

І. Л. Кратковський, В. В. Круковська, В. М. Коновал; заявник і власник патенту Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – № u2014 09009; замовл. 11.08.14; надр. 10.02.15, бюл. № 3.

8. Механика взрывного разрушения пород различной структуры / Э. И. Ефремов и др. – Киев: Наук. думка, 1984. – 192 с.

Поступила 20.04.2015



УДК 622.831.322

Наука

**Минеев С. П.**  
Институт геотехнической механики  
НАН Украины

**Никифоров А. В., Богоудинов Р. М.,  
Рыжков М. Ф., Лукашев А. С.**  
Государственный Макеевский  
научно-исследовательский институт  
по безопасности работ  
в горной промышленности

### Определение акустическим методом участков горного массива бокситовых рудников, опасных по горным ударам

*Рассмотрены результаты акустических исследований в подготовительных забоях для выявления опасных участков по горным ударам и оценки эффективности профилактических мероприятий. Данные результаты могут быть использованы для прогноза при ведении горных работ в глубоких шахтах Кривого Рога. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.*

**Ключевые слова:** акустический сигнал, бурение, горный удар

*The results of noise research in development faces for dangerous zones revealing due to mountain bumps and performance evaluation of preventive actions are considered. These results may be used for forecast during mining in deep mines of Kryvyi Rih.*

**Keywords:** acoustic signal, drilling, mountain bump

Прогноз горных ударов на протяжении последних лет разрабатывается и применяется на основе регистрации и обработки импульсов акустической эмиссии горного массива, повышение которой служит местом развития горного удара.

Для определения возможности активной акустики на ряде объектов Североуральских бокситовых рудников выполнены исследования по адаптации способов контроля состояния массива и прогноза динамических явлений, разработанных МакНИИ для угольных шахт Донбасса. Способы основаны на возбуждении упругих колебаний в массиве путем воздействия на него горных машин, механизмов, регистрацией акустического отклика в ближней от источника зоне и последующей компьютерной его обработки. Физическая сущность разработанных способов состоит в связи спектральной характе-

ристики возбуждаемого акустического сигнала с напряженно-деформированным состоянием массива. Опасная по газодинамическим явлениям (ГДЯ) ситуация фиксируется по степени изменения параметров спектра акустического сигнала [1-3].

Один из вариантов оценки состояния призабойной части массива осуществляется путем бурения контрольных шпуров, регистрации и обработки акустического сигнала, возникающего при разрушении пород буровой коронкой.

Выполненные на бокситовых рудниках исследования решали ряд задач по оценке степени опасности горных ударов и эффективности средств борьбы с ними путем акустического зондирования и регистрации акустического сигнала в процессе бурения скважин и шпуров. Обработка акустического сигнала выполнялась на персональном компьютере по программе

МакНИИ. Кроме определения положения ослабленных контактов в горном массиве и относительной оценки их интенсивности, по программе вычислялся коэффициент, равный отношению высокочастотной составляющей спектра к низкочастотной, отражающий напряженное состояние массива в пункте наблюдений.

Параметры акустического сигнала, регистрируемого при бурении шпуров и разгрузочных скважин, отражают напряженное состояние призабойной части, следствием которого служит изменение остаточной прочности пород на забое скважин. Для регистрации акустического сигнала сейсмоприемник устанавливался в 1-3 м при бурении шпуров ручным перфоратором и 5-10 м – при бурении разгрузочных скважин и шпуров установкой «Мономатик». Шпуров бурили как по ходу подвигания забоя, так и в кровле выработки. Обработка акустического сигнала и его интерпретация выполнены в соответствии с [1]. В результате получены распределения его энергии и коэффициента  $k$  по длине шпуров.

В таблице представлен обобщенный анализ полученных параметров акустического сигнала. Расстояние до максимума энергии акустического сигнала характеризует зону заложения субпараллельных забоем трещин. Снижение энер-

гии обусловлено увеличением напряжений и снижением остаточной прочности пород на забое скважины. По отношению максимальных и минимальных значений энергии акустического сигнала вычислен коэффициент пригрузки и определено его положение по длине шпура. Как правило, при бурении шпуров, длина которых 1,6-1,8 м, они не пересекли зону максимальных напряжений, поэтому этот коэффициент отражает степень пригрузки на последнем интервале. Необходимо также заметить, что коэффициент пригрузки – величина относительная, отражающая характер распределения напряжений в конкретном забое. Коэффициент  $k$  также в определенной мере относительная величина, но он пригоден для сопоставления напряжений в различных пунктах, если условия возбуждения сигнала одинаковые.

В качестве классического примера связи параметров акустического сигнала с напряженно-деформированным состоянием призабойной части массива на рис. 1 приведены результаты обработки сигнала, зафиксированного при бурении первых 4-х метров разгрузочной скважины № 6 в материально доставочном штреке. Близкие к максимальным напряжения в непосредственной близости от забоя ( $k = 5,3$ ) обусловили понижение прочности за счет созда-

Таблица

Результаты обработки акустического сигнала процесса бурения шпуров и скважин

№	Наименование выработки	№ скв.	Расст. до макс. энергии, м	Коэф. пригрузки расст., м	Коэффициент $k$	
					min расст.	max расст.
1	Засечка панельного штрека, гор. 704 м, юг	2 справа	0,25	$\frac{2,2}{1,5}$	$\frac{0,5}{0,25}$	$\frac{0,7}{1,5}$
		3 по оси	1,25	$\frac{1,6}{1,5}$	$\frac{0,5}{1,25}$	$\frac{0,95}{0,5}$
2	Тупик южного полевого штрека, гор. 720 м	1 по оси	1,0	$\frac{2,8}{1,5}$	$\frac{3,5}{1,25}$	$\frac{4,4}{0,75}$
		3 кровля	0,75	$\frac{2,0}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,75}$	$\frac{4,7}{1,5}$
3	ПДС-2, тупик	1 кровля	0,75	$\frac{7,3}{2}$	$\frac{3,0}{1,8}$	$\frac{6,5}{0,5}$
		3 по оси	0,75	$\frac{5,3}{1,8}$	$\frac{1,5}{0,75}$	$\frac{3,3}{0,2}$
4	Панельный штрек орт-заезда 16. сев.	1	0,25	$\frac{2,1}{1,8}$	$\frac{0,85}{1,0}$	$\frac{1,0}{0,5}$
		2	0,75	$\frac{2,5}{1,8}$	$\frac{0,9}{0,25}$	$\frac{0,55}{1,8}$
	Верхний панельный штрек	1	0,25	$\frac{1,7}{1,8}$	$\frac{0,7}{0,25}$	$\frac{1,1}{0,75}$
5	Доставочная выработка, «Мономатик»	1	0,25	$\frac{3,25}{1,8}$	$\frac{11}{1,8}$	$\frac{17}{0,25}$
		2	0,25	$\frac{2,0}{1,8}$	$\frac{4,5}{1,5}$	$\frac{8,5}{0,5}$
6	МДШ, разгрузочная скважина	6	0,75	$\frac{6,7}{4,0}$	$\frac{2,5}{1,5}$	$\frac{5,5}{0,25}$

ния зоны повышенной трещиноватости. Снижение напряжений в интервале 1,6-2 м привело к повышению остаточной прочности и энергии акустического сигнала. За пределами этой зоны вновь возрастают напряжения, достигая глобального максимума на 3,5 м. Из анализа энергии акустического сигнала следует, что максимум горного давления расположен вблизи глубины 4 м. Следует учесть, что скважина бурилась в забое, где уже пробурено 5 скважин и массив в определенной степени разгружен. Из сопоставления графиков двух параметров следует, что изменение энергии акустического сигнала лишь в общем отражает характер изменения коэффициента  $k$ , отличаясь в некоторых деталях.

На рис. 2 в качестве примера изображены результаты обработки акустического сигнала по шпурам в тупиковых забоях ПДС-2 и ЮПШ, обе выработки проводятся в целике вдали от активного ведения очистных работ. По длине шпура в забое ПДС-2 значения обоих параметров существенно дифференцированы, максимальные значения коэффициента  $k$  приурочены к груди забоя, что является следствием задержки деформаций в массиве. При подвигании забоя, происходит «зашемление» призабойной части. На расстоянии 1,5 м от забоя напряжения вновь возрастают и на последнем интервале (1,8 м) коэффициент пригрузки равен 7,3.

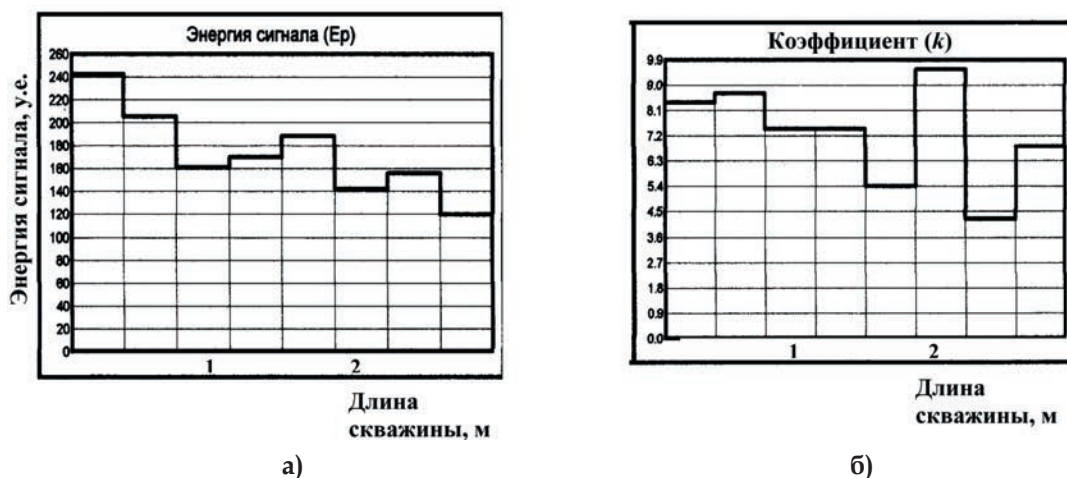


Рис. 1. Распределение значений энергии акустического сигнала (а), коэффициента  $k$  (б) по части разгрузочной скважины № 6 в МДШ

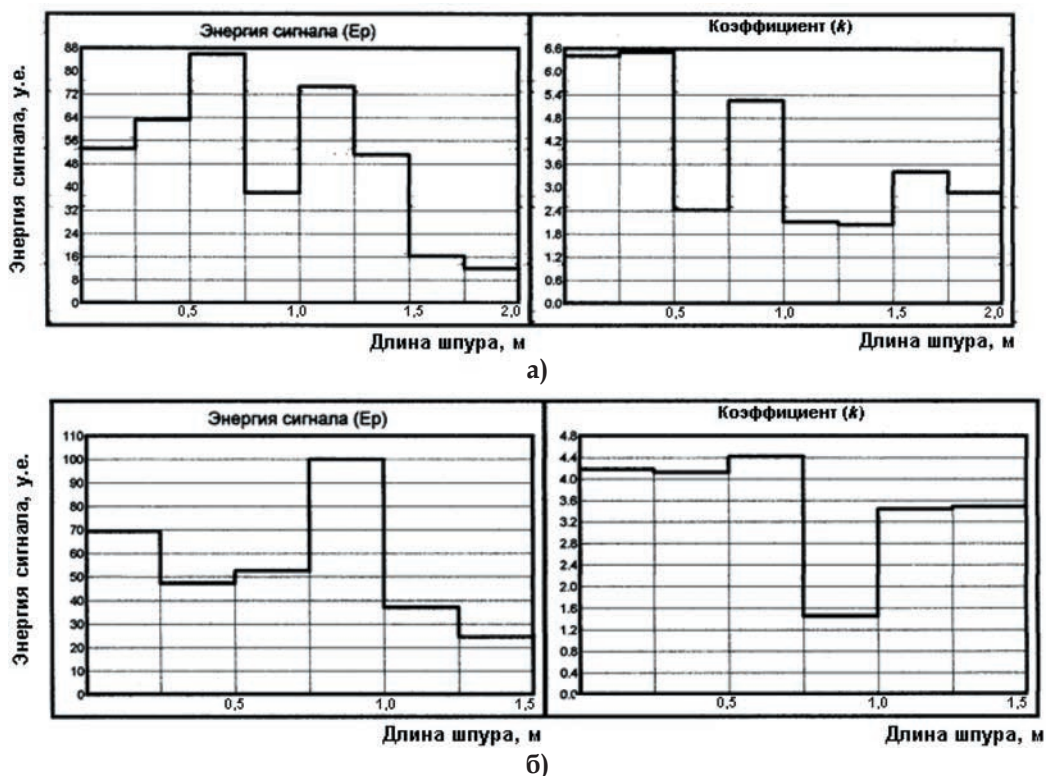


Рис. 2. Параметры акустического сигнала по шпурам, пробуренным в тупиковых забоях: а - ПДС - 2; б - ЮПШ

По длине шпура в забое ЮПШ дифференциация параметров незначительная, локальное изменение параметров на расстоянии 1 м от забоя могут быть связаны как с особенностями технологии бурения, так и с локальной геологической неоднородностью (встреча более крепкой породы). Энергия акустического сигнала понижается от 0,25 м до 1,5 м (конец скважины), коэффициент пригрузки равен 2,8.

На рис. 3 приведены результаты обработки сигнала по шпурам, пробуренным в зоне активного ведения очистных работ: в панельном штреке орт-заезда 16 сев. гор. 780 и в панельном штреке 704 восстающей выработке 2 ю/р гор. 740. Дифференциация значений акустических параметров невелика. Между тем общие законо-

мерности их небольших изменений таковы: для северной части шахтного поля максимальные значения коэффициента  $k$  в панельном штреке 16 северн. можно сделать вывод о «защемлении» краевой части. Абсолютные и относительные значения параметров по обоим участкам при сопоставлении с тупиковыми забоями в целиках позволяют сделать вывод о существенной разгрузке массива на участках ведения очистных работ, а за счет этого – перераспределение напряжений в глобальном масштабе, возможном резком перемещении деформаций в разгруженную очистными работами область.

На рис. 4 приведено распределение параметров акустического сигнала по длине шпура, пробуренного в доставочной выработке уста-

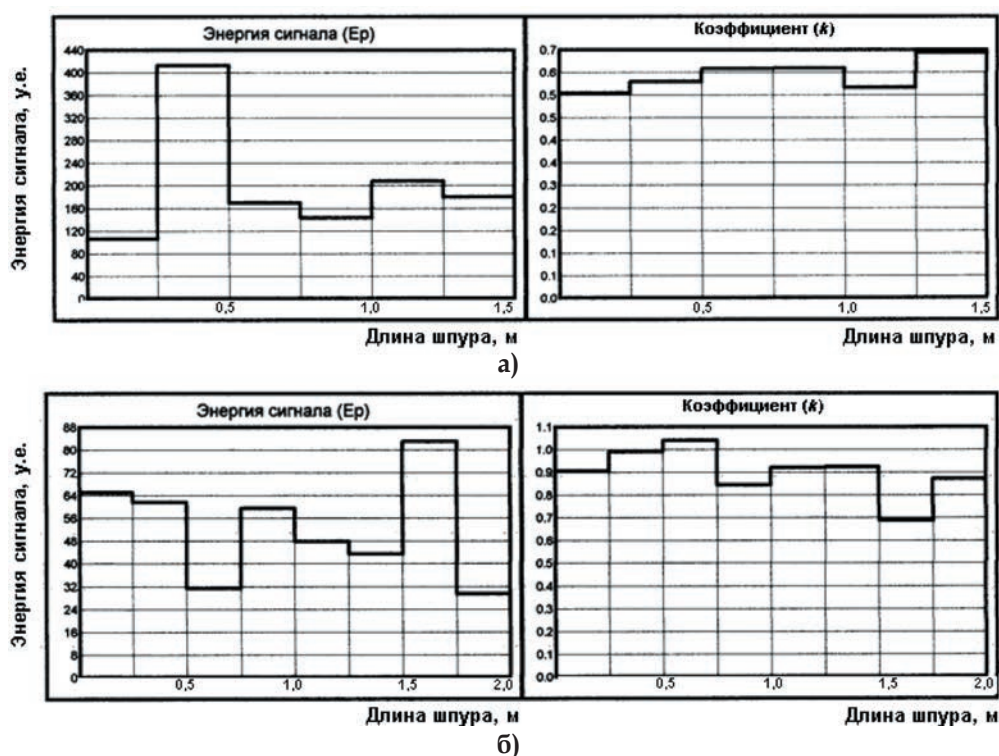


Рис. 3. Параметры акустического сигнала по шпурам, пробуренным в выработках вблизи активного ведения очистных работ: а – панельный штрек 16 сев.; б – панельный штрек 704 орт-заезда 2 ю

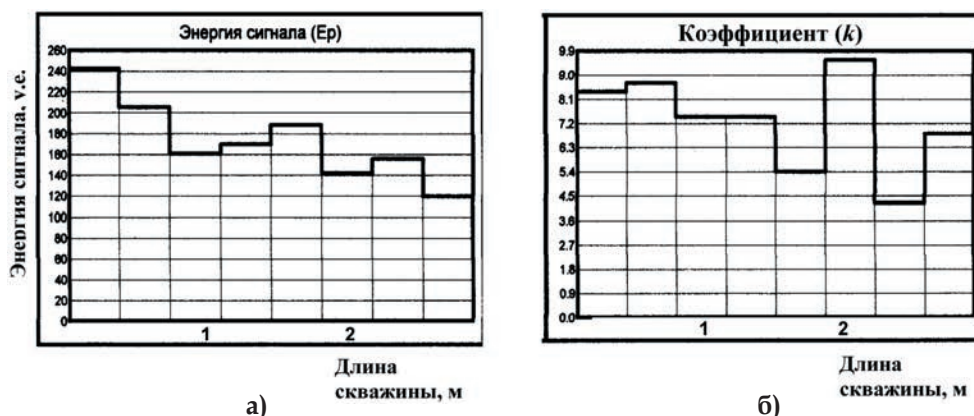


Рис. 4. Значения энергии акустического сигнала (а) и коэффициента  $k$  (б) при бурении шпура установкой «Мономатик» доставочной выработке

новкой «Мономатик». Для бурения этой установкой характерно более равномерное давление на забой шпура, что позволяет с большей достоверностью оценивать характер распределения напряжений в призабойной части; воздействие (сила удара) на забой существенно отличается от других применявшихся при проведении горно-экспериментальных работ способах возбуждения, что нашло отражение в завышенных значениях коэффициента  $k$ . В целом распределение параметров по длине шпура аналогично зафиксированному в панельном штреке 16 сев. орт-заезда.

Таким образом, для потенциально опасных участков при бурении шпуров и скважин максимальные напряжения сосредоточены, в основном, вблизи забоя, для неопасных – на некотором расстоянии, имеются различия и в абсолютных значениях. Наиболее резкие различия акустических параметров имеют место по шпурам, пробуренным в тупиковых забоях ЮПШ и ПДС-2.

Исследование распределения напряжений на шахтном поле в целом, выявление и динамика развития зон высоких напряжений может быть выполнена акустическим зондированием и акустическим контролем процесса бурения шпуров и контрольных скважин.

### Выводы

Степень удароопасности в подготовительных забоях может быть определена по акустическо-

му сигналу, возникающему при бурении контрольных шпуров.

По параметрам акустического сигнала может быть оценена эффективность бурения разгрузочных скважин в качестве мер борьбы с горными ударами, которые в последнее время проявляются при ведении горных работ на глубоких горизонтах Кривбасса.

### Библиографический список

1. Правила ведения горных работ на пластах склонных к газодинамическим явлениям. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Утв. Минуглепром Украины 30.12.05. – Киев, 2005. – 222 с.
2. Ведение горных работ в сложных условиях на выбросоопасных пластах / С. П. Минеев, А. А. Рубинский, О. В. Витушко, А. Г. Радченко. – Донецк: Східний видавничий дім, 2010. – 603 с.
3. Повышение эффективности гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов / С. П. Минеев, А. А. Потапенко, Т. Я. Мхатвари, А. В. Никифоров, Э. И. Тимофеев. – Донецк: Східний видавничий дім, 2013. – 220 с.

*Поступила 20.04.2015*

