

УДК 622.235:622.013.65:12.23

В.М. Закалинский

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Рассмотрены вопросы развития взрывных технологий и связанная с ними перспектива горных технологий при разработке месторождения полезных ископаемых.

Ключевые слова: простейшее взрывчатое вещество, сближенные и концентрированные заряды, горная порода, взрывотехнология, горные технологии, масштаб отбойки, зарядные машины, конструкция заряда, предразрушение.

Мировая практика горнодобывающих и перерабатывающих предприятий указывает на то, что современные технические и технологические возможности практически не сдерживают освоение недр по объемам и условиям извлечения из горных пород и переработки полезных ископаемых. Так, наибольшая глубина разработки месторождений в отдельных случаях превышает 3 км, а интенсивность горных работ — 150...200 млн. т в год. Ограничения имеют, как правило, иной характер — экономический и экологический. Геотехнологии с применением взрывных работ в сравнении с другими технологичными производственными процессами характеризуются рядом специфических черт, в том числе имеющих принципиальное значение. В связи с тем, что доля буровзрывных работ при очистной выемке достигает 30 %, интерес вызывает актуальный аспект, связанный с обстановкой с давно назревшей модернизацией, когда технологическая практика на горных предприятиях традиционно складывается десятилетиями, требует длительного времени и больших долгосрочных инвестиций. В этих условиях изысканию новых способов разрушения массивов горных пород и перспективных взрывных технологий

(взрывотехнологий) должны предшествовать формирование идеологии, анализ существующих способов, выявление новизны в постановке цели. Проблема разработки новых способов и приемов взрывного разрушения требует новых идей и подходов, определяющих, в конечном счете, появление новых направлений развития геотехнологий с массовым обрушением массивов горных пород [1].

Изучению и анализу подлежат известные способы разрушения, их физико-химические и технические аспекты. Необходимо понять причины и механизмы практически массовых отрицательных результатов внедрения различных технических идей и начинаний по разрушению горных пород в технологически значимых масштабах добычи полезных ископаемых, за исключением взрывного и двух- трех некоторых других способов.

В литературных источниках представлены идеи и примеры различных способов разрушения горных пород без применения взрывчатых веществ — от реальных до фантастических. Так, предлагалось добычу твердых полезных ископаемых производить на основе разрушения их ультразвуком в порошковое состояние с последующей выдачей на поверхность путем откачки. Главной проблемой здесь

является огромный расход электроэнергии на диспергирование твердых пород, учитывая, что экономичных приборов по превращению электрической и механической энергии в ультразвук еще нет. Был опыт применения авиационных турбореактивных двигателей для проходки штреков в особо твердых грунтах и в сжатые сроки. Вытекающие из сопла двигателя газы кальцинируют твердую породу, превращая ее в пыль, которая с помощью пневмоустройства удаляется на поверхность. Известны работы по использованию плазменных горелок для бурения горных пород, токов высокой частоты по их разрушению. Возможна электромагнитная погрузка и доставка железной руды с магнитными свойствами. До сих пор не исключено решение проблемы получения дешевой электроэнергии в результате управляемого термоядерного синтеза. Это откроет исключительно широкие горизонты для применения энергоемких электрофизических и электрохимических процессов в горной и металлургической промышленности. Возрастает интерес к физико-химическим, биологическим и электрофизическим методам подземной добычи руд. Подземное выщелачивание меди и других металлов, добыча соли методом подземного растворения, методы газификации, разработка с применением ядерных взрывов, в том числе мощных некондиционных ранее месторождений — все это области поиска, конкуренции и выбора (применения) взрывных и невзрывных, традиционных и новых технологий. Открытие на дне и под дном морей и океанов больших запасов различных руд, а так же предполагаемое нахождение месторождений ценных руд на весьма больших глубинах, где постоянное пребывание людей под землей исключено, вынуждает настойчиво

искать альтернативу обычным способам добычи с большими объемами взрывных работ. Особняком стоят такие проекты, как добыча минерального сырья из вод морей и океанов, установление и извлечение на поверхность месторождений расплавленной магмы. В целом все это составляет материально-техническую основу формирования идеологии перспективных взрывных технологий, место которых при добыче полезных ископаемых в «пограничной» зоне между собственно системами разработки и «чисто» буровзрывными работами.

Под понятием «прогрессивные технологии» будем понимать конкретные технологии горных работ и системы разработки, отличающиеся наличием новизны или новых элементов принципиального характера: наличием нового способа взрывных работ, новой техники и качества горнодобывающего оборудования. Можно отметить необычную трудность данной задачи, так как новые решения в данной постановке появляются примерно раз в 20—30 лет.

Анализ невзрывных способов разрушения массивов горных пород в качестве базовых для реализации прогрессивных на их основе технологий показывает, что, несмотря на определенные успехи и революционные прорывы в развитии некоторых из них, в обозримой перспективе для разрушения крепких ($f \geq 10$) горных пород в промышленных масштабах, альтернативных взрывному способу не предвидится. Поэтому творческая мысль, по нашему мнению, должна быть продолжена в направлении развития и совершенствования наиболее удачных современных взрывных технологий путем преодоления их «узких» мест, с одной стороны, и внедрением новых результатов научных достижений в

области действия взрыва, с другой. Здесь может сыграть ключевую роль отход от традиционной парадигмы взаимодействия системы «гео – взрывотехнология», когда взрывная технология подстраивается под горную. Обратный путь позволит обнажить ситуацию, изыскать назревшие и основополагающие в достижении результатов факторы, и, в конечном счете, даст новые подходы в решении проблемы.

Некоторые из таких факторов можно указать и сегодня. Так, при подземной разработке рудных месторождений применение вееров восходящих скважин сопряжено с целым рядом отрицательных явлений и трудностей при их зарядании, которые в значительной степени преодолеваются отработкой блоков системами с вертикальным и горизонтальным бурением взрывных скважин и минимальным количеством восходящих. В этом случае, в частности, появляется возможность расширения ассортимента ВВ за счет применения современных эмульсионных ВВ. Ситуация с первостепенностью роли взрывотехнологий касается и возможностей задействовать достижения комплексной механизации и автоматизации в их производственных процессах с дистанционным и автоматическим управлением буровыми и зарядными агрегатами и механизмами. Так как в себестоимости отработки блока буровзрывные работы составляют существенную часть, переоценка проектных решений по его отработке может дать значительный экономический эффект.

За последние десятилетия мы имеем классические примеры становления «перспективных» взрывных технологий, в том числе случаи, когда последние предопределяли горные. Это достигалось появлением принципиально новых способов, приемов,

технических средств, оборудования, взрывчатых материалов, определявших структурные составляющие горного производства.

В настоящее время известный прогресс в горном деле в буровзрывной его части в последнее десятилетие связан с развитым в ИПКОН РАН новым научно-техническим направлением на базе увеличения масштаба взрывного разрушения массивов горных пород и разработки специальных конструкций зарядов. Как следствие, появились разнообразные формы его практической реализации в горнодобывающей практике. Ключевым моментом здесь является получение интегрального средства (показателя) управления действием взрыва и технологичных способов его реализации через оперативное изменение (увеличение) масштабов взрывной отбойки. Известно, что это направление оказалось эффективным в подземных условиях, где оно зародилось и получило название крупномасштабной взрывной отбойки [1]. Суть концепции состоит в расширении возможности управления энергией взрыва концентрированных скважинных зарядов. Дальнейшее развитие этого направления связано с расширением возможности управления энергией взрыва скважинных зарядов путем переноса положительного опыта подземных разработок на открытые горные работы. Это сделало возможным обозначить концептуально иные возможности управления распределением энергии взрыва в массиве разрушением высоких уступов крупномасштабными взрывами.

В перспективе реализация этого направления открывает возможность на принципиально иной технической основе на открытых разработках осуществить перевооружение буровой техники. Это позволит с помощью мобильных аг-

регатов для одновременного бурения сближенных скважин оперативно получать буровые полости любых размеров и форм.

Особняком, как принципиально важная, стоит проблема взрывчатых веществ (ВВ), являющаяся фундаментальной при освоении месторождений полезных ископаемых, как собственно в определении понятия самого взрыва, так и в части создания взрывных технологий [2]. Использование энергии взрыва, напрямую связанного с ВВ, в мировой практике в обозримом будущем остается единственным универсальным и наиболее эффективным способом разрушения крепких горных пород при массовых взрывах и проведении выработок. Львиную долю ежегодно расходуемых промышленных взрывчатых веществ поглощают взрывы в горном деле при подготовке горных пород к выемке. Взрывчатые вещества, взрывные работы, горное дело — без этих понятий невозможно представить построение технократической цивилизации, главной особенностью которой является практически полная зависимость всех ее показателей от состояния и развития минерально-сырьевого комплекса. Эта зависимость предопределила, в свое время, начало продолжающегося мощного цивилизационного скачка. Объемы ежегодной добычи вещества литосферы для использования в хозяйственных целях измеряются сотнями миллиардов тонн, большая часть которых разрушается за счет энергии превращения взрывчатых веществ (взрыва).

Развитие взрывного дела в СССР — РФ характеризуется крупными достижениями в области разработки научных основ использования энергии ВВ, что продвинуло теорию действия взрыва в среде и вывело управление действием взрывом при разра-

ботке месторождений полезных ископаемых на новый уровень. Это связано с эволюцией в развитии ВВ, и явилось мощным стимулом совершенствования буровзрывных работ в целом, повлекло создание новых способов отбойки и средств механизации тяжелых и трудоемких процессов при взрывных работах. Длительный исторический период отмечен вкладом в этом отношении ИГД им. А. А. Скочинского, ИПКОН РАН, ИГД СО РАН, ИДГ РАН и ряда других организаций СССР — РФ, следствием чего стало появление современных простейших взрывчатых составов, не содержащих взрывчатые компоненты, новые способы и технологии их эффективного применения [2]. Основная задача, связанная с созданием наименее опасных и наиболее мощных ВВ и средств их взрывания, оказалась в значительной мере выполненной.

Можно констатировать, что известный прогресс в горном деле, связанный с эволюцией развития взрывчатых веществ в направлении их простейших составов и соответствующих взрывотехнологий, явился примером их опережающего воздействия на горные технологии с изготовлением взрывчатых составов непосредственно на горных предприятиях.

Дальнейшая перспектива может быть обозначена следующим образом. Как известно, взрывчатые вещества сами по себе не представляют самоцель, а являются средством решения одной из важнейших проблем горного производства — разрушение горного массива. По своим энергетическим характеристикам современные взрывчатые вещества вполне пригодны для решения любых геотехнологических задач. Но реальные возможности управлять этой энергией напрямую зависят от конструктивных форм и

особенностей полостей, в которых они размещаются, т. е. от конструкций зарядов. Учитывая, что коэффициент полезного действия энергии ВВ до сих пор остается удручающе малым, особое значение приобретает изыскание таких конструкций, в которых проявляется и реализуются в полной мере те или иные свойства

ВВ. В этих условиях, с одной стороны, работа системы «ВВ — Конструкция заряда» позволяет выявить и максимально использовать все свойства испытываемых взрывчатых составов и их комбинаций, определиться с требованиями к ним. С другой — исследование механизма взаимодействия составляющих этой системы, включающих разнообразные комбинации взрывчатых составов и горных пород, позволит обнаружить резервы и пути конструирования новых элементов взрывотехнологий.

В этом плане, например, представляет интерес раскрытие возможностей известной конструкции пучков параллельно — сближенных скважинных зарядов, способных управлять направленностью взрыва таким образом, что достигается эффект образования заряда и волны практически любой формы, интенсивности и направленности путем варьирования геометрическими и физическими параметрами пучка [1, 3].

Эта конструкция концентрированного заряда и некоторые подобные по массе ВВ и размерам в сечении другие, привели к увеличению масштаба отбойки выемочной единицы части массива, приходящейся на один заряд, и в целом параметров отбиваемого слоя, что определило появление современной технологии крупномасштабной взрывной отбойки [3, 4]. Так, в близкой

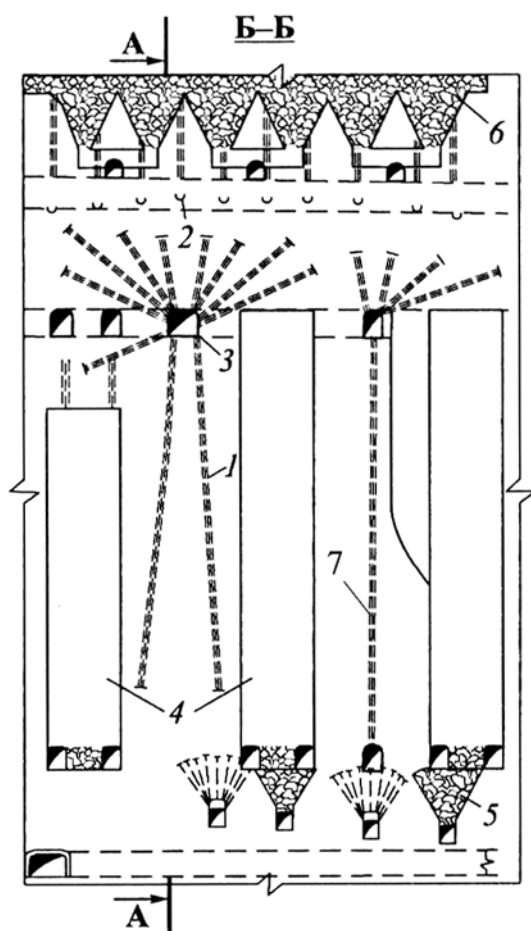


Рис. 1. Конфигурация блока системы разработки этажного принудительного обрушения при крупномасштабной отбойке на Абаканском руднике:

1 — пучки сближенных скважинных зарядов ВВ; 2 — горизонтальные параллельно-сближенные скважинные заряды ВВ; 3 — орт; 4 — компенсационные камеры; 5 — выпускные воронки; 6 — обрушенные горные породы; 7 — вертикальный концентрированный заряд ВВ

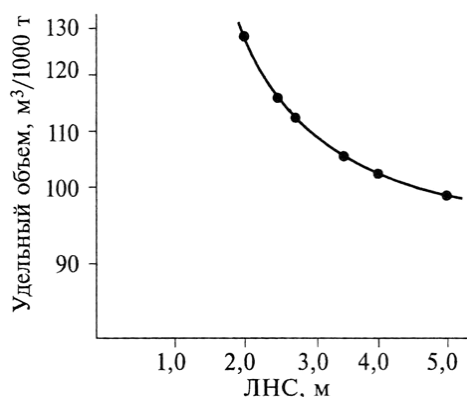


Рис. 2. Зависимость удельного объема подготовительно-нарезных выработок от линии наименьшего сопротивления

к цилиндрической полости одной из конструкций такого заряда (вертикального концентрированного заряда) — ВКЗ — с диаметром в среднем около одного метра, экономично применять дешевые простейшие ВВ и проще обеспечить защиту от воды, и, следовательно, применять неводостойкие составы.

В стоимостном выражении один такой заряд массой 25—30 т ВВ, отбивающий горный массив высотой 50 м, позволяет сэкономить 500—600 тыс. рублей. Кроме того, преодолевается один из главных недостатков, связанный с маломасштабностью взрывных работ и заключающийся в следующем. При обычной мелко- и среднемасштабной отбойках диаметром взрывных скважин до 100 мм, а ЛНС до 4 м на подземных и соответственно до 300 мм и до 12 м на открытых работах, чтобы обеспечить требуемую производительность рудника, требуется очень большое количество скважин и взрывааемых рядов. В результате резко усложняется производство взрывных работ из-за необходимости и трудоемкости заряжания большого количества скважин малого

диаметра, контроля за состоянием ВВ в их большом количестве. Велика вероятность отказов из-за наличия множества электродетонаторов с возможностью неноминального разброса по времени их срабатывания, сложности монтажа взрывной сети, возможности смещения в подземных условиях одной части скважины малого диаметра относительно другой при напряженном состоянии горного массива и его склонности к горным ударам.

Крупномасштабная отбойка является еще одним примером опережающего влияния взрывотехнологии на горную и инициирования новых результатов. Дело в том, что для качественного дробления больших объемов разнообразных по типу руд и условиям взрывания массивов горных пород с большими ЛНС, осуществляемого концентрированными зарядами специальных конструкций с короткозамедленным взрыванием, необходимы новые знания в области в области действия взрыва. Это требует исследований в системе «ВВ — конструкция заряда — горная порода» с углублением в иерархическую структуру горного массива на микро- и наноуровнях, отслеживания развития микродефектов и механизма залечивания трещин, изучения условий проявления эффекта предразрушения и его использования при таких взрывах. Необходим учет разноуровневых проявлений дискретности горного массива, его структуры, свойств и напряженно-деформированного состояния, их остаточной прочности. Такой подход (идеология) определит элементы новых взрывотехнологий и конструктивно-технологические параметры систем разработки. Пример этого направления показан на рис. 1, когда применение пучковых сближенных и концентрированных зарядов ВВ, более эффективно распреде-

ля энергию взрыва в неравномерно напряженных массивах горных пород, повлияло на практику отработки месторождения регулированием их напряженного состояния скоростью подвигания отработки этажа при крупномасштабной отбойке [5]. Блок отрабатывается системой этажного принудительного обрушения с отбойкой руды пучками нисходящих, восходящих, горизонтальных сближенных скважинных зарядов ВВ и зарядами ВКЗ, а так же камерными зарядами ВВ на компенсационные камеры эллипсоидной и круглой формы сечения. При этом порядком подготовки и скоростью отработки блоков определяется уровень удароопасности массива горных пород.

С крупномасштабной отбойкой связано так же снижение удельного

объема капитальных выработок, происходящего в результате того, что запас руды растет пропорционально высоте этажа, а объем выработок остается постоянным. При этом увеличение высоты этажа с 40 до 80 м приводит к существенному уменьшению удельных объемов подготовительно-нарезных работ, изменение которых для выработок в зависимости от линии наименьшего сопротивления показано на рис. 2.

Рассмотренное направление совершенствования действия взрыва, частично апробированное в различных условиях, существенно расширяет представление о возможностях технологий взрывного разрушения массивов горных пород и определяет перспективу их дальнейшего развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Викторов С.Д., Галченко Ю.П., Закалинский В.М., Рубцов С.К. Разрушение горных пород сближенными зарядами / Под ред. акад. К.Н. Трубецкого. М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2006. — 2006. 276 с.
2. Викторов С. Д. Разработка и применение простейших взрывчатых составов / Отв. ред. акад. К. Н. Трубецкой — М.: ИПКОН РАН, 1996.
3. Технология крупномасштабной взрывной отбойки на удароопасных рудных месторождениях Сибири / С.Д. Викторов, А.А. Еременко, В.М. Закалинский, И.В. Машуков. — Новосибирск: Наука, 2005. — 212 с.
4. Римарчук Б.И., Дядечкин Н.И., Павленок Ф.Л. и др. Использование концентрированных зарядов ВВ при отбойке руды на подземных рудниках Криворожского бассейна // Горный журнал. — 2009. — № 10.
5. Еременко А.А. Совершенствование геотехнологии освоения железорудных удароопасных месторождений в условиях действия природных и техногенных факторов / А.А.Еременко, В.А. Еременко, А.П. Гайдин. — Новосибирск: Наука, 2008. — 312 с.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Закалинский В.М. — ведущий научный сотрудник, зам. заведующего Отделом проблем геомеханики и разрушения горных пород УРАН ИПКОН РАН, vmzakal@mail.ru

