© Ю.В. Дубровский, П.Ф. Сидоренко,
М.Д. Молев, В.В. Цветков, 2007

УДК 550.83

*Ю.В. Дубровский, П.Ф. Сидоренко, М.Д. Молев,
В.В. Цветков*

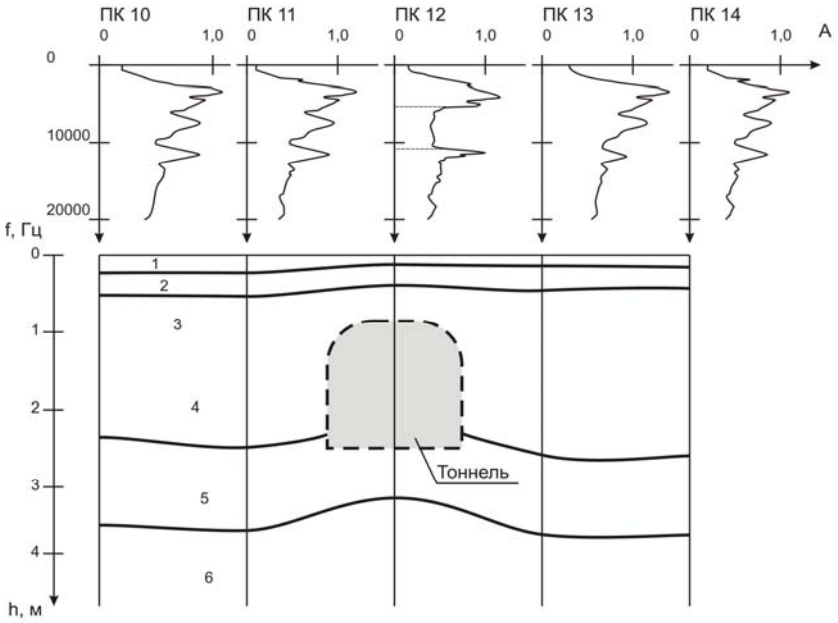
РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОБОВАНИЯ РЕЗОНАНСНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ В ЦЕЛЯХ ВЫЯВЛЕНИЯ ПУСТОТ В ГОРНОМ МАССИВЕ

Семинар № 3

Проблема выявление пустот в массиве горных пород достаточно актуальна при решении задач геоэкологии, инженерной и технической геофизики. Обычно для решения подобных задач используются традиционные методы электро-, магнито-, и гравиразведки. Но, в ряде случаев применение таких методов затруднительно наличием в массиве горных пород различного рода техногенных и так называемых, геологических помех. Это могут быть электрические поля промышленного происхождения, насыпные грунты, слои различного литологического состава, зоны трещиноватости, обводнённости экранирующие объекты исследования или влияющие на их результаты. В таких случаях применяются методы, основанные на изучении амплитудно-частотные характеристики полей упругих сил. Как показала практика, спектральные методы геоакустики особенно хорошо зарекомендовали себя при решении подобных задач в условиях наличия в геологическом разрезе пород так называемых плоскостей ослабленного механического контакта (ОМК).

Принцип действия спектральной геоакустики заключается в изучении резонансных эффектов, наблюдающихся в пласте-резонаторе с жёсткими акустическими границами. В горном массиве контакт породы с газом, жидкой фазой или некоторой породой, заполняющей пустоты, из-за достаточно контрастных различий акустических жёсткостей, будет регистрироваться достаточно чётко. Акустические свойства вмещающих пластов находятся в определенной зависимости от горно-геологических, физико-механических, палеогеографических, геодинамических, тектонических и других факторов. В условиях плоскопараллельного залегания литологически однородных слоёв в них, при проведении последовательного геоакустического зондирования, может возникать резонансный сигнал – отклик на собственной частоте. При известных значениях скорости упругих колебаний от собственной частоты исследуемого слоя можно определить: пространственное положение поверхностей, глубину залегания, мощность слоя. Степень достоверности и точности таких определений зависит от достоверности априорной информации, полученной на предшествующих стадиях геологоразведочных и геофизических исследований.

Слои, имеющие низкие акустические свойства (угольные пласты, насыщенные жидкостями, газами и др.) и пустоты не являются слоями-резонаторами. На спектрограмме они проявляются участками, с пониженными значениями плотности спектра. По-



Спектры сигналов (сверху) и акустический разрез (снизу): *1* – почвенно-раститель-ный слой; *2* – насыпной грунт; *3* – суглинки; *4* – глина

этому, распознавание таких пустот, а также определение таких количественных характеристик, как глубина залегания, угол наклона свода, возможно посредствам анализа форм спектрограммы, полученной по результатам последовательного геоакустического зондирования.

Опытным путём уже установлено, что соотношение уровней полезных сигналов, структурного шума и прочих помех при резонансных исследованиях поперечными акустическими волнами можно добиться лучших характеристик возбуждения и приёма сигнала [1, 6].

Анализ и интерпретация амплитудно-частотных характеристик резонансного сигнала-отклика слоя, после их оцифровки, производится на компьютере, причём не требуется мощных ПК. Математическая обработка осуществляется с применением алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ).

На рисунке приведён акустический разрез, отображающий положение границ ослабленного механического контакта. Работы проводились по профилю “в крест” оси технического тоннеля высотой 1,5 м, свод тоннеля на глубине 1,0 м. Ось тоннеля проходит через пикет № 12. При последующем бурении скважины на пикете «10» был определён геологический разрез. Шаг точек записи по профилю 2,0 м. Возбуждение колебаний обычным молотком резкими отрывистыми ударами. Датчик располагается на пикете, удар в 0,2 м от пикета. На каждом пикете выполнялось несколько возбуждений. Запись велась в диапазоне 20–21000 Гц с частотой дискретизации 42000 Гц.

На пикете 12 акустическая третья сверху граница ОМК смещена к отметке 1,0 м, интерпретируемая нами как положение свода тоннеля.

Существуют предпосылки для повышения эффективности обработки и интерпретации применить вейвлет-анализ, позволяющий использовать весовую функцию (вейвлет), являющую-

ся одновременно и анализирующей. Кроме того, вейвлет-анализ отличается быстротой обработки сигнала и простотой алгоритма и вполне применим для решения задачи востановления геологического разреза по некоторой априорно заданной модели (геоакустическом образу).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Третьяк А.Я., Денисенко В.В., Сидоренко П.Ф., Худолей Н.Н.* Определение местоположения угольного пласта в вертикальном разрезе углевмещающей толщи методом геоакустических спектральных исследований - Изв. вузов Сев. – Кавк. Регион Техн. науки. –1999. №4. – С. 81–84.

2. *Ковалёв А.В., Козлов В.Н., Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г., Яковлев Н.Н.* Импульсный эхо-метод при контроле бетона. Помехи и пространственная селекция. Дефектоскопия. – 1990. № 2. – С. 29–41.

Коротко об авторах

Дубровский Ю.В., Сидоренко П.Ф., Молев М.Д., Цветков В.В. – Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт).

© Б.М. Иванов, Ю.А. Филиппов, С.В. Индыло, А.В. Колесов, 2007

УДК 622.272:550.834

Б.М. Иванов, Ю.А. Филиппов, С.В. Индыло, А.В. Колесов

*СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

Семинар № 3

Проведение горных выработок по выбросоопасным шахтопластам с помощью буровзрывных работ в режиме сотрясательного взрывания в ряде случаев сопровождается справоцированными выбросами угля и газа и загазированием выработок.

Актуальность задачи заключается в том, что, проведение горных выработок обусловлено комплексом производственных процессов и сопровождается на газоносных пластах авариями, вызван-

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 05-05-65062)

ными газодинамическими явлениями (ГДЯ). К ГДЯ относятся: внезапные выбросы угля и газа, горные удары, отжимы, выдавливания, обрушения, динамические разломы пород почвы с повышенном газовыделением, взрывы метано-воздушных смесей.

Сейсмоимпульсы, сопровождающие процессы разрушения горных пород, отдельных ГДЯ представлены на рис. 1–5. Методика исследований использует анализ сейсмоакустической реакции призабойного массива на технологическое воздействие, то есть регистрирует сейсмообразы: сейсмоимпульсы разрушения, диаграммы СВР и их отличия от других звуковых сигналов. Так, например, на рис. 1 представлены сейсмообразы сотрясательного взрывания (СВР) и 4-х сейсмоимпульсов.

На рис. 2 представлены сейсмоимпульсы (1-2) до СВР и (3-4) после взрывных работ, которые идентичны по внешнему виду по форме, частоте, амплитуде и по длительности (примерно 20 миллисекунд)

На рис. 3 представлена диаграмма цикла проходки конвейерного штрека с помощью сотрясательного взрывания.

На рис. 4 представлена сейсмограмма буровзрывной проходки вспомогательного уклона 040.

На шахте «Западная» ОАО «Гуковуголь» были произведены экспериментальные сравнения двух контрольно-измерительных устройства. Это звукозаписывающий и воспроизводящий аппарат «Астра-110» и портативное запоминающее устройство «плеер с мультикодированием н-320». С помощью этой аппаратуры осуществляет текущий прогноз по акустической эмиссии (АЭ) горного массива.

Основным элементом этой аппаратуры является чувствительный геофон, воспринимающий звуковые колебания в угле и вмещающих породах.

При этом записывающее устройство плеера подключается к компьютеру и с помощью специальных программ обработки звука наглядно видны диаграммы взрывных работ, сейсмоимпульсов и других сейсмообразов.

Наблюдения проводились на выбросоопастных пологих пластах i_3 «Суходольский» и K_2^H «Лисий» при опытной проверке эффективности способа предотвращения газодинамических явлений, основанного на виброимпульсной обработке (ВИО) призабойного массива при помощи пневмогидравлического источника (ПГИ) импульсов высокого давления. На рис. 3 и 4 представлены сейсмограммы буровзрывных работ без противовыбросных мероприятий и после ВИО призабойного массива, где а - собственно взрывной импульс (ВИ) длительностью 0,06-0,48 с;

б - «пауза»-перерыв акустического сопровождения БВР, связанный с конструктивными особенностями геофонов, длительностью 0,08-0,62 с;

в - непрерывная акустическая эмиссия (НАЭ) последействия БВР примерно одинаковой амплитуды длительностью 0,62-6,21 с;

г - «затухание» НАЭ - завершение колебательного процесса, длительностью 0,20-14,45 с (в нашем случае). Интервал «г» может состоять из чередования «пауз» 0,5-3,0 с и дополнительной эмиссии (особенно на крутых пластах и выбросах) длительностью 0,5-1,5 с.

Анализ сейсмограмм акустического сопровождения буровзрывных работ по амплитудно-частотным характеристикам и длительности позволил

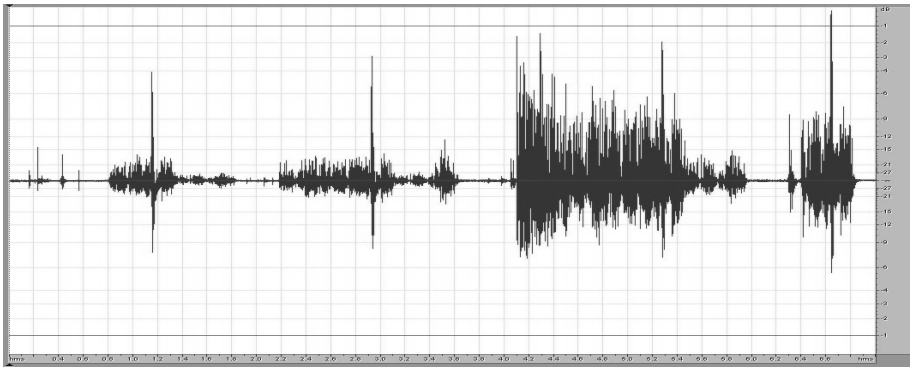


Рис. 1. Диаграмма сотрясательного взрывания и сейсмоимпульсы до и после взрывных работ

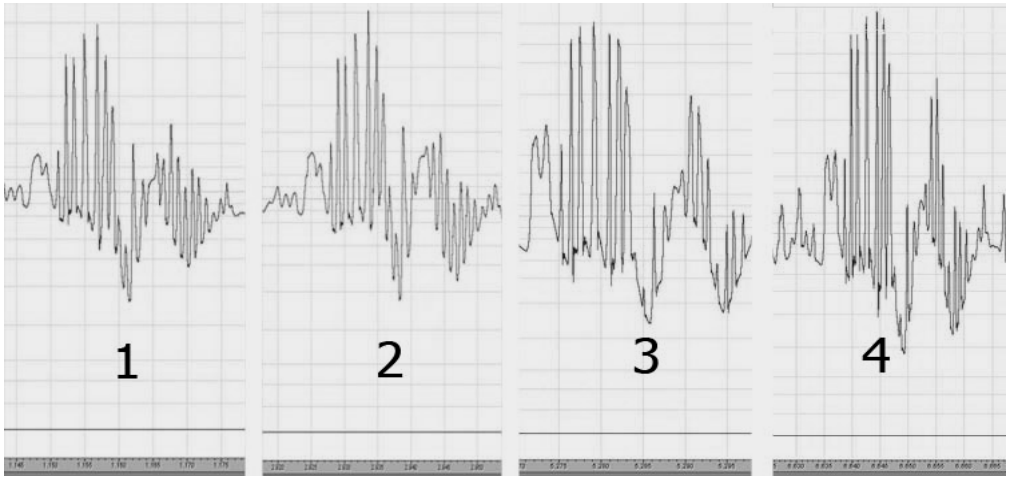


Рис. 2. Диаграммы сейсмоимпульсов до (1-2) и после (3-4) СВР

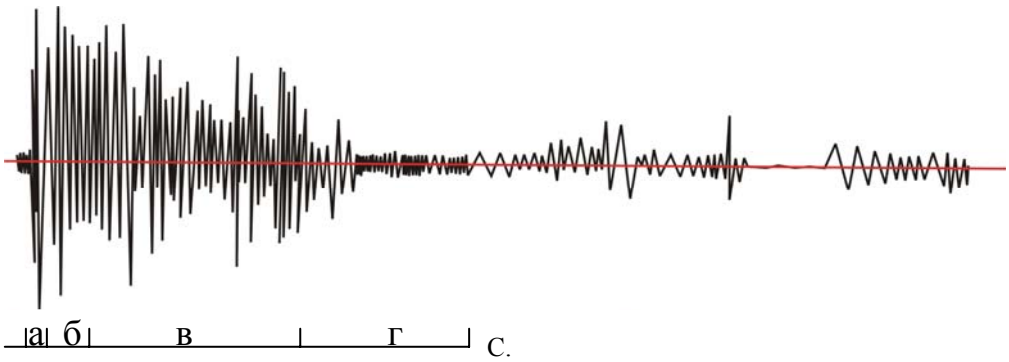


Рис. 3. диаграмма цикла проходки К/Ш с помощью СВР 12.03.1998 г. а = 0,10; б = 0,04; в=1,20; г=1,14 с

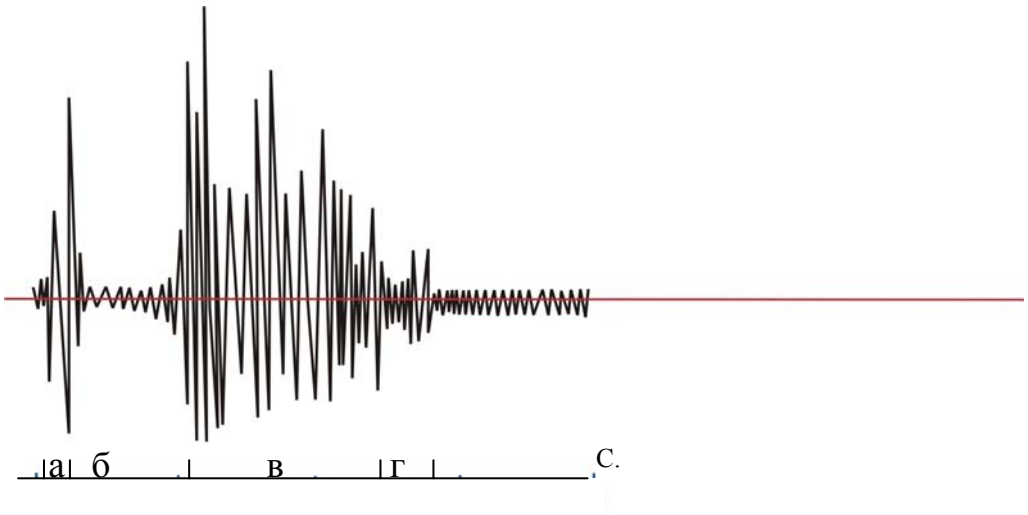


Рис. 4. Сейсмограмма буровзрывной проходки вспомогательного уклона 040 (пласт i_3 Суходольский) 13.03.1998 г. после ВИО призабойного массива (а = 0,14; б = 0,62; в = 1,24; г = 0,55) с

Длительность интервалов сейсмоакустического сопровождения БВР при проведении подготовительных выработок

Дата БВ	Интервалы сейсмообразов, сек				
	а	**б**	**в**	**г**	**Сумма**
Шахта «Западная» ОАО «Гуковуголь», пласт К2^{Н} «Лисий», 601 конв. штрек					
09.06.99	0,060	0,140	0,976	0,200	1,376
10.06.99 11.06.99	0,080	0,100	0,780	1,020	1,980
18.06.99	0,060	0,100	1,380	1,280	2,820
	0,100	0,080	1,512	0,720	2,412
Пласт i_3 «Суходольский», вспомог. уклон 040					
12.03.98	0,100	0,040	1,200	1,140	2,480
Средн.	0,080	0,092	1,169	0,878	2,214
После виброимпульсной обработки					
Пласт i_3 «Суходольский», вспомог. уклон 040					
26.12.97 13.03.98	0,480	0,550	2,600	0,890	4,520
15.03.98	0,140	0,620	1,240	0,550	2,550
	0,180	0,360	0,620	1,340	2,500
Средн.	0,267	0,510	1,487	1,260	3,190
Крутые пласты. Центральный район Донбасса (магнитозаписи В.С.Иванова и Н. В. Широких)					
№ записи № 1	0,290	0,400	1,030	0,880	2,600
№ 4	0,170	0,310	0,820	3,070*)	4,350
Средн.	0,230	0,355	0,925	1,975	3,475
БВР, спровоцировавшие выбросы силой около 80 т					
№ 2 № 3	0,260	0,400	3,340	12,240*)	17,440
	0,250	0,370	6,210	14,150*)	19,140
Средн.	0,255	0,385	4,775	13,195	18,290

практически во всех случаях выделить 4 специфические зоны-интервала (таблица). Как следует из анализа данных верхней части таблицы практически длительность всех интервалов сейсмоакустического сопровождения БВР после ВИО выше аналогичных до применения ВИО. Осо-бенно обращает на себя внимание различие интервала «а» в 2-3 раза и интервала «б» более чем в пять раз. На наш взгляд, это обстоятельство свидетельствует о существенном влиянии виброимпульсной обработки на изменение напряженно-деформированного состояния призабойного массива и усиления его дегазации.

Таким образом, применение сейсмоакустической аппаратуры позволяет оценить напряженно-деформирован-ное состояние призабойного массива и дает возможность решения вопросов прогноза выбросоопасных зон и контроля эффективности способов предотвращения газодинамических явлений.

Анализ сейсмограмм акустического сопровождения буровзрывных работ позволяет выделить по длительности и амплитудно-частотным характеристикам четыре зоны-интервала, имею-щих различную длительность в разных горно-технических условиях проведения горных выработок.

Зоны-интервалы «а» и «б» весьма чувствительны к уровню технологического воздействия на призабойную часть массива и могут быть использованы для контроля эффективности мер предотвращения газодинамических явлений.

Применение сейсмоакустической аппаратуры нового уровня позволит осуществлять реальную оценку напряженно-деформированного состояния призабойного массива, опасного по ГДЯ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов Б.М. Томилин П.И, Юзик В.В. и др.* Анализ сейсмообразов сопровождающих ведение горных работ на выбросоопасных пластах м. н/с ИГД им. А.А. Скочинского 2001, 8с

2. *Бушева В.А., Бондаренко Н.Я., Селиванова Н.И.* Анализ сейсмограмм газодинамических явлений в угольных пластах Донецкого бассейна. М. н/с ИГД им. А.А. Скочинского, 1978, с. 218-222.

Коротко об авторах

Иванов Б.М. – доктор технических наук, профессор,
Филиппов Ю.А. – горный инженер,
ИПКОН РАН,
Индыло С.В. – горный инженер,
Колесов А.В. – горный инженер,
ОАО «Гуковуголь».