

УДК 622.271

**Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко**

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКЛАДКИ  
ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ  
РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ\***

*Создание достаточно простых закладочных комплексов модульного типа на основе нового оборудования для дезинтеграции и перемешивания компонентов смеси, характеризующегося низкой материалоемкостью, способного работать как на поверхности, так и в подземных условиях, позволяет в достаточно короткие сроки вводить в эксплуатацию и отрабатывать основные запасы месторождений, отдаленные участки, малые месторождения и их группы с последующим переносом комплекса закладочного оборудования на другие рудные залежи. Все это придает новое качество комплексному освоению месторождений полезных ископаемых в его современном понимании.*

*Ключевые слова: модульный закладочный комплекс, твердеющая закладочная смесь.*

---

**С**пецифические горно-геологические, гидрогеологические, горнотехнические условия разработки месторождений цветных, редких, благородных металлов, ценность руд, склонность их к самовозгоранию определяют необходимость применения систем разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства. На каждый миллион тонн полезных ископаемых, добытых подземным способом, образуется около 300 тыс. м<sup>3</sup> пустот, требующих закладки. При этом, на 1 м<sup>3</sup> извлеченной рудной массы в выработанном подземном пространстве необходимо разместить 1 м<sup>3</sup> твердеющей закладочной смеси. Следовательно, масштабы закладочных работ по объему выпуска продукции (закладочной смеси) сопоставимы с добычными работами, равно как и по экономическим затратам на технологические процессы.

Известно, что затраты на закладку достигают трети себестоимости продукции горных предприятий. Для получения заполнителя закладочной смеси часто требуется добыча скальных пород или песка, переработка отвалов пустых пород, высокая стоимость вяжущих, преимущественно, дорогостоящего привозного цемента. Стационарные закладочные комплексы представляют собой, по сути, крупные бетонные заводы по производству твердеющей закладочной смеси. Высокая капиталоемкость производства и затраты на его строительство и последующую эксплуатацию не позволяют вовлечь в разработку многие промышленно-значимые месторождения России с низкой ценностью сырья или малыми запасами в силу ряда причин:

- высокие капитальные затраты на строительство комплексов приготовления твердеющей закладочной смеси;

---

\*Работа выполняется в рамках государственного контракта № 16.525.12.5001



**Рис. 1. Деформации выработок подземного рудника и дневной поверхности вследствие несвоевременного заложения выработанного подземного пространства**

- высокая энергоемкость закладочного производства, связанная с необходимостью стадийного дробления крупнокусковых наполнителей и мельничного помола компонентов смеси;

- значительный расход дорогостоящих вяжущих (цемента, шлака, зол и т.п.) и наполнителей;

- необходимость транспортирования закладочных смесей на значительные расстояния и решения связанных с этим вопросом сооружения

сложных транспортных коммуникаций, обеспечения стабильного гранулометрического состава, в том числе, по тонким фракциям для исключения расслаиваемости закладочной смеси и многим другим;

- высокая фондо- и материалоемкость закладочных комплексов.

В силу указанных выше экономических факторов на разрабатываемых месторождениях накопились значительные объемы пустот, развиваются деформации висящего массива и провалы поверхности, что влечет повышенную опасность работ (рис. 1, а, б).

Новым направлением в разработке рудных месторождений с твердеющей закладкой является создание закладочных комплексов модульного типа, способных работать как на поверхности, так и в карьере и в подземных выработках. Такие комплексы, состоящие из легко транспортируемых сборно-разборных технологических узлов, включают:

- модуль подготовки вяжущего, модули дезинтеграции наполнителей и механоактивации компонентов смеси, модуль приготовления и поризации закладочной смеси, модули транспортирования закладочных смесей до выработанных пространств и формирования в них закладочного массива; модули водоотведения и очистки технологических вод, а также вспомогательные узлы и коммуникации (рис. 2).



**Рис. 2. Структурная схема закладочного комплекса модульного типа**

Система управления качеством компонентов закладочной смеси обеспечивает стабильную подачу материалов на закладочный комплекс, обеспечивает бесперебойное дозирование каждого компонента в технологический процесс. Модули подготовки компонентов смеси представляют собой набор энергосберегающих дезинтегрирующих агрегатов, предназначенных для доведения компонентов закладочной смеси до требуемой по условиям транспортабельности и удобоукладываемости крупности. Причем, если в традиционном испол-

нении технологический узел «стадиальное дробление - помол» является весьма энергоемким и суммарная установленная мощность закладочных комплексов такого типа превышает 1500 кВт, то в модульном комплексе она составляет, в зависимости от производительности комплекса от 600 до 1000 кВт. То есть установленная мощность оборудования сокращается не менее, чем в 1,5 раза. При этом исключается необходимость использования мощных дробильных агрегатов и шаровых мельниц, являющихся одним из наиболее энерго-

и материалоемкими, требующих создание мощных фундаментов и характеризующихся значительными размерами, массой и стоимостью. Модуль транспортирования закладочной смеси в зависимости от исполнения закладочного комплекса (поверхностный или подземный), обеспечивает бесперебойную подачу смеси в выработанное подземное пространство.

В целом, при использовании модульных закладочных комплексов существенно упрощается схема закладочного комплекса с применением в нем экономичного, облегченного оборудования, что позволяет сократить капитальные затраты на строительство закладочных комплексов в разы.

При эксплуатации модульного закладочного комплекса на поверхности его размещение выбирается исходя из условия минимального расстояния транспортирования смеси на краткосрочную перспективу отработки рудных залежей (или участков месторождения). Это связано с реальной возможностью переноса комплекса вслед за перемещением фронта закладочных работ в пределах шахтного поля.

Отдельного внимания заслуживает перспектива применения закладочных комплексов модульного типа при комбинированной открыто-подземной разработке месторождений. Зачастую при совмещении открытых и подземных горных работ на рудниках возникает необходимость возведения искусственных потолочин для изоляции подземного рудника от выработанного пространства карьера, отработки прибортовых запасов с сохранением стабильной геомеханической ситуации. Подобные закладочные работы характеризуются, как правило, относительно небольшим объемом и сроками закладки. В этой связи именно применение модульных закладочных

установок позволяет эффективно осуществить переход от открытых горных работ к подземным, без изъятия производственных мощностей стационарных закладочных комплексов.

Следует отметить, что для эффективного управления состоянием подрабатываемого массива горных пород закладка выработанного пространства должна быть своевременной и возводится сразу после извлечения запасов полезных ископаемых. Из практики горных работ известно, что, зачастую, сроки закладочных работ существенно отстают от очистной выемки. Это вызвано рядом факторов, основным из которых является нехватка производственных мощностей стационарного закладочного комплекса. В этой связи, закладка выработанного пространства с применением модульных комплексов, является эффективным своевременным способом управления состоянием массива. Процесс закладки должен быть неотъемлемой и неразрывной частью производственного цикла добычи, органично вписывающимся в процесс комплексного освоения месторождения.

При эксплуатации модульного закладочного комплекса в подземных условиях особенностями производства закладочных работ является существенно упрощенная технология транспортирования закладочной смеси. Ввиду небольших расстояний перемещения смеси до закладываемых камер на предприятии могут быть пересмотрены требования по выдержанному гранулометрическому составу, содержанию пластифицирующих добавок, флегматизаторов схватывания и т.д. Другим фактором, обуславливающим изменения требований к гранулометрическому составу, является возможность размещения закла-

дочного комплекса модульного типа непосредственно на эксплуатационных горизонтах над выработанным подземным пространством, что качественно изменяет условия транспортирования смеси.

Весьма перспективным представляется применение модульных закладочных комплексов при освоении малых месторождений. В России в настоящее время такие месторождения практически не разрабатываются. Вместе с тем, в последние 20 лет в зарубежных странах разработке маломасштабных месторождений уделяется значительное внимание - на их долю приходится 84 % действующих горных предприятий (доля в суммарном объеме добычи - около 20 %). Несомненно, что в ближайшей перспективе тенденция увеличения доли вовлекаемых в разработку малых месторождений будет наблюдаться и в России.

Основная причина такого явления - быстрое вовлечение малых месторождений в эксплуатацию и краткие сроки получения прибыли при минимальных затратах. В настоящее время только на Южном Урале (Челябинская, Оренбургская области, Республика Башкортостан) насчитывается, по различным оценкам до 500 мелких медных и медно-колчеданных месторождений. К таковым относятся месторождения Баймакской группы золото-медно-цинковых Таш-Тау, Балта-Тау, Майское, Восточно-Семеновское, Таш-Тау, Спасосерное, Арамилское. Чаусовское, Абатуровское, Северо-Калугенское, Кушайское, Ново-Меднорудянского, Меземское, Шуралинское, Хабунажское, Уткинское, Восточно-Кушайское, Северное. В Сибири только в южной, хорошо изученной части Забайкалья выявлено 2453 точки минерализации, 1899 — рудопроявлений и 227 мелких руд-

ных месторождений, из них по золоту — 48; свинцу — 36; олову, вольфраму и флюориту — по 28; молибдену — 20; бериллию — 10; сурьме — 9; цинку — 6; железу и ртути — по 3.

Разработка таких месторождений нерентабельна в большей части, из-за необходимости применения систем разработки с закладкой выработанного пространства и связанных с этим высоких капитальных и эксплуатационных затрат. Эта проблема решается в случае применения модульных закладочных комплексов, характеризующихся низкой материалоемкостью, простотой в эксплуатации и возможностью переноса на другие месторождения.

Внедрение закладочных комплексов модульного типа позволяет также вовлечь в разработку перспективные месторождения, характеризующиеся низким качеством руд. Разработка этих месторождений в достаточно сложных горно-геологических условиях в настоящее время сдерживается высокой стоимостью закладочных работ и низкой интенсивностью отработки месторождений. К таким месторождениям относятся железорудные месторождения Горной Шории, КМА, Кольского полуострова.

Весьма перспективно применение модульных закладочных комплексов при освоении подземного пространства мегаполисов, особенно, когда возникает необходимость в кратчайшие сроки ликвидировать пустоты, заполнить провалы и предотвратить дальнейшее развитие деформаций.

Создание достаточно простых закладочных комплексов модульного типа на основе нового оборудования для деинтеграции и перемешивания компонентов смеси, характеризующегося низкой материалоемкостью, способного работать как на поверхности, так и в подземных условиях, позволяет в дос-

таточно короткие сроки вводить в эксплуатацию и отрабатывать малые месторождения с последующим переносом комплекса закладочного оборудования на другие рудные залежи.

Внедрение в практику проектирования горных предприятий, осуществляющих разработку рудных месторождений подземным способом, модульных закладочных комплексов позволит:

- вовлечь в разработку месторождения с низким содержанием ценных компонентов, которые в настоящее время не могут быть рентабельно освоены системами разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства;

- отработать отдаленные локальные рудные тела в пределах шахтного поля;

- осваивать малые месторождения и их группы и т.п.;

- возводить специальные конструкции (перемычки, потолочины), отрабатывать выклинки рудных залежей, отдельные участки, расположенные в бортах и основании карьеров, в частности, при комбинированной открыто-подземной разработке;

- существенно экономить электроэнергию на подготовку компонентов закладочной смеси;

- снизить расход вяжущих за счет включения в цикл подготовки наполнителей закладочных смесей процесса активации минеральных компонентов;

- в краткие сроки ликвидировать подземные пустоты, провалы и деформации земной поверхности как при разработке рудных месторождений, так и при освоении подземного пространства мегаполисов;

- сократить травматизм и обеспечить безопасность подземных горных работ.

В современных условиях комплексное освоение недр немыслимо без своевременного эффективного использования выработанных пространств, в том числе, для размещения отходов горно-перерабатывающих производств в виде закладочных материалов. Учитывая указанные преимущества, создание закладочных комплексов модульного типа следует рассматривать как новое направление комплексного освоения рудных месторождений, способствующее существенному расширению минерально-сырьевой базы горной промышленности России, энергоэффективности и ресурсосбережению и решению ряда социальных проблем. **ГИАБ**

## **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

---

*Каплунов Давид Родионович* – чл-корр. РАН, зав. отделом,

*Рыльникова Марина Владимировна* — профессор, доктор технических наук, главный научный сотрудник,

*Радченко Д.Н.* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Институт проблем комплексного освоения недр (УРАН ИПКОН РАН), info@ipkonran.ru

