

УДК 622.233/.235

А.А. Котяшев, А.С. Маторин, П.В. Меньшиков

**ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОМЕТРИИ
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

Предложен новый подход к корректировке удельного расхода взрывчатого вещества, учитывающий состояние массива горных пород при проведении буровзрывных работ.

Ключевые слова: сейсмометрия, буровые работы, горный массив.

Неделя горняка

Оптимальные условия любой деятельности определяются информированностью об объекте, на который направлено воздействие. Таким объектом в горном деле является породный массив. Анализ состояния существующих методов получения информации о структурных особенностях и свойствах горного массива показывает, что в настоящее время отсутствует налаженный и адаптированный в горном производстве механизм получения необходимой информации о состоянии и свойствах горных пород в естественном залегании. Бурение с отбором керна и испытание образцов в лабораторных условиях дорого, неоперативно и малопредставительно. Трещинная съемка с поверхности не позволяет судить о нарушенности внутри массива.

Практически на любом этапе ведения взрывных работ, начиная с проектирования, требуются оперативные и полные данные о строении и свойствах горного массива. При буровзрывных работах эффективность бурения может быть существенно повышена, если к началу бурения имеется информация о состоянии массива. Информация о распределении

свойств внутри подготавливаемого к взрыву блока позволит обоснованно выбирать параметры буровзрывных работ и избежать излишних затрат сначала на бурение, затем на взрывчатые материалы.

Проникнуть вглубь горного массива без его разрушения позволяют только физические поля. Перспективным является использование сейсмических полей искусственного происхождения, так как их свойства могут быть заданы на стадии возбуждения. Характер распространения сейсмических колебаний зависит от параметров среды, которые в свою очередь связаны с физико-механическими свойствами пород, т.е. их способностью противостоять разрушающим воздействиям. Успех геофизических методов в деле исследований структурных особенностей и свойств горного массива зависит от правильного выбора:

- информативного параметра или характеристики физического поля, в изменениях которого заключена информация о массиве;
- технических средств используемых для получения информации;
- метода анализа полученных результатов.

В сейсмометрии информация о массиве может заключаться в данных изменения скоростей волн, амплитуд, частот или фаз колебаний.

Правильный выбор информативного параметра дает принципиальную возможность достижения положительного результата. Например, для выявления локальных неоднородностей во вскрышной толще угольных разрезов наиболее эффективным параметром является амплитуда поперечных волн. Для целей оптимизации параметров БВР – скорости продольных и поперечных волн

Связь параметров поперечных волн с факторами, влияющими на изменение прочностных свойств, более однозначна, чем продольных. В то же время следует иметь в виду преимущества продольных волн. Прежде всего – это относительная простота их возбуждения и регистрации. Продольные волны возбуждаются в виде основного типа колебаний либо как помехи практически всеми излучателями волн. Вследствие максимальной скорости передачи такого рода колебаний, продольные волны в точке приема оказываются первыми. При этом отсутствует ряд помех, осложняющих регистрацию других типов волн. Такие преимущества продольных сейсмических волн обусловили их широкое применение.

Массив горных пород является многофазной системой. Наблюдаемые сейсмические поля образуются в результате суперпозиции различных физических эффектов, сопровождающих распространение колебаний в многофазном массиве. Часто трудно найти строгое объяснение и установить прямую связь конкретного физического эффекта с изменением волнового поля. Тем не менее между свойствами массива и сейсмическими параметрами существуют устойчивые

связи. Косвенная связь сейсмических параметров с показателями физико-механических свойств пород объясняется принципиальным различием воздействия на среду при прохождении сейсмических волн и при статическом нагружении в процессе испытаний образцов. В первом случае кратковременные нагрузки вызывают упругие и упругопластические (релаксационные) деформации. Во втором случае имеют место и остаточные деформации. Эти различия являются причиной того, что между ними могут быть установлены только корреляционные связи. Погрешности определяются величиной коэффициента корреляции. На основе сейсмических показателей желательно определить три важнейших, необходимых для расчета технологических параметров: сопротивление пород одноосному сжатию, объемный вес и пористость. В таблице представлены эмпирические управления, связывающие сейсмические параметры с основными технологическими показателями горных пород в естественном залегании.

Технические и программные средства и методика исследований свойств массивов горных пород выбирались в соответствии с концепцией специализированных геофизических технологий. Основные положения этой концепции следующие:

- а) минимальная достаточность данных для решения технологической задачи;
- б) максимальная простота получения и использования геофизической информации;
- в) стабильность результатов.

При решении технической задачи изучения состояния массива горных пород всегда можно выделить несколько стадий. Например, для совершенствования параметров буровзрывных работ можно выделить две стадии. На первой стадии необходимо

Уравнения, связывающие сейсмические и физико-механические характеристики скальных горных пород

Уравнения	Коэффициент корреляции	Число пар	Пределы изменения характеристик
$\sigma_{сж} = (1,17 \cdot 10^{-3} V_p^{1,3} + 23)$, МПа	0,70	59	$(24 \leq \sigma_{сж} \leq 105)$, МПа
$\rho = (9,23 \cdot 10^{-2} V_s^{0,4} + 0,52)$, МПа	0,93	20	$(1,58 \leq \rho \leq 3,11)$, г/см ³ $(570 \leq V_s \leq 4250)$, м/с
$\rho = (9,58 \cdot 10^{-5} V_p + 2,24)$, г/см ³ для $n \leq 15$ %	0,74	62	$(2,28 \leq \rho \leq 3,12)$, г/см ³ $(1140 \leq V_p \leq 7300)$, м/с
$\rho = (8,3 \cdot 10^{-2} V_p^{0,5} + 0,03)$, г/см ³	0,84	14	$(1,58 \leq \rho \leq 2,44)$, г/см ³ $980 \leq V_p \leq 2218$, м/с
$\sigma_{сж} = (1,47 \cdot 10^{-3} V_p^{1,3} + 23)$, МПа	0,71	24	$V_p \geq 3800$ м/с

$\sigma_{сж}$ – сопротивление одноосному сжатию, МПа; ρ – объемный вес, г/см³; n – пористость, %; V_s, V_p – соответственно скорости поперечных и продольных сейсмических волн, м/с

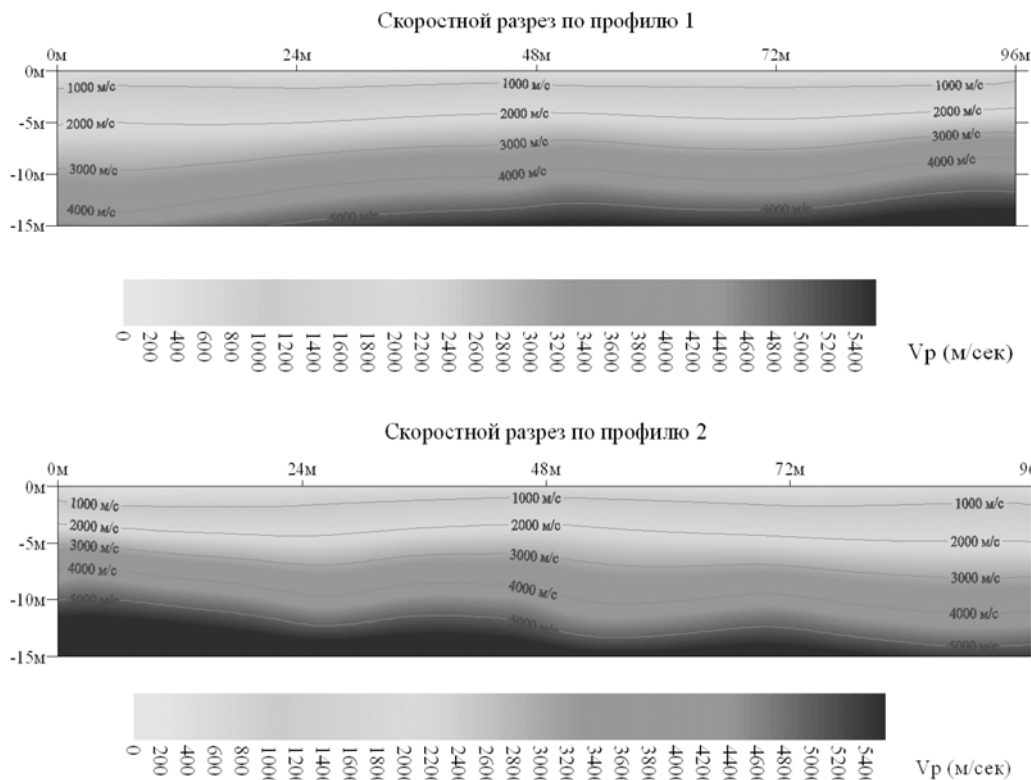
оценить общее состояние подготавливаемого к взрыву массива, как правило, на всю высоту уступа. В случае, если состояние массива изменяется в плане, необходимо выделить участки различной нарушенности, т.е. районировать блок. На второй стадии требуется более детальное исследование массива и, прежде всего, оценка изменений свойств пород по вертикали.

На первой стадии целесообразно использовать метод продольных преломленных волн (МПВ). Система наблюдений в МПВ определяется глубиной исследований и сложностью наблюдаемых волновых полей. Глубинность обычно от 3 - 5 м до полной высоты уступа. Волновые поля в нарушенных скальных массивах, как правило сложны. Это определяет необходимость использования минимальных расстояний между сейсмодатчиками, хотя требуемая детальность исследований на этом этапе невысока. В нашем случае расстояние между сейсмодатчиками 4 м.

При обработке полученных экспериментальных данных был использован метод кусочно-линейной аппроксимации годографов первых волн.

При проведении полевых работ первоначально применялась двенадцатиканальная цифровая накопительная сейсмостанция «Талгар-6», датчики СВ – 20-П и двенадцатиканальная коса с выводами через 4 м. Позднее применялась двенадцатиканальная цифровая накопительная станция «Синус – 12 м», датчики GS-20 и двенадцатиканальная коса с выводами через 4 м. Краткая характеристика сейсмостанции «Синус-12 м» приведена ниже:

Число каналов	12
Частотный диапазон, Гц.....	5 – 4000
Число наблюдений	неограниченно
Разрядность АЦП	16
Длительность записи, мс ..	62,5; 250; 1000
Визуальное воспроизведение	Planar 320.240
Динамический диапазон при записи, Дб	80
Максимальный потребляемый ток, А	0,8
Масса не более, кг	4



Скоростные разрезы по профилям 1 и 2, подготавливаемых к взрыву блоков, полученные методом сейсмометрии

Запуск сейсмостанции производится от пьезодатчика, закрепленного на кувалде. Количество накоплений 2 – 4.

Экспериментальные работы по определению свойств горных пород в условиях естественного залегания были проведены на Кайерканском карьере по добыче технологических известняков, угольном разрез Кайерканского рудника, на карьерах рудника «Медвежий ручей», на шахте известняков Кайерканского рудника, на руднике «Ангидрит». Эти предприятия входят в состава Заполярного филиала ОАО Горнометаллургическая компания «Норильский никель». Экспериментальные исследования физико-механических свойств горных пород в естественном залегании методом

сейсмометрии были проведены на карьерах ОАО «Ванадий» (Качканарский ГОК), ОАО «Ураласбест», филиал «Сафьяновская медь» УГМК.

На рис. 1, 2 в качестве примера приведены скоростные разрезы по исследованному методом сейсмометрии блокам, по определению физико-механических свойств горных пород в естественном залегании. Из рисунков видно, что практически до глубины 6 – 8 м массив горных пород ослаблен нарушениями, созданными взрывными работами, проведенными на вышележащем горизонте.

Применение геофизических методов позволяет изучать состояние горного массива на новом информационном уровне. Он характеризуется детальностью, представительностью и

спецификой информации, определяющей физико-технические свойства пород в естественном залегании. Постоянное отслеживание свойств горных пород в массиве посредством сейсмических волн позволяет сначала связать эти параметры с технологическими, а затем использовать их для прогнозирования последних.

Корректировка параметров буровзрывных работ может быть осуществлена следующим образом:

- по замерам сейсмических параметров в исследуемом блоке определяют сопротивление одноосному сжатию и объемную плотность горных пород блока в естественном залегании;

- находят отношение полученных величин к исходным.

Исходными величинами считают средние значения $\sigma_{сж}$ и g для данного типа пород на конкретном предприятии. Определяют отклонения свойств пород на исследуемом блоке от средних значений. Затем определяют удельный расход ВВ с учетом физико-механических свойств горных пород, полученных в результате исследований. Удельный расход определяется следующим образом:

$$q_{\phi} = q_c k = q_c (\sigma_{сж.p.} / \sigma_{сж.и})^{1/4} \cdot \rho_p / g_{и}$$

где q_{ϕ} – откорректированное значение удельного расхода ВВ, кг/м³; $\sigma_{сж.p.}$, ρ_p – рассчитанные с использованием полученных сейсмических параметров сопротивление одноосному сжатию и плотность пород в естественном залегании; $\sigma_{сж.и}$, $\rho_{и}$ – средние по предприятию для данного типа пород сопротивление одноосному сжатию и плотность.

Предложенный подход к корректировке удельного расхода ВВ определяет принципиальную возможность корректировки параметров БВР в соответствии с состоянием массива горных пород, подготавливаемого к разрушению взрывом.

Результаты определения основных параметров БВР для горнотехнических условий ряда горнодобывающих предприятий с учетом физико-технологических свойств горных пород в естественном залегании, определенных методом сейсмометрии показывают, что затраты на взрывной передел могут быть снижены, как минимум, на 15-20%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Отчёт* о научно-исследовательской работе «Изучение структурных особенностей и механических свойств локальных массивов горных пород и разработка основ ресурсосберегающей технологии при их взрывном разрушении». – ИГД УрО РАН. – 2006.

2. *Воронцов И.В.* Многоволновая сейсмометрия при решении горно-геологиче-

ских задач. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 112 с.

3. *Сейморазведка.* Справочник геофизики. /Под ред. И.И.Гурвича. – М.: Недра. – 1981.- С.375, 376, 378.

4. *Сенин Л.Н.* Сейсморегирующий канал. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. ISBN 5-7691-1533-5. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Котяшев А.А., Маторин А.С., Меньшиков П.В. – Институт горного дела УрО РАН, direct@iqd.uran.ru