УДК 622.235

Г.В.СЕКИСОВ
Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, Россия
С.Д.ВИКТОРОВ
Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, Россия
Ю.Н. РЕЗНИК, А.В. РАШНИК
Читинский государственный университет, Россия
А.С.ЗЕЛЬБЕРГ
АК «Алроса», Россия

ТЕХНОЛОГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ РАЗНОПРОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Приводится обоснование выбора технологии разрушения горных пород при разработке месторождений открытым способом с учетом ее адекватности свойствам горных пород и комплексу требований экономического, социального, экологического, правового и других важных аспектов.

In work the substantiation of a choice of technology of destruction of rocks is resulted by development of deposits by open way in view of its adequacy to properties of rocks and to a complex of requirements economic, social, ecological, legal and other prominent aspects.

Разрушение горных пород в производственной сфере производится в различных целях и масштабах и, прежде всего, в таких ее важных и крупных отраслях, как горная промышленность, гражданская оборона, строительство: промышленное, сельскохозяйственное, гидротехническое, жилищное, дорожное.

Особенно в больших масштабах и разнообразных условиях разрушение горных пород осуществляется при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Причем ежегодно от массивов отделяются сотни миллионов кубических метров горных пород, главным образом, с использованием различных способов и технологических методов их разрушения. Это обусловлено тем, что месторождения твердых полезных ископаемых сложены преимущественно скальными и полускальными породами, в частности, рудными месторождениями более чем на 70 %, и плотными горными породами порядка 20 %.

Вместе с тем проблема обеспечения эффективного разрушения горных пород с течением времени все более затратна и сложна для решения, что связано, главным образом, с необходимостью достижения в комплексе следующих показателей:

- существенного повышения уровня ресурсосбережения за счет, прежде всего, снижения энергозатрат;
- сокращения капитальных и эксплуатационных затрат не только непосредственно на само разрушение горных пород, но и косвенно на добычу и переработку полезного ископаемого в целом;
- повышения социальной и экологической безопасности производства горных работ и минеральной продукции в целом;
- повышения уровня производительности и культуры труда;
- рационального уровня качества добываемого минерального сырья, и в целом – получаемой конечной минеральной продукции.

Особое значение приобретает проблема эффективного разрушения горных пород при разработке алмазорудных месторождений, в частности месторождений Якутии, в связи с необходимостью обеспечения сохранности природных кристаллов.

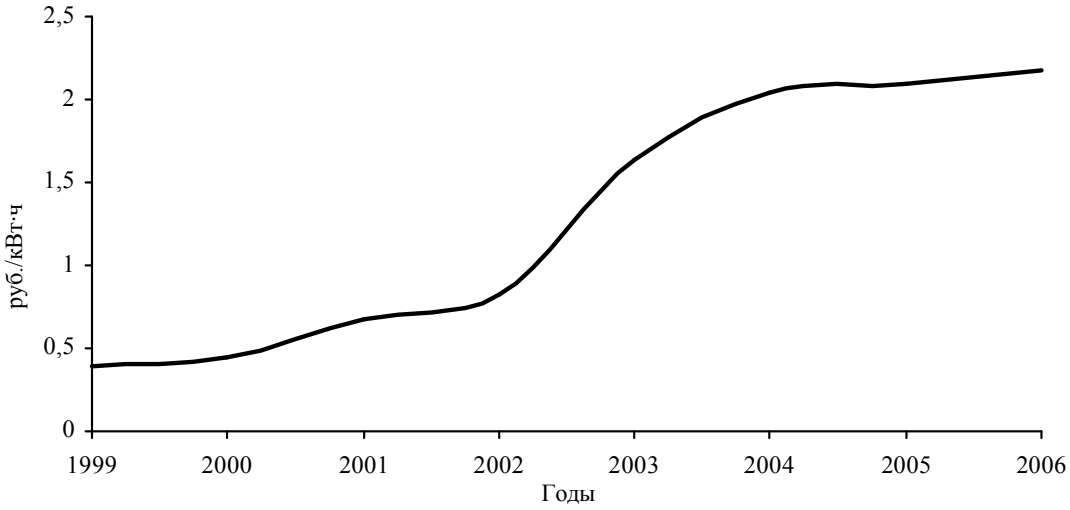


График роста цен на электроэнергию, потребляемую горно-добывающими предприятиями

Касаясь одной из важнейших подпроблем – повышения уровня ресурсосбережения при разрушении горных пород – следует, прежде всего, отметить необходимость обеспечения существенного снижения расхода электроэнергии и взрывчатых веществ. Ныне цены на электроэнергию весьма высоки и продолжают устойчиво увеличиваться (см. рисунок).

Значительны и расходы взрывчатых веществ (ВВ) и различных взрывчатых материалов (ВМ). Так, за последние 45-50 лет удельный расход ВВ на рудных карьерах страны в среднем увеличился примерно в 1,4-1,6 раза и на некоторых карьерах достиг 1,5-1,7 кг/м^3, а количество одновременно взрываемого ВВ на ряде карьеров достигло 1000 т и более. В то же время возрастают и цены на ВВ и ВМ.

Решение проблемы эффективного разрушения горных пород при осуществлении различных производственных работ и, главным образом, при открытой разработке месторождений, находится, прежде всего, в области рационального сочетания и реализации двух важнейших направлений:

- своевременного выявления, оценки и более полного использования свойств горных пород;
- создания новых и совершенствование существующих технологий разрушения горных пород, максимально адекватных их основным свойствам и комплексу требований экономического, социального, экологического, правового и некоторых других важных аспектов.

Как известно, одним из основных свойств горных пород является их прочность, которая в горно-технической среде часто именуется крепостью. При этом характерной особенностью горных пород, слагающих различные минеральные объекты, и, прежде всего, месторождения полезных ископаемых, является различная их прочность даже в пределах сравнительно малого объема, каковым, например, является выемочный блок отрабатываемой заходки уступа. Такие горные породы далее будем называть разнопрочными, а само свойство – разнопрочностью. Причем практически почти все месторождения полезных ископаемых представлены разнопрочными горными породами и различаются (в этом аспекте) лишь масштабами разнопрочности.

Однако разнопрочность горных пород (РГП), как комплексная физико-технологическая категория, интегрально не отражалась и не оценивалась ни качественно, ни количественно. Об этом свидетельствует представленная нами типизация (табл.1) классификаций горных пород различных организаций и авторов.*

* Открытые горные работы: Справочник. М.: Горное дело, 1994. С.130-143.

Таблица 1

Систематизация классификаций горных пород по их основным физико-технологическим свойствам

Группа		Класс		Тип		Критериальный признак классифицирования горных пород	Количество выделяемых категорий
Индекс	Наименование	Индекс	Наименование	Индекс	Наименование		
I-I	Классификации горных пород по основным физическим свойствам	А	Классификация прочности горных пород	I	Классификация (шкала) крепости горных пород по М.М.Протодьяконову	Коэффициент крепости	10
				II	Классификация горных пород по прочности при одноосном сжатии	Прочность при сжатии	12
				III	Классификация по прочности горных пород при растяжении	Прочность при растяжении	5
				IV	Классификация горных пород по контактной прочности	Показатель контактной прочности, МПа	12
		Б	Классификации горных пород по абразивности	I	Классификация горных пород и минералов по абразивности, предложенная Л.И. Бароном и А.В.Кузнецовым	Показатель абразивности, мг	8
		В	Классификации горных пород по реологическим свойствам	I	Классификация горных пород по реологическим свойствам, предложенная Б.М.Усаченко, К.П.Шкуриной и Г.Н.Фалалеевым	Реологические показатели и степень ползучести	5
II-II	Классификации горных пород по технолого-физическим свойствам	А	Классификации горных пород по разрушаемости	I	Классификация горных пород по трудности разрушения по В.В.Ржевскому	Показатель разрушаемости горных пород	8
				II	Классификация горных пород по СНиП-82	Время чистого бурения 1 м шпура	11
		Б	Классификации горных пород по трещиноватости	I	Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости (межведомственной комиссии по взрывному делу)	Степень трещиноватости (блочности)	5
				II	Классификация горных пород в массиве (при определении коэффициента трещиноватости)	Средний размер структурного породного блока, см	5
		В	Классификации горных пород по устойчивости	I	Классификация горных пород по устойчивости в бортах карьера (по Г.Л.Фесенко)	Основные показатели устойчивости	5
III-III	Классификации горных пород по технологичности	А	Классификации горных пород по буримости	I	Единая классификация горных пород по буримости	Основное время бурения 1 м скважины (шпура)	20
				II	Классификация горных пород по буримости (по В.В.Ржевскому)		5
		Б	Классификации горных пород по взрываемости	I	Классификация горных пород по трудности взрываемости (по Г.П.Демидюку)	Коэффициент крепости по М.М.Протодьяконову и удельная энергоемкость разрушения взрыванием	6
		В	Классификации горных пород по экскавируемости	I	Классификация горных пород по трудности экскавации (ЕНВ на открытые горные работы, 1989 г.)	Удельное сопротивление черпанию	5
				II	Классификация горных пород по трудности разработки одноковшовыми экскаваторами	Коэффициент трудности разработки	5

В целом разнопрочность горных пород весьма разнообразна и изменчива даже в пределах небольших массивов, о чем свидетельствует следующая градация:

Категория РГП массивов минеральных образований	Весьма высокая, высокая, средняя, низкая, весьма низкая
Основные группы РГП (по ее природе)	Природно-техническая, природная, техногенная
Классы РГП	Техническая, технологическая, физическая, экологическая, социально-экономическая

В то же время однородные литотипы, слагающие многие осадочные месторождения (с наличием различных видов горных пород и их крепости), характеризуются значительной изменчивостью их физико-механических свойств в трехмерном пространстве, занимаемом массивом. Об этом, в частности, свидетельствуют данные об изменчивости по основным свойствам горных пород (табл.2) Нерюнгринского каменноугольного месторождения.*

Таблица 2

Типы вскрышных пород Нерюнгринского месторождения и их основные физико-механические свойства

Физико-механические свойства	Типы вскрышных пород		Песчаник крупнозернистый		Среднезернистый песчаник	Песчаник мелкозернистый
	Гравелит	Алевролит	на карбонатном цементе	с гидрослюдистым цементом		
Плотность, г/см^3	2,62	2,6-2,65	2,6-2,65	2,4-2,62	2,52-2,66	2,6-2,62
Пористость, %	1,9-2,2	2,0-3,0	4,2-6,4	4,7-6,1	3,3-5,0	3,1-4,6
Предел прочности на сжатие, МПа	35,0-120,0	55,0-80,0	90,0-150,0	50,0-80,0	54,0-130,0	80,0-110,0
Коэффициент крепости (по М.М.Протодьяконову)	3,5-12,0	6,0-8,0	9,0-15,0	5,0-8,0	5,0-13,0	8,0-11,0

На изменчивость прочности и, как следствие, взрываемости данных горных пород значительное влияние оказывает сезонность года. В зимнее, зимне-весеннее, летнее и осенне-зимнее времена года она существенно различна: коэффициент вариации ее средних значений составляет 75 % (по площади). Их эффективное разрушение может быть реализовано лишь на основе глубоко адаптированных, высоко прогрессивных технологий. Широко применяются в настоящее время традиционные способы рыхления различных горных пород – скальных, полускальных, плотных и мерзлых, слагающих отрабатываемые массивы, например массивы уступов рудных и нерудных карьеров, угольных разрезов – с помощью технических, либо физических, либо химико-физических средств, но, главным образом, с помощью взрывчатых веществ –моноспособами. Причем при рыхлении пород определенной прочности используются соответствующие агрегаты: рыхлители на базе трактора, бульдозеры-рыхлители, буровые станки, зарядные машины и т.д.

Большинство массивов горных пород, и особенно месторождений твердых полезных ископаемых, сложены горными породами различной прочности с коэффициентом крепости по шкале М.М.Протодьяконова от 4-6 до 20. Это приводит к задалживанию на производственном объекте либо различных, либо однотипных технических средств, что вызывает существенное снижение производительности труда, повышение капитальных, эксплуатационных, а также энергетических затрат на подготовку пород к выемке.

В связи с этим нами предложен универсальный способ рыхления РГП на различных карьерах, который включает:

- получение информации об основных структурно-прочностных свойствах всех типов горных пород массива;

* *Алексеев Г.Ф.* Прогнозирование изменчивости свойств массива горных пород для управления комплексом буровзрывных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 5. С.109-115.

• детальное районирование горных пород в пределах отрабатываемого эксплуатационного горизонта или его отдельного участка;

• выделение эксплуатационных блоков, представленных однородными по крепости горными породами;

• формирование компьютерной программы;

• рыхление разнопрочных горных пород;

• вспомогательную экскавационную выемку и погрузку горной массы.

Рыхление разнопрочных горных пород месторождения или массива строительных грунтов осуществляется избирательно – в соответствии с их структурно-прочностными свойствами, по которым выделяют элементарные блоки, с применением наиболее эффективного способа: одного из механических, либо пневматического, либо буровзрывного или физического, реализуемых в автоматизированном технологическом режиме с помощью компьютерной программы универсального мобильного агрегата.

Плотные и относительно крепкие полускальные породы разрыхляются механическим способом с использованием технического устройства, оборудованного одним, либо двумя или тремя зубьями – по типу традиционного навесного рыхлителя, либо устройства с пластинчатыми металлическими штырями, внедряемыми в горную породу гидроцилиндрами, либо устройства для образования отверстий в массиве элементарного блока и отрыва породных элементов от массива блока их расклиниванием.

Средней крепости полускальные и скальные породы разрушаются с помощью энергии сжатого воздуха, а крепкие полускальные и скальные породы элементарных блоков – буровзрывным способом. Причем скважины или шпуры диаметром 16-150 мм бурятся вращательным, либо вращательно-ударным, либо комбинированным способом.

Взрываются шпуры и скважины малого диаметра детонирующим шнуром или патронируемым низкобризантным взрывчатым веществом; небольшого диаметра – патронируемым или непатронируемым низкобризантным взрывчатым веществом. Низкобризантную взрывчатую смесь предусмотрено инициировать лазерным импульсом. Взрывание производят под локальным укрытием мобильного агрегата.

Небольшие включения горных пород, а также негабарит, разрушаются механическим ударом.

При этом выемка и погрузка горной массы производится вспомогательным экскавационным устройством, а выполнение всех технологических процессов и операций, связанных с рыхлением разнопрочных горных пород, – с использованием универсального мобильного агрегата. Данный агрегат включает комплекс разнообразных устройств для реализации механического способа рыхления горных пород, бурения скважин и шпуров, их заряжания и взрывания, систему лазерного инициирования зарядов, компьютерную систему, устройства разрушения горных пород энергией сжатого воздуха и ударом, устройство для вспомогательной экскавационной выемки горной массы.

Таким образом, создание и использование универсального агрегата позволяет обеспечить качественное, избирательное и управляемое рыхление разнопрочных и разнокачественных горных пород с сохранением их первоначального положения в массиве, что обеспечивает осуществление высокопроизводительной и глубоко дифференцированной выемки горных пород.

Обеспечение универсального агрегата энергией предусматривается с помощью дизель-электрической установки, которая может работать как автономно, так и от любой энергетической сети.

Данный способ может применяться при открытой разработке различных рудных, нерудных, угольных и россыпных месторождений (а также месторождений камнецветного сырья), которые характеризуются значительной перемежаемостью и включениями разнопрочных горных пород, требующих предварительного рыхления.

При разработке алмазорудных месторождений может быть эффективным применение технологии предварительного разупрочнения массива кимберлитовой трубки гидроразрывом горных пород, что позволяет снизить при взрывной отбойке удельный расход ВВ в 1,5-2 раза, существенно уменьшить поврежденность алмазов и выбросы загрязняющих веществ при массовом взрыве.