

сползают в сторону и теряют свою несущую способность. При этом на целиках методами виброакустического контроля легко выделяются зоны расслоений, повышенной трещиноватости и опасные заколы, а в кровле камеры - зоны расслоения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М. Геомеханика подземной добычи гипса.- К.: Наук. думка, 1985.- 215 с.
2. Экспресс-контроль структурной нарушенности и трещиноватости приконтурной зоны горных выработок методом спектрального анализа /А.А.Яланский, Т.А.Паламарчук, Ю.П.Москаленко, С.П.Одарченко // X Международная конференция по механике горных пород. - М.: Ассоциация геомехаников России. 1993.- С. 103.

УДК 534.2:552.1

С.И. Скипочка

СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ТРЕЩИНОВАТЫХ ПОРОД

В связи с разработкой способов оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород предлагается использование изменения параметров сейсмоэлектрического эффекта второго рода в качестве предвестников разрушения горных пород. Существование такой возможности подтверждается результатами экспериментальных исследований на образцах осадочных горных пород с использованием испытательных машин обычной и повышенной жесткости в условиях одноосного и объемного сжатия [1-4]. При этом установлено, что вблизи и за пределом прочности образцов изменение амплитуды сейсмоэлектрического эффекта имеет непосредственное отношение к изменению трещиноватости горных пород. Анализ таких изменений может быть полезным для разработки нетрудоемкого метода геофизического контроля процессов разрушения различных типов горных пород с трещиновато-пористой структурой.

Предположим (а это наиболее вероятно), что возникновение сейсмоэлектрического эффекта второго рода обусловлено динамическим проявлением потенциала течения жидкости в насыщенной пористой среде. Из теории

Гельмгольца-Смолуховского следует, что соотношение между электрической напряженностью фильтрационного поля $\vec{E}$ и градиентом внутрипорового давления ∇p имеет вид:

$$\vec{E} = g \nabla p, \quad (1)$$

где g - электрокинетическая чувствительность, величина которой с учетом извилистости капилляров пористой среды определяется формулой (1):

$$g = \frac{\varepsilon \varphi}{4\pi\eta(\gamma + \gamma_s / r)}, \quad (2)$$

где $\varepsilon, \eta, \gamma$ - диэлектрическая проницаемость, динамическая вязкость и электрическая проводимость жидкости; φ и γ_s - электрокинетический потенциал и электрическая проводимость поверхности, разделяющей твердую и жидкую фазы; $r = al / s$ - среднее значение гидравлического радиуса капилляра; a, l и s - поперечное сечение, длина и площадь поверхности капилляра.

В частном случае, когда внутрипоровое давление изменяется под действием продольных упругих колебаний, создаваемых плоской монохроматической волной, соотношение (1) принимает вид:

$$\tilde{E} = -i \frac{\omega}{\bar{v}} g \tilde{p}, \quad (3)$$

где $\tilde{E}$ и $\tilde{p}$ - комплексные значения напряженности электрического поля и внутрипорового давления; $\omega = 2\pi f$ - угловая часть упругих колебаний; f - циклическая частота; $\bar{v} = 1 / [(1/v) - i(\delta/v)]$ - комплексное значение скорости распространения волны; v и δ - действительные значения скорости распространения и коэффициента затухания волны.

Следует отметить, что в соотношении (3) не учитывается гидродинамическое запаздывание, влиянием которого можно пренебречь, если значение f ограничивается частотным диапазоном сейсмоакустических исследований. При этом ограничении значения v и δ определяются по известным формулам теории Френкеля-Николаевского о распространении упругих волн в насыщенной пористой среде.

Известно, что наибольшая величина сейсмoeлектрического эффекта регистрируется при прохождении упругих волн по слабосцементируемым породам. В такой среде механическое напряжение σ , возникающее на площад-

ке, перпендикулярной направлению распределения плоской продольной волны, совпадает, в первом приближении, с величиной давления жидкости в порах, т.е. $\sigma \approx -p$. С учетом этого и соотношения (3) амплитудное значение сейсмoeлектрического эффекта можно представить следующим выражением:

$$E = \frac{\omega}{\nu} \left[1 + \left(\frac{\delta \nu}{\omega} \right)^2 \right]^{1/2} g \sigma, \quad (4)$$

которое позволяет ввести, по аналогии с электрокинетической чувствительностью, понятие сейсмoeлектрической чувствительности S и определить ее величину следующей формулой:

$$S = \frac{E}{\sigma} = \frac{\varepsilon \varphi \left[(\omega / \nu)^2 + \delta^2 \right]^{1/2}}{4 \pi \eta (\gamma + \gamma_s / r)}. \quad (5)$$

В соотношении (5) отсутствует явная зависимость S от напряженно-деформированного состояния горных пород, но такая зависимость существует в неявном виде, если изменения трещиноватости эквивалентны изменениям открытой пористости. Увеличение внутреннего объема трещиноватопористой среды сопровождается увеличением r , что уменьшает влияние γ , на величину сейсмoeлектрического эффекта и увеличивает диффузную часть двойного электрического слоя, толщина которой определяет величину φ -потенциала. Раскрытие микротрещин приводит к увеличению поглощения энергии упругой волны и, соответственно, к увеличению δ , что также является причиной возрастания S . Следовательно, сейсмoeлектрическая чувствительность является обобщенной характеристикой, позволяющей судить об изменении трещиноватости горных пород по совокупности электрических и механических параметров с учетом механoeлектрического преобразования. Важно отметить, что вариации величины S в процессе трещинообразования искажает пропорциональность между величинами E и σ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соболев Г.А., Симонян С.С. Изменения сейсмoeлектрического эффекта при деформировании и разрушении горной породы// Прогноз землетрясений. - Душанбе: Дониш. - 1984. - № 4. - С. 257-266.
2. Мигунов Н.И. Об использовании сейсмoeлектрических явлений для

изучения напряженного состояния насыщенных горных пород// Изв. АН СССР. Физика Земли. - 1984. - № 9. - С. 20-28.

3. Скипочка С.И. Сейсмoeлектрический эффект предельно напряженных пород// Изв. АН СССР. Физика Земли. - 1989. - № 7. - С. 88-92.

4. Мигунов Н.И., Скипочка С.И. Сейсмoeлектрический эффект горных пород в режиме управляемого деформирования// Физика горных пород при высоких давлениях. - М.: Наука. - 1991. - С. 187-194.

УДК 534.2:622.831

С.И. Скипочка

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ

В механизме газодинамических явлений, происходящих в угольных шахтах, остается недостаточно ясной причина интенсивной десорбции газа в период зарождения и протекания выброса. Роль спонтанной десорбции энергетически недостаточна для поддержания выброса, а гипотеза о наличии в период выброса дополнительной активационной десорбции молекул газа под действием механоэмиссии пьезоактивных пород при их разрушении [1] не нашла достаточного подтверждения вследствие низкой пьезоактивности пород угольных формаций и практическим отсутствием пьезоэффекта в углях. Однако, как показали исследования [2], электромагнитное излучение наблюдается и при деформировании горных пород, не содержащих минералы-пьезоэлектрики. Причина последнего явления обусловлена сейсмoeлектрическим эффектом второго рода, присущим влагосодержащим осадочным породам и являющимся динамическим аналогом потенциала фильтрации.

В таблице представлены полученные экспериментально динамические пьезоэлектрический и сейсмoeлектрический модули некоторых пород угольных формаций.

Гипотеза о роли сейсмoeлектрического эффекта пород в газодинамических явлениях базируется на следующих, экспериментально установленных, закономерностях [2-4].