

8. Структуры гидрогеологических и газовых полей отражают геомеханическую структуру породного массива, так как любое разрушение приводит к увеличению градиента изменения параметров этих полей, а, следовательно, и к активизации протекающих физических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об общности гипотез развязывания выбросов и их экспериментальном подтверждении / В.Т. Глушко, А.А. Яланский, А.Т. Курносов, Т.А. Паламарчук // Горные удары, методы оценки и контроля удароопасных массивов горных пород. – Фрунзе: Илим, 1979. – С. 41-47.
2. Теория, средства и методы геофизического контроля в подземных сооружениях и горных выработках / Б.М. Усаченко, А.А. Яланский, В.Н. Сергиенко, Т.А. Паламарчук // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2000. – №8. – С. 185-188.
3. Усаченко Б.М., Паламарчук Т.А., Слащева Е.А. Исследование синергетических и волновых процессов в массиве горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2000. – № 8. – С. 182-184.
4. Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Розумный С.Н. Особенности и диагностика процессов самоорганизации породного массива в окрестности горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2003.- № 3.- С.151-154.

УДК 550.37:622.83

С.И. Скипочка

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЛОКАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Наведені способи визначення координат та розмірів малоамплітудних геологічних порушень механоелектричним методом.

EFFECTIVE WAYS OF A LOCATION OF GEOLOGICAL INFRINGEMENTS

It is submitted a mechanic and electric method of definition of coordinates and the sizes at the few peak geological infringements.

Используемая на этапе разведки сеть скважин позволяет выполнить только региональный прогноз геологической нарушенности месторождения, при этом малоамплитудная нарушенность выпадает из поля зрения скважинной и полевой геофизики. В то же время известно, что именно своевременное обнаружение малоамплитудных геологических нарушений тектонического и тектоно-карстового типов на стадии разработки месторождения имеет первостепенное значение как для проектирования рациональных схем добычи ископаемых, так и прогноза гео- и газодинамических явлений.

Для повышения достоверности методов локации тектонических нарушений в угольном пласте, основанных на пластовой сейсмической разведке с применением каналовых интерференционных волн, был разработан способ геофизической разведки, использующий сейсмоэлектрический эффект второго рода (эффект E), наблюдаемый во вмещающих породах угольных формаций. Способ основан на регистрации каналовой сейсмической волны, возбужденной в угольном пласте и отраженной от исследуемого тектонического нарушения, и электромагнитной волны, индуцированной сейсмоэлектрическим эффектом го-

рных пород в момент взаимодействия каналовой волны с тектоническим нарушением. При этом частотные характеристики обеих волн в месте генерации отраженной сейсмической волны и инициированной ею электромагнитной волны будут одинаковы. Поскольку скорости распространения этих волн в среде отличаются почти на 5 порядков, то момент прихода $\delta t_{э.м.}$ электромагнитной волны можно использовать для прогнозирования момента прихода δt_k отраженной каналовой волны (выделения момента ее вступления):

$$\delta t_k \cong 2 \delta t_{э.м.} \quad (1)$$

Как было показано, сейсмoeлектрический эффект у пород, находящихся в объемном напряженно-деформированном состоянии, при значениях напряжения $0,3-0,4\sigma_{сж}$ весьма мал, а размеры зоны неупругих деформаций сравнимы с высотой выработки (h) [1, 2], поэтому сейсмoeлектрический сигнал будет регистрироваться только от пород почвы и кровли в объеме, распространяющимся от контура выработки на глубину h . В худшем случае, если возбуждение упругих волн происходит вблизи почвы (кровли), расстояние от пункта взрыва до границ области пород кровли (почвы), индуцирующих сейсмoeлектрический сигнал, будет равно $2h$. Учитывая, что сейсмoeлектрический эффект возбуждается как продольными, так и поперечными волнами, а также, что скорость поперечных волн C_s всегда меньше скорости продольных, время распространения упругой волны от пункта возбуждения до указанной выше границы будет равно $2h/C_s$. Т.е., начиная с какого-то момента времени $t_3 \geq 2h/C_s$, сейсмoeлектрический эффект, индуцированный породами почвы и кровли околорыбчаточного массива, не будет регистрироваться приемной аппаратурой.

Способ реализуется следующей последовательностью операций. В забое горной выработки в пласте угля устанавливают приемники упругих колебаний, а в породах почвы – приемники электромагнитных колебаний. Приемники подключают к многоканальному регистратору, причем приемники электромагнитных колебаний через устройство задержки, которое позволяет «вырезать» часть информации от момента взрыва в течение отрезка времени

$$t_3 \geq \frac{2h}{C_s}. \quad (2)$$

Кроме того, посредством фильтра, подключаемого между приемниками и аппаратурой, осуществляют регистрацию информации в фазе Эйри (наиболее информативной области каналовых волн). Частоту фильтра определяют по известным мощности пласта и скорости каналовых волн. В пласте угля возбуждают, например посредством взрыва, упругую волну, которая распространяется как по пласту, так и по породам. Все типы волн, кроме каналовой, в пласте очень быстро затухают. Каналовая волна, достигнув нарушения, отразится и, одновременно, за счет сейсмoeлектрического эффекта пород, слагающих

нарушение, индуцирует электромагнитную волну с равной себе частотой, которая будет зарегистрирована приемниками электромагнитных колебаний. Кроме тектонического нарушения, область относительно разгруженных пород (зона неупругих деформаций) существует также вблизи контура горной выработки, точнее от контура выработки на глубину, равную мощности пласта. Эта область также индуцирует электромагнитные колебания, которые «вырезаются» устройством задержки. Приемники электромагнитных колебаний, обладающие по сравнению с сейсмоприемниками более узкой диаграммой направленности, например магнитные ферритовые антенны, располагают по окружности в плоскости пласта, что позволяет определить не только расстояние до нарушения, но и его координаты.

Чтобы избежать ложного выделения каналовой волны, обусловленного суперпозицией прямой и отраженной волн либо размывом фазы Эйри при малой мощности пласта или меньшей, по сравнению с мощностью пласта, амплитудой нарушения, приход каналовой волны прогнозируется по времени прихода электромагнитной волны. Поскольку приемники электромагнитных колебаний не чувствительны к сейсмическим волнам, а сейсмoeлектрический сигнал, поступающий от области неупругих деформаций вблизи выработки, будет «вырезан», на регистратор поступит только сейсмoeлектрический сигнал, индуцированный каналовой волной в породах, слагающих нарушение. Учитывая, что время распространения электромагнитной волны от нарушения до приемника близко к нулю, время вступления каналовой волны δt_k определяют из условия (1) и в случае ее прихода вычисляют расстояние до нарушения, а используя данные, полученные от антенн, - его координаты.

Преимущества методов локации объектов, базирующихся на механоэлектрических эффектах пород, состоят в том, что применение их не только повышает достоверность контроля, но и позволяет получить ряд дополнительной информации об объекте, в частности определить его размер. В основе одного из разработанных способов геофизической разведки, позволяющего оценить размер объекта, лежит установленная закономерность изменения амплитуды сейсмoeлектрического эффекта от длины образца, согласно которой максимальный эффект наблюдается при условии $\ell = \lambda/2$. Способ реализуется следующим образом.

На груди забоя размещают сеть приемников электромагнитных волн направленного типа, например магнитных антенн, и в каждом пункте приема по одному сейсмоприемнику. Все приемники подключают к многоканальному регистратору через промежуточное звено – ряд полосовых фильтров со средними частотами f_1, f_2, \dots, f_m . При этом частоту $f_{(m-1)/2}$ определяют предварительно из условия:

$$f_{\frac{m-1}{2}} \approx \frac{\bar{C}}{2\ell_x}, \quad (3)$$

где m – число полос фильтрации; \bar{C} - средняя скорость упругих волн в объекте;

ℓ_x – ориентировочный размер объекта.

Далее, посредством взрыва, возбуждают в горном массиве сейсмическую волну, которая, достигнув объекта, например пласта боксита, индуцирует в нем электромагнитный импульс, эффективная амплитуда которого на разных частотах будет различна, что объясняется объемной природой сейсмоэлектрического эффекта второго рода. Физика такого явления объясняется тем, что в объекте, мощность которого больше половины длины упругой волны, параллельно с фронтом сжатия возникает фронт растяжения, возбуждающий противозазные колебания. Суперпозиция этих колебаний приводит к общему уменьшению эффекта. Т. е., если объект имеет мощность ℓ , то максимальный электромагнитный сигнал будет наблюдаться на частоте $\bar{C}/2\ell$. Учитывая, что электромагнитная волна, вследствие своей огромной длины, при распространении от объекта до приемников не претерпевает каких-либо спектральных изменений, мощность объекта будет определяться выражением:

$$\ell = \frac{\bar{C}}{2f_{nc}}, \quad (4)$$

где f_{nc} – средняя частота фильтра с максимальным значением амплитуды сейсмоэлектрического сигнала на выходе.

Обычно частотная характеристика сейсмоэлектрического сигнала имеет два максимума, один из которых вызван вышеописанным явлением, а второй – определяется оптимальными частотными условиями для распространения первичных сейсмических колебаний, которые зависят от прочностных, волновых и других свойств вмещающих пород. Для исключения ошибки в определении f_{nc} на выходе фильтров измеряют амплитуды как электрического, так и отраженного сейсмического сигналов, определяют частоты фильтров с максимальными значениями амплитуды на их выходе и при условии, что $f_{nc} \neq f_{nA}$, где f_{nA} – средняя частота фильтра с максимальным значением амплитуды сейсмического сигнала, оценивают мощность объекта по формуле (4).

Для локации тектонических нарушений сбросового типа на пластовых месторождениях в классическом варианте применяют, как правило, сейсмический метод с использованием интерференционных каналов волн. Особенность этого метода состоит в выделении на сейсмических трассах каналовой волны в, так называемой, фазе Эйри. Отличительными признаками каналовой волны являются ее почти в два раза меньшая скорость распространения, а также повышенная частота колебаний в волновом пакете, определяемая, в основном, мощностью пласта. Опыт применения пластовой сейсморазведки на угольных месторождениях показал, что надежное выделение каналовой волны возможно при наличии двух условий: мощность пласта должна быть не менее 1,5-1,6 м,

амплитуда сброса (надвига) должна быть сравнимой или большей мощности пласта. Учитывая факт, что подавляющее большинство угольных пластов (около 80 %), обрабатываемых шахтами Украины, имеют мощность менее 1,5 м (в основном 0,8-1,2 м), масштабное применение пластовой сейсморазведки для локации тектонических нарушений весьма проблематично. Для решения этой задачи был опробован предложенный способ локации тектонических нарушений, базирующийся на использовании градиента механоэлектрических свойств углей и вмещающих пород. Опытная проверка работоспособности разработанного способа была выполнена в рамках совместных работ с Украинским филиалом ВНИМИ на шахте "Алмазная". Геофизические работы выполняли методом сейсмического просвечивания угольного столба, нарушенного тектоникой сбросового типа с амплитудой более 1 м, вскрытой при проходке откаточного штрека и расположенной по отношению к нему под углом около 30°. Схема измерений, а также результаты локации представлены на рис. 1. Пункты возбуждения сейсмических колебаний были размещены в откаточном штреке, а приема - в вентиляционном. Регистрацию информации осуществляли аппаратурой MDGB, три канала которой (два крайних и средний на профиле) были использованы как механоэлектрические. Приемниками электрических сигналов служили магнитные антенны, максимум диаграммы которых был ориентирован на предполагаемое тектоническое нарушение. Расстояние между штреками составляло 180 м, а мощность пласта - 1,7 м. Выделение каналовой волны, при таких условиях, не составляет особого труда, однако положительным моментом этого эксперимента было получение электрического сигнала, индуцированного каналовой волной в породах, слагающих нарушение и обладающих эффектом Е. Преобладающая частота в механоэлектрическом сигнале составляла около 260 Гц, что подтверждает его инициирование каналовой волной (частота в фазе Эйри составляла около 250 Гц). Построенные методом засечек с радиусом $r=V_k\Delta t$, где V_k - скорость каналовой волны, границы нарушения совпадают с границей, полученной по данным обработки сейсмограмм. Полученные результаты подтвердили целесообразность использования механоэлектрического метода, базирующегося на эффекте Е вмещающих пород, в пластовой сейсморазведке, что в настоящее время не находит широкого применения из-за отсутствия механоэлектрической аппаратуры во взрывозащищенном исполнении.

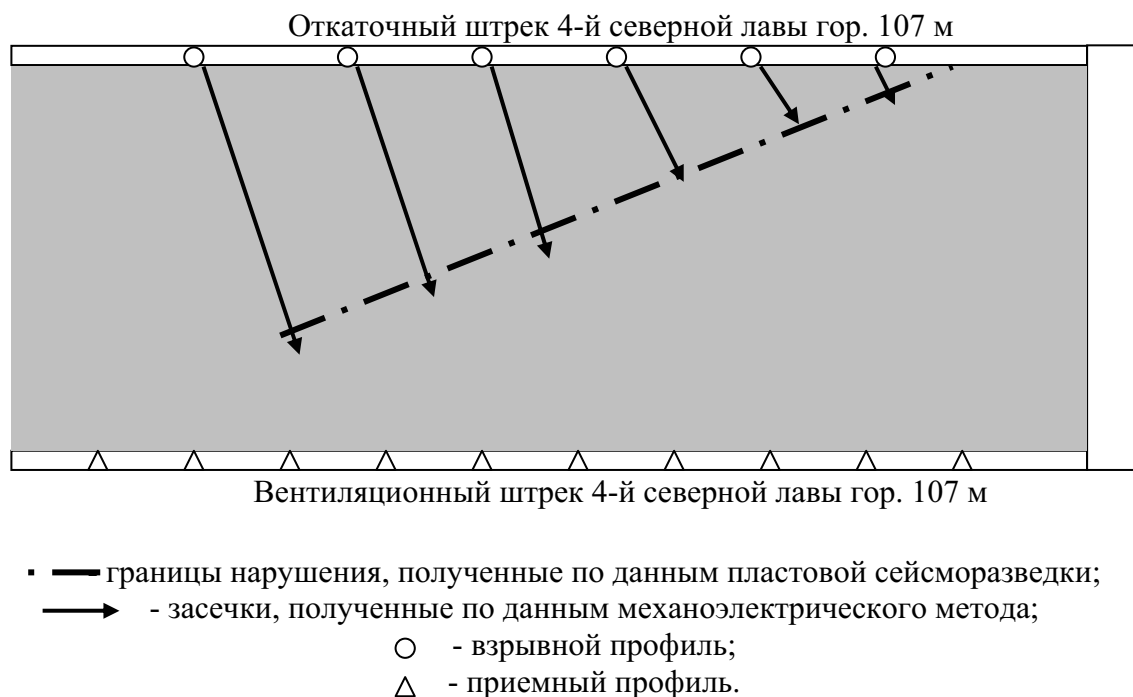
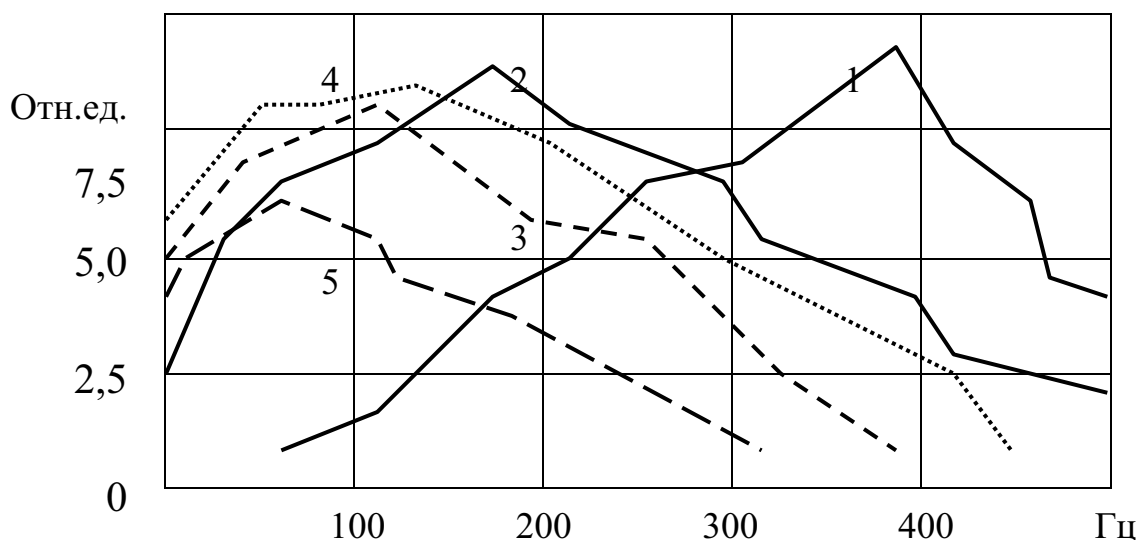


Рис. 1 - Результаты локации тектонического нарушения в угольном пласте

Более обширные исследования были выполнены на гипсовой шахте ААК. Особенность Артемовского гипсового месторождения в том, что в пласте (гипсе) не наблюдаются механоэлектрические эффекты. В то же время нарушения пласта носят тектоно-карстовый характер, причем материал карста, как правило, представлен влажным доломитом. Высокий градиент механоэлектрических свойств границ гипс-доломит и использован для локации нарушений.

При проведении комбайновым способом четных сбоек (№№ 50-66) между пятым и шестым блоковыми штреками были вскрыты нарушения карстового типа. Задача горной геофизики сводилась к определению мощности этих нарушений. В каждой из выработок при помощи аппаратуры «Спектр-1М» были определены максимумы спектральной плотности электрических колебаний, обусловленных сейсмоэлектрическим эффектом нарушения. В качестве приемника сейсмоэлектрического сигнала использовалась магнитная антенна. На рис. 2 представлены полученные спектрограммы, обработка которых позволила вычислить следующие значения мощности встреченных в выработках №№ 52, 54, 56, 60, 62 нарушений: соответственно 2,4; 5,6; 8,8; 8,0; 14,2 м. Проверка мощности нарушений, выполненная методом бурения, подтвердила погрешность измерений в пределах аппаратурно-методической (12-18 %). По полученным данным были подготовлены рекомендации о целесообразности (или нецелесообразности) продолжения горных работ.



1 – сбойка №52; 2 - сбойка №54; 3 - сбойка №56; 4 - сбойка №60; 5 - сбойка №62

Рис. 2 - Усредненные огибающие спектрального распределения составляющих в сейсмoeлектроэлектрическом сигнале, полученном при определении размеров карстов в различных выработках ААК

Таким образом, способы локации геологических нарушений, базирующиеся на механоэлектрических эффектах пород, могут быть рекомендованы для прогноза малоамплитудной тектоники угольных пластов, а также локации и оценки размеров нарушений тектоно-карстового типа на месторождениях рудных и нерудных полезных ископаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скипочка С.И., Паламарчук Т.А., Быков Е.В. О возможностях сейсмoeлектроэлектрического метода при локации тектонических нарушений угольных пластов // Уголь Украины.- 1988.- №5.- С. 40-42.
2. Скипочка С.И., Исаев Ю.С., Зайденварг В.Е. Механоэлектрический эффект выбросоопасных углей // Уголь Украины.- 1993.- №6.- С. 36-38.