

**УДК 69.059.3**

Углиница А.В., профессор кафедры строительного производства  
и экспертизы недвижимости

Санталова Т.Н., доцент кафедры строительного производства  
и экспертизы недвижимости

## **О ВЫБОРЕ СПОСОБА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАКЛАДКИ ПРОСТРАНСТВА ЛИКВИДИРУЕМЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Ликвидация отработавших свой жизненный срок заглубленных в грунт и подземных сооружений – сложный, комплексный процесс, при котором возникает целый ряд геоэкологических проблем. К таким проблемам относятся: оседание земной поверхности вследствие оставления выработанного пространства; подтопление территорий; возможность прорыва подземных вод в соседние, действующие подземные сооружения; наличие гидравлической связи между водоносными горизонтами; выделение вредных газов и выход их на дневную поверхность; возможность возникновения эндогенных пожаров; проблемы с поверхностным комплексом зданий и сооружений, расположенных вблизи и непосредственно над подземным сооружением. Для предотвращения негативных последствий ликвидации подземных сооружений производят закладку их пространства искусственным техногенным массивом.

В настоящее время известно нескольких способов возведения искусственного закладочного массива ликвидируемого подземного сооружения. В таблице приведена классификация видов и способов возведения закладки пространства подземных сооружений, которая наиболее полно охватывает существующие в настоящее время технические и технологические решения [1].

Таблица  
Классификация видов и способов возведения закладки

Виды закладки	Способы возведения
1. Твердеющая закладка	Литой Инъекционный Полураздельный Гидрозакладочный с вяжущей добавкой
2. Ледяная закладка	Собственно ледяной  Ледяной с песком  Дробленной породой и т. д.
3. Блочная закладка	
4. Сыпучая закладка	Гидравлический
5. Сухая закладка	Самотечный  Механический  Пневматический

При литом способе возведения твердеющей закладки закладочная смесь содержит воду, мелкозернистый наполнитель (песок) и вяжущее. Состав смеси подбирают так, чтобы обеспечивалась необходимая прочность закладки, ее экономичность и транспортабельность самотеком по трубам на значительное расстояние по горизонтали за счет статического напора или с использованием энергии сжатого воздуха. Особенность смеси – ее консистенция, которая подбирается таким образом, чтобы заполнитель находился во взвешенном состоянии в несущей среде (вязущем растворе). Минимальный расход воды позволяет сократить содержание вяжущего – наиболее дорогостоящего компонента [2].

Достоинство способа – высокое качество закладочного массива. Недостатки – значительная стоимость закладочных смесей; большие затраты на дополнительное дробление породы; при транспортировании бетонной смеси в контейнерах, автосамосвалах или вагонетках смесь может расслоиться и ее качество ухудшиться, при транспортировании по трубам часто образуются пробки, на ликвидацию которых уходит много времени; при сбрасывании бетонной смеси в камеру с большой высоты происходит ее расслоение и сегрегация по крупности, что отрицательно сказывается на прочности получаемого массива; сложная технология приготовления смеси на специальных установках [1, 3, 4, 8].

Инъекционный способ возведения твердеющей закладки заключается в подаче по трубам с поверхности вяжущего раствора в выработанное пространство, предварительно заполненное дробленным камнем, поэтому размеры кусков практически неограничены. Раствор проникает в пустоты между кусками породы и превращает ее в монолит определенной, заранее назначенной прочности.

Достоинства способа – более благоприятные условия трубопроводного транспортирования пульпы, возможность использования для закладки вскрышной породы из шахтных отвалов без дополнительного дробления. При этом снижается расход вяжущего на 1 м<sup>3</sup> бетона за счет уменьшения пустотности и увеличения крупности заполнителя, обеспечивается получение прочного, с малой усадкой и достаточно водонепроницаемого бетона, снижается вероятность образования трещин за счет усадки сухой закладки до ввода в нее цементного раствора, транспортировка готовой бетонной смеси заменяется раздельной доставкой крупного заполнителя и раствора, упрощается работа смесительных машин, необходимых только для приготовления раствора [4].

Недостатки – сложность управления распределением вяжущего раствора в сыпучей среде и, как следствие, неравномерная прочность участков закладочного массива.

Полураздельный способ возведения твердеющей закладки требует две технологические линии. Первая – для приготовления вяжущего раствора и транспортирования его по трубам до закладываемого пространства. Вторая – для подготовки и транспортирования заполнителя конвейерами, автосамосвалами, погрузочно-доставочными машинами. Смешивание материалов выполняется перед их подачей (или во время) в закладываемое пространство путем соединения транспортных трубопроводов до заполняемого пространства или непосредственно при сбрасывании их в закладываемое пространство [6].

Достоинства способа – использование крупнокускового закладочного материала (отвальной вскрышной породы породы), экономия вяжущего раствора и снижение затрат на подготовку заполнителя (его дробление). Недостатки – двойная система транспортирования закладочных материалов – раствора и заполнителя, низкое качество их перемешивания.

Гидрозакладочный способ возведения твердеющей закладки отличается от обычной гидрозакладки тем, что к заполнителю добавляют связующее в соотношении от 1 : 2 до 1 : 30 по массе, в зависимости от нормативной прочности искусственного массива. Заполнитель транспортируется потоком воды, скорость которого должна превышать критическую величину во избежание закупорки труб. Плотность пульпы соответствует 70 % твердого вещества по массе, удельный расход воды 600–700 л/м<sup>3</sup>. Избыток

воды необходимо удалять из закладываемого пространства путем ее фильтрации через дренажные устройства. Режим подачи смеси – непрерывный.

Достоинства способа – возможность использования отходов обогащения горных предприятий после неполного обезвоживания, что сокращает затраты на подготовку, а также расход крупного заполнителя (20–40 мм и более) [6].

Условия применения способа – грунты или боковые породы, характеризующиеся высокими фильтрационными свойствами, облегчающие удаление избыточной воды из закладываемого пространства [7].

Ледяная закладка возводится методом послойного намораживания одного льда (собственно ледяной способ) или льда с заполнителем (в виде песка или дробленого камня) путем подачи закладочного материала и холодного атмосферного воздуха.

Достоинство ледяной закладки – невысокая стоимость. Недостаток – снижение несущей способности при длительном нагружении (почти в два раза). Армирование льда дробленой породой ускоряет процесс намораживания и повышает прочность закладочного массива.

Ледяная закладка основана на использовании холодного атмосферного воздуха, нагнетаемого в закладочное пространство вентиляторами. Обычную закладку применять в таких условиях не всегда возможно вследствие опасности ее смерзания и прекращения процессов гидролиза и гидратации, особенно в приконтактных зонах с боковыми грунтами или.

Блочная закладка состоит из каменных блоков различного размера, скрепленных вяжущим раствором (аналогично кирпичной кладке). Ее достоинства – сокращенный до минимума расход воды, и как следствие, исключение замачивания боковых грунтов или пород закладываемого пространства. Недостаток – сложность механизации работ.

Блочная закладка применяется в сочетании с сыпучей закладкой. Блоками заполняют только боковые поверхности закладываемого пространства для повышения их прочности, а в оставшуюся часть пространства подают сыпучую закладку [6].

Сыпучая закладка основана на подаче сухого заполнителя в закладываемое пространство различными способами: механическим, гидротранспортом и др. с последующим проливом уложенных слоев раствором вяжущего или его инъекционным упрочнением вяжущим. Достоинства способа – высокая степень механизации, малая трудоемкость работ, обеспечение подачи закладочного материала в закладываемое пространство с поверхности по трубопроводам значительной протяженности, высокая производительность закладочных работ, высокая плотность закладочного массива (при мелкозернистых материалах), возможность надежной изоляции заложенного пространства от проникновения воздуха.

Недостатки – подача в закладываемое пространство большого количества воды, повышенные требования к закладочным материалам, особенно к их крупности, и наличию примеси глинистых частиц.

Сухая закладка включает самотечный, механический и пневматический способы возведения.

Самотечная закладка. Достоинства – невысокие затраты на работы, небольшое количество применяемого оборудования, что позволяет организовать производство закладочных работ в короткие сроки с небольшими капитальными затратами, сравнительно нежесткие требования к закладочному материалу. Недостатки – низкая плотность заполнения массива.

Механическая закладка. Достоинства – небольшая энергоемкость и полнота заполнения выработанного пространства (для метательных машин) и простота оборудования, возможность применения кусковых материалов, в том числе скальных пород, и небольшая энергоемкость (для скреперов). Недостатки – небольшая дальность метания, большой износ резиновой ленты, значительное пылеобразование, а также громоздкость применяемого оборудования (для метательных машин) и небольшая производительность, недостаточная плотность закладочного массива и необходимость ручной закладки последнего (верхнего) слоя, а также частично закладываемого пространства в каждом слое на контакте с боковыми грунтами или породами (для скреперов).

Пневматическая закладка. Достоинства – простота возведения закладочного массива, возможность его возведения почти под кровлю закладываемого пространства, благоприятные условия для комплексной механизации и автоматизации работ. Недостатки – высокий расход энергии, повышенные требования к качеству закладочного материала, высокие капиталовложения на закладочное и силовое оборудование, быстрый износ трубопроводов, значительное пылеобразование.

Выбор способа закладки при разработке проекта ликвидации пространства подземных сооружений определяется с учетом комплексного анализа грунтовых, горно-геологических и гидрогеологических условий залегания ликвидируемого подземного сооружения, инфраструктуры расположенных над сооружением на поверхности земли объектов недвижимости.

Правильный выбор способа закладки пространства подземного сооружения искусственным техногенным массивом позволит предотвратить негативные последствия его ликвидации и обеспечить экологическую безопасность прилегающих к ликвидируемому подземному сооружению территорий.

### Список литературы

1. Агапов, А. Е. О ходе ликвидации особо убыточных шахт и разрезов угольной промышленности // Уголь. – 2003. – № 3. – С. 7–11.
2. Основы технологии подземной разработки месторождений с закладкой / отв. ред. проф., д-р техн. наук А. Ф. Назарчик. – М. : Наука, 1973. – 200 с.
3. Краткий справочник горного инженера угольной шахты / под общ. ред. А. С. Бурчакова и Ф. Ф. Кузюкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1982. – 454 с.
4. Применение систем разработки с твердеющей и бетонной закладкой выработанного пространства : сб. ст. / ред. Н. С. Мурашова. – М., 1967. – 168 с.
5. Технология добычи руд с твердеющей закладкой / О. А. Байконуров [и др.]. – М. : Недра, 1979. – 152 с.
6. Рыжков, Ю. А. Механика и технология формирования закладочных массивов / Ю. А. Рыжков, А. П. Волков, В. А. Гоголин. – М. : Недра, 1985. – 191 с.
7. Рыжков, Ю. А. Механика и технология формирования закладочных массивов / Ю. А. Рыжков, А. П. Волков, В. А. Гоголин. – М. : Недра, 1985. – 191 с.
8. Курнаков, В. А. Обоснование способов закладки наклонных стволов закрываемых угольных шахт Восточного Донбасса : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Тул. гос. ун-т. – Тула, 2001. – 17 с.