



# Взрывные и безвзрывные способы разрушения скальных пород на карьерах

стали темой семинара, состоявшегося в Москве 23 декабря 2010 г. Организаторами выступили Ассоциация «Недра» и Московский государственный горный университет. В работе семинара приняли участие 40 специалистов из России, Белоруссии и Эстонии. Основное внимание участников было сосредоточено на практических вопросах.

Разрушение массива скальных пород, то есть подготовка горных пород к выемке – один из процессов открытых горных работ, результаты которого предопределяет эффективность остальных процессов добычи и переработки горной массы. В настоящее время на горных работах преобладает взрывной способ. Применяются также механические, электрофизические, тепловые, химические, гидравлические способы разрушения горных пород. Они имеют существенные различия в технологии, области рационального применения четко определены лишь для некоторых способов.

Взрывной способ разрушения скальных пород останется на многие годы преобладающим, поскольку является самым дешевым. Однако он небезопасен, в том числе для окружающей среды. При взрывании массива обычно нарушается его природная структура, из-за чего возрастают потери и происходит разубоживание полезного ископаемого при выемке. Однако буровзрывные работы совершенствуются и значимость этих недостатков убывает.

Заведующий кафедрой МГУ д-р техн. наук **В.А. Белин** отметил, что в настоящее время расход взрывчатых веществ (ВВ), а следовательно, и объем взрывных работ сократились на 30%. Среди применяемых ВВ преобладают эмульсионные. Основная часть ВВ изготавливается на горных предприятиях. Характеристики создаваемых «новых» ВВ, как правило, не отличаются от известных. Остается очень низким уровень механизации взрывных работ. Большинство несчастных случаев при ведении взрывных работ происходит по организационным причинам.

Генеральный директор ОАО «Союзвзрывпром» д-р техн. наук **В.Л. Барон** остановился на вопросах безопасности взрывных работ. Он отметил, что уровень безопасности повысился, поскольку доля электрических средств инициирования составляет теперь только половину всех используемых средств инициирования. Проведенные исследования позволили обосновать возможность уменьшения размеров охранных целиков и санитарных зон. Имеется возможность регулировать сейсмичность взрывов, что также позволяет увеличивать объемы доступных для разработки запасов полезного ископаемого.

В выступлении заместителя директора ООО «Геотим» д-ра техн. наук **В.П. Сафронова** была обоснована целесообразность применения взрывных блоков, откос которых имеет форму цилиндрической поверхности. Предложенная форма блока позволяет

уменьшить расход ВВ на 15%. Докладчик также отметил необходимость проходить разрезную траншею с учетом системы трещин массива.

Из **альтернативных способов разрушения скальных пород** в промышленную практику вошли механические способы с применением нескольких видов оборудования (табл. 1). Наибольшее распространение на карьерах получили рыхлители (бульдозерно-рыхлительные агрегаты). Рыхлители обычно используют для полойной выемки, в том числе разнородных пород. Чтобы расширить диапазон их применения, массив предварительно ослабляют взрывами. Была предпринята попытка увеличить усилие воздействия зуба на забой, совместив зуб рыхлителя с гидромолотом. Три опытных образца таких рыхлителей на тракторах разной мощности, включая Т-500, были изготовлены в СССР в 80-е гг. прошлого века. Испытания показали обнадеживающие результаты. Но работа не была завершена. Компания «Катерпиллер» в своих проработках продвинулась дальше и оснастила гидромолотами два самых мощных трактора – Д10 и Д11. Новые модификации были включены в типоразмерный ряд оборудования. Однако новшество себя не оправдало.

Наряду с распространенными появляются необычные варианты применения рыхлителей. На нескольких зарубежных карьерах цементного сырья рыхлители являются одним из звеньев сложной системы усреднения неоднородных карбонатных пород. Для поставки в производство сырья, колебания контролируемых компонентов которого находятся в заданных пределах, одновременно разрабатывается несколько забоев. Известны карьеры, на которых одновременно разрабатывается 3–4 забоя. Сначала рыхлитель подготавливает к выемке известняк во всех забоях. Затем колесный скрепер заполняет ковш в каждом из забоев заданным объемом полезного ископаемого, транспортирует горную массу на усреднительный склад и укладывает ее горизонтальными слоями. Дополнительное усреднение осуществлялось при выемке сырья вертикальными стружками.

На отечественных карьерах промышленности строительных материалов применение рыхлителей носит эпизодический характер. Хотя только на карьерах промышленности нерудных строительных материалов РФ добывается не менее 40 млн м<sup>3</sup> карбонатных пород. Значительная часть карбонатных месторождений

Таблица 1

Способ разрушения	Оборудование	Тип забоя	Способ выемки	Совмещение процессов
Взрывной	Буровой станок, зарядная машина	Торец уступа	Валовой	Не совмещаются
Механический	Тракторный рыхлитель	Площадка уступа	Слоевой	Не совмещаются
Механический	Гидромолот	Площадка уступа	Слоевой	Не совмещаются
Механический	Экскаватор с зубом-рыхлителем	Торец уступа	Валовой	Не совмещаются
Механический	Мощный гидроэкскаватор, мехлопата с ковшом активного действия	Торец уступа	Валовой	Выемка и погрузка
Механический	Роторный экскаватор с высоким усилием копания	Торец уступа	Валовой, селективный	Выемка и погрузка
Механический	Карьерный комбайн	Площадка уступа	Слоевой	Выемка, погрузка, дробление

**Таблица 2**

Порода	Добыча за смену, куб. сажени/м <sup>3</sup>	Расход пороха, фунт
Гранит очень крепкий	0,25/2,4	1,6
Песчаник каменноугольный	0,4–0,6/3,8–5,8	3,7
Грубозернистый известняк	1,6/15,4	7,3
Мрамор	0,8/7,7	3,8
Гипс	2–2,5/19,2–24	4,9

сложена породами, характеристики которых изменяются по мощности и площади залежи. Селективная выемка таких пород позволяет значительно улучшить качество минеральной продукции и снизить потери минерального сырья.

Идея использования ударных механизмов была осуществлена также на экскаваторах. Уралмаш в 90-е гг. прошлого века изготовил шесть мехлопат ЭКГ-5В с ковшами активного действия емкостью 5 м<sup>3</sup>. На этих ковшах три из пяти зубьев представляли собой пневмомолоты. Для питания пневмомолотов сжатым воздухом на экскаваторе дополнительно установили компрессор. На семинаре представитель ООО «Уралмаш» **С.В. Мартьянов** рассказал о положительном опыте эксплуатации экскаваторов, указав, что завод готов продолжить выпуск экскаваторов ЭКГ-5В. Экскаваторы успешно работали на карьерах. Но время было трудным. Дорогие зубья-пневмомолоты изнашивались, после чего экскаваторы обрели стандартные ковши.

Необходимо отметить использование гидромолотов в качестве основного оборудования. Более 10 лет мощные гидромолоты используются в Скандинавских и некоторых других странах для рыхления даже прочных изверженных пород, в частности, на участках месторождений, где взрывные работы запрещены. Большинство специалистов признают, что механическое рыхление дороже взрывного. Однако использование механических способов рыхления массива позволяет продлить период функционирования предприятия, отсрочить вложение инвестиций в новое строительство.

Для разработки сравнительно непрочных пород находят применение роторные экскаваторы с высоким усилием копания. В последние годы в печати появляются лишь эпизодические примеры их использования. Так, разработка кимберлитов прочностью 30 МПа и более производилась на карьере «Удачный», Республика Саха-Якутия, добыча известняка (цементное сырье) прочностью 20 МПа в Германии.

Расширяется внедрение экскаваторов с гидроприводом при разработке скальных пород. Чтобы разрабатывать прочные породы, на мощных экскаваторах для увеличения удельного усилия копания устанавливаются ковши меньшей емкости. О таком опыте сообщил заместитель генерального директора ООО «МОГОРМАШ», канд. техн. наук **В.М. Штейнцайг**. В качестве примера докладчик привел реконструированный карьер ОАО «Мордовцемент», который разрабатывает месторождение плотных мергелей.

Другой вариант использования экскаваторов с гидроприводом привел начальник отдела ООО «Цепелин Русланд» **И.В. Рубцов**. Это установка на экскаваторе зуба-рыхлителя, способного разрушать массив. После того как порода обрушена, зуб заменяется стандартным ковшом, и экскаватор производит выемку и погрузку разрыхленной горной массы.

Становятся популярными карьерные комбайны, которые пока не получили общепринятого названия. Их выпускает несколько крупнейших зарубежных машиностроительных фирм. Разнообразием отличаются и рабочие органы (режущие головки на штангах, цепи, ковши, фрезы) и компоновки. Забоем комбайнов является торец или площадка уступа. Наибольшее распространение получили комбайны, рабочим органом которых служит цилиндрическая фреза. Различные фирмы располагают фрезой в середине машины, между гусеницами, или спереди. Если фреза расположена в центре, затрудняется обработка торцевых частей заходки. Разработаны разнообразные технологические схемы, которые в некоторой степени позволяют решать технологические проблемы. О них говорилось в нескольких выступлениях. Например, профессор МГУ А.А. Грабский на основании теоретических исследований и промышленных экспериментов показал, что производительность карьерного комбайна с цилиндрической фрезой зависит от направлений вращения фрезы и движения комбайна. Он привел данные о значительных колебаниях производительности комбайнов в зависимости от климатических условий работы и прочности пород.

Об электрофизическом способе разрушения массива подробное сообщение сделал ведущий научный сотрудник ФГУП ННЦ ГП «Институт горного дела им. А.А. Сковинского» канд. техн. наук **В.Ф. Нистратов**.

Разработка скальных пород мехлопатами и роторными экскаваторами не вносит кардинальных изменений в технологию и организацию добычных работ. Исключение взрывных работ ограничивает высоту уступа – не более высоты черпания экскаватора, но позволяет сократить ширину рабочих площадок. Использование рыхлителей, гидромолотов и карьерных комбайнов, забоем которых служит площадка уступа, дает возможность разрабатывать тонкие слои, селективно вынимать разнородные породы, но, как правило, уменьшает угол откоса рабочего борта карьера. По данным проектов, выполненных ВНИПИИстромсырье, большая часть экономического эффекта от селективной выемки получается благодаря повышению сортности минерального сырья.

Технология горных работ, основанная на эксплуатации рыхлителей и гидромолотов, изучена недостаточно глубоко, а комбайнов – слабо. Не выработалось однозначного мнения даже о месте расположения фрезы комбайна – между гусеницами или спереди.

Для расчета параметров БВР разработаны нормативные документы. Эта область горного дела имеет вековые традиции (табл. 2). Созданы методики расчета параметров технологии с применением рыхлителей. Для других видов оборудования имеются отрывочные сведения, которые предоставляют фирмы-изготовители, и которые содержатся в редких публикациях об опыте их работы, а чаще опытно-промышленной эксплуатации.

Практикам-производственникам и проектировщикам, необходимы надежные данные, на основании которых можно выполнить расчеты и сопоставить варианты для условий конкретного месторождения. Но методики расчета производительности для разработки различных по прочности, блочности и абразивности пород для новых видов оборудования отсутствуют. Некоторые фирмы, например, «Виртген», ввели практику промышленных испытаний комбайнов перед принятием решения об их использовании на карьере.

Получается так, что технология и экономика базового варианта, в котором применяются буровзрывные работы, экскаваторы, самосвалы, рассчитываются по апробированным Нормам технологического проектирования, а альтернативного варианта – только по данным фирмы-производителя оборудования.

При сопоставлении вариантов одним из главных становится вопрос о производительности оборудования. Ведь ошибка в производительности отразится на себестоимости конечного продукта. При добросовестном сопоставлении реальных вариантов разница в стоимостных показателях более 15–20% встречается редко.

Выводы.

1. Буровзрывные технологии останутся в течение десятилетий основным способом подготовки скальных пород к выемке. Их совершенствование позволяет улучшать экономические показатели и сохранять конкурентоспособность.
2. Экономически рациональные области применения различных способов разрушения скальных пород не установлены. Не созданы методики, позволяющие сравнивать различные варианты. Существуют противоречивые, трудно сопоставимые оценки. Это тормозит распространение новых технологий.
3. Необходимо выполнить комплексное исследование по определению параметров систем разработки при использовании различных безвзрывных технологий, что позволит, в частности, обосновать технологические параметры карьерных комбайнов.

**Г.Р. Буткевич, канд. техн. наук, ФГУП «ВНИПИИстромсырье»**