-15%, а фракция от 0 до 20 мм - до 30%. Содержание глинистых пород не должно превышать 20%. Для снижения пылеобразования и увеличения плотности укладки закладочную смесь увлажняют. При

мелкокусковом материале усадка достигает 15-25 %. При крупнокусковом — до 30-40 %. Поэтому требуется периодическая дозакладка камер.

При **механическом способе** закладки применяются специальные метательные закладочные машины, скреперные установки, конвейеры, самоходные машины. В качестве закладочных материалов используются различные сыпучие материалы с размером кусков до 80-100 мм (при метательных машинах) и до 250-300 мм (при других способах доставки). Усадка закладочного массива в первом случае составляет 20-30%, а в других - до 30-40%.

Для **пневматической закладки** требуются более мелкие дробленые материалы с размером частиц до 30-40 мм и содержанием глины не более 10-15%. Доставка и размещение закладочного материала в выработанном пространстве производится за счет энергии струи сжатого воздуха. Значительная скорость движении частиц материала (до 30-40 м/с) обеспечивает более высокую плотность укладки (усадка составляет 10-15%), особенно при увлажнении материала.

Твердеющая закладка применяется для создания монолитных искусственных целиков (столбов), ограждающих подпорных стенок, перемычек, искусственных массивов.

Твердеющие закладочные смеси включают вяжущие материалы, инертные заполнители, воду и пластификаторы. В качестве вяжущего наиболее часто применяются различные цементы (шлаковые, пущцолановые и портландцемент) в чистом виде или как активизирующие добавки к другим более слабым вяжущим материалам. Портландцемент и шлакопортландцемент в своем составе имеют  $CaO$ ,  $SiO_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_5$ ,  $MgO$ ,  $SO_3$ , (в различных сочетаниях), схватываются в течение 6-12 ч. и через 28 сут. набирают прочность при сжатии от 3 до 4 МПа.

На прочность искусственного массива большое влияние оказывает плотность укладки, т.е. заполнение промежутков между крупными кусками мелкозернистым инертным материалом и вяжущим.

Наиболее часто в качестве заполнителей, кроме дробленых горных пород, применяются пески с примесью глины в объеме - 5-10%, которая выполняет роль пластификатора. Считается, что наиболее строгим требованиям отвечает крупный песок, в котором не менее 20-35% зерен имеют размер 0.30-0.15 мм, что обеспечивает наиболее полное заполнение пустот между крупными фракциями и, следовательно, сокращает расход вяжущего.

В качестве дробленых горных пород наиболее широко используются породы отвалов. Прочность этих пород обычно выше нормативной прочности искусственных закладочных массивов, а гранулометрический состав включает большой объем (40-60%) фракций крупностью менее 40 мм, которые могут быть сразу использованы для приготовления закладочных материалов без дополнительного дробления. Очень важно, чтобы они не были склонны к самовозгоранию и не содержали большого количества глины (не более 20%).

Хвосты обогатительных фабрик содержат различные минералы (кварц, полевой шпат и др.) и состоят из частиц размером от 0,1 до 2,0 мм. Перед смешиванием с другими компонентами их обезвоживают и отделяют от флотореагентов. Шлаки металлургических заводов могут применяться в смеси с песком и дроблеными породами.

Для закладочных материалов прочностью от 1,0 до 5,0 МПа соотношение между цементом и инертным заполнителем, соответственно изменяется от 1:30 до 1:5.