© В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, А.В. Евсеев, Н.Л. Бельтюков, 2010

УДК 622.831

В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, А.В. Евсеев, Н.Л. Бельтюков

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ АКУСТОЭМИССИОННЫХ ЭФФЕКТОВ В СОЛЯНЫХ ПОРОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВАЖИННОГО ГИДРОДОМКРАТА ГУДМАНА

Приведены результаты исследования акустоэмиссионных эффектов соляных пород в процессе одноосного нагружения стенок скважины гидродомкратом.
Ключевые слова: соляные породы, напряжение состояние, скважинный гидродомкрат, акустическая эмиссия.

Семинар № 3

В условиях рудника БКПРУ-2 ОАО «Уралкалий» проведен комплекс экспериментальных исследований по изучению закономерностей проявления акустоэмиссионных эффектов соляных пород при циклическом нагружении стенки скважины одноосной нагрузкой. Эксперименты ориентированы на разработку перспективного метода контроля напряжений в породном массиве, основанного на способности горной породы запоминать уровень действия предыдущей нагрузки (эффект Кайзера) [1]. При этом за величину первичной нагрузки принимается величина напряжений, действовавших в массиве до бурения разгрузочной скважины. Восстановление исходного напряженного состояния околоскважинного массива осуществляется путем нагружения стенок скважины гидродомкратом [2, 3]. Об уровне действовавших на породу напряжений судят по скачкообразному изменению активности акустической эмиссии (АЭ) в процессе указанного восстановления.

Для натурных экспериментов использовался измерительный комплекс, включающий скважинный гидродомкрат Гудмана и аппаратуру регистрации акустической эмиссии (рис. 1).

Скважинный гиродомкрат Гудмана фирмы Durham Geo Slope Indicator (США) представляет собой каротажный зонд, предназначенный для измерения деформации стенок скважины под действием приложенной нагрузки. В процессе измерений домкрат создает давление на стенки скважины в одной плоскости посредством двух стальных подвижных пластин (рис. 2).

Зонд спроектирован для использования в скважинах диаметром 76 мм. Максимальное гидравлическое давление, развиваемое гидроцилиндрами составляет 70 МПа. Конструкция домкрата обеспечивает коэффициент передачи давления на породу, равный 0,93. Предел перемещения подвижных пластин - 11,4 мм. Контроль деформации стенок скважины осуществляется двумя индуктивными датчиками перемещения, установленными на концах гидродомкрата. При перемещениях до 5 мм датчики обеспечивают точность измерений - 15 мкм.

Контроль давления в ходе эксперимента осуществляется датчиком Метран-55. Ручной гидравлический насос Энерпред Р-84 создает максимальное

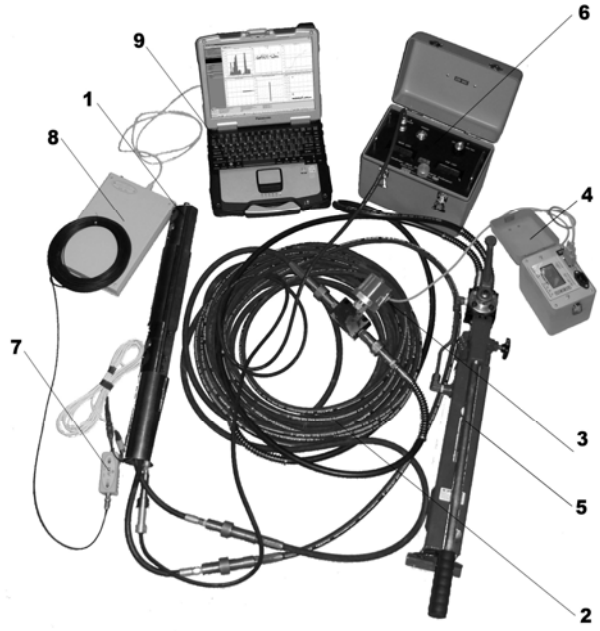

Рис. 1. Измерительный комплекс для изучения акусто-эмиссионных эффектов в околоскважинном массиве горных пород: *1* - гидродомкрат Гудмана; *2* - высоконапорные шланги; *3, 4* - датчик (Метран-55) и регистратор (Метран-901) давления; *5* - гидравлический насос Энерпред Р-84; *6* - прибор для измерения деформаций стенок скважины; *7* - усилитель; *8* - блок регистрации АЭ АЕС-USB-1; *9* - ноутбук

выходное давление 70 МПа. Гидравлические шланги и насос имеют самоуплотняющиеся муфты.

Прием сигналов АЭ осуществляется непосредственно из нагружаемой области массива. Для этого на гидродомкрат устанавливается пьезокерамический датчик импульсов АЭ, обеспечивающий прием сигналов в диапазоне частот 0,2÷0,5 МГц.

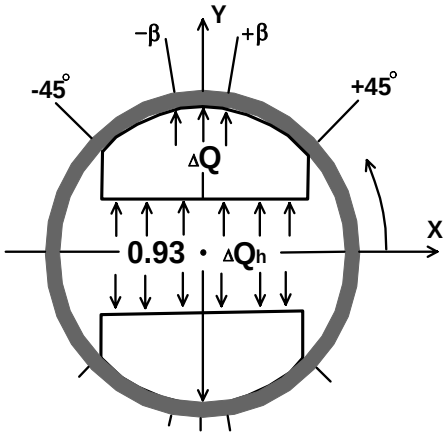

Рис. 2. Схема нагружения стенок скважины гидродомкратом Гудмана

В процессе проведения экспериментов осуществлялся следующий порядок работ. На первом этапе производилась локальная разгрузка приконтурного массива путем бурения скважины. Затем в скважину помещался гидродомкрат с преобразователем, соединенный с ручным насосом и манометром. Гидродомкрат досылался на заданную глубину и присоединялся к блоку регистрации АЭ, который, в свою очередь, подключался к ноутбуку. В цилиндры гидродомкрата под давлением нагнеталась рабочая жидкость. В результате нагружения в околоскважинном массиве возникают импульсы АЭ, принимаемые преобразователем.

На рис. 3 показан характер изменения параметров АЭ в процессе направленного циклического нагружения стенок скважины. Максимальное давление в гидросистеме в первом цикле нагружения составляло 15 МПа, во втором – 20 МПа, в третьем – 25 МПа. Установлено, что при достижении во втором и третьем цикле нагружения величины давления предыдущего цикла

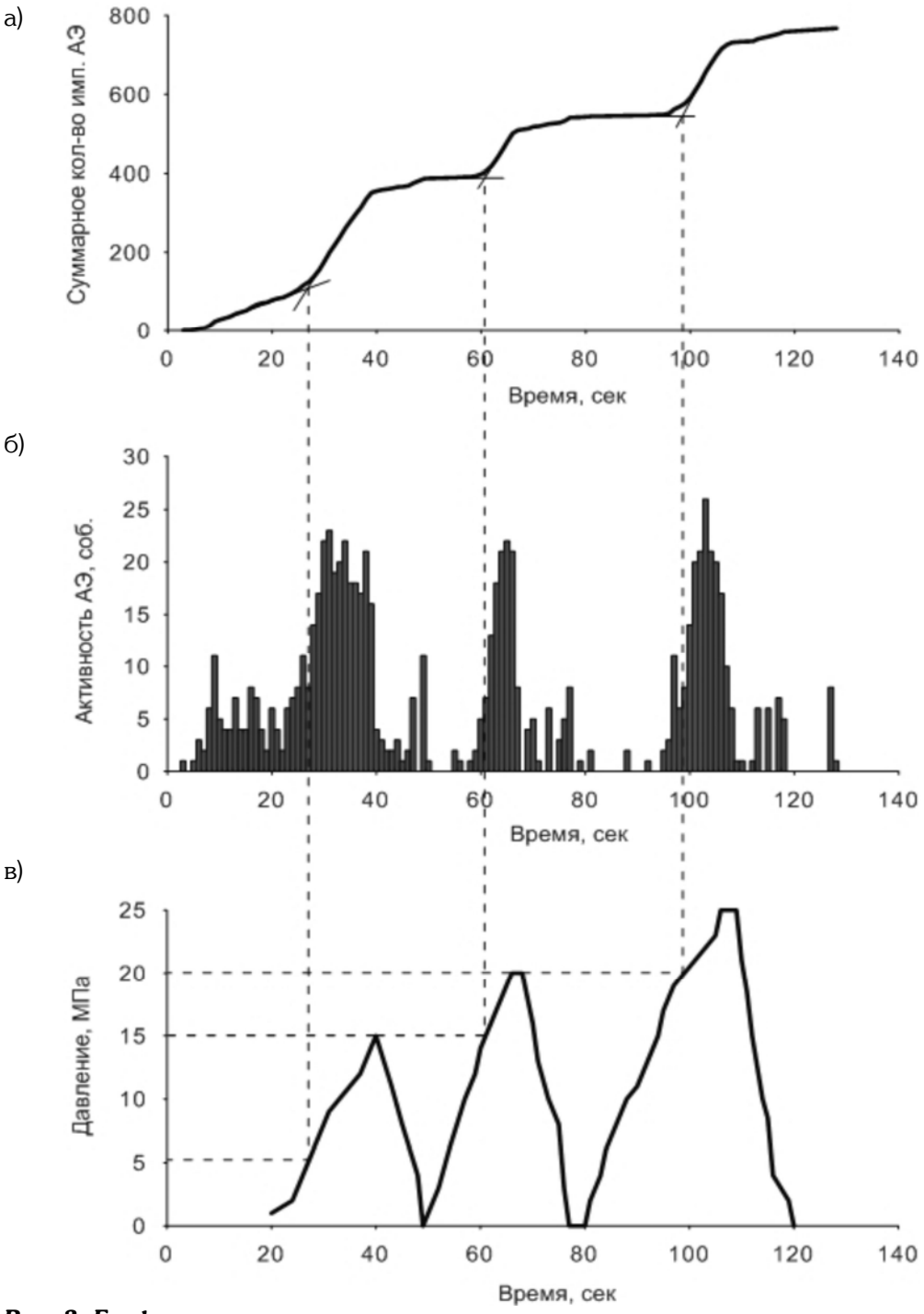

Рис. 3. Графики изменения контролируемых параметров в процессе направленного циклического нагружения стенок скважины гидродомкратом Гудмана: а) суммарное количество импульсов АЭ; б) активность АЭ; в) давление в гидросистеме

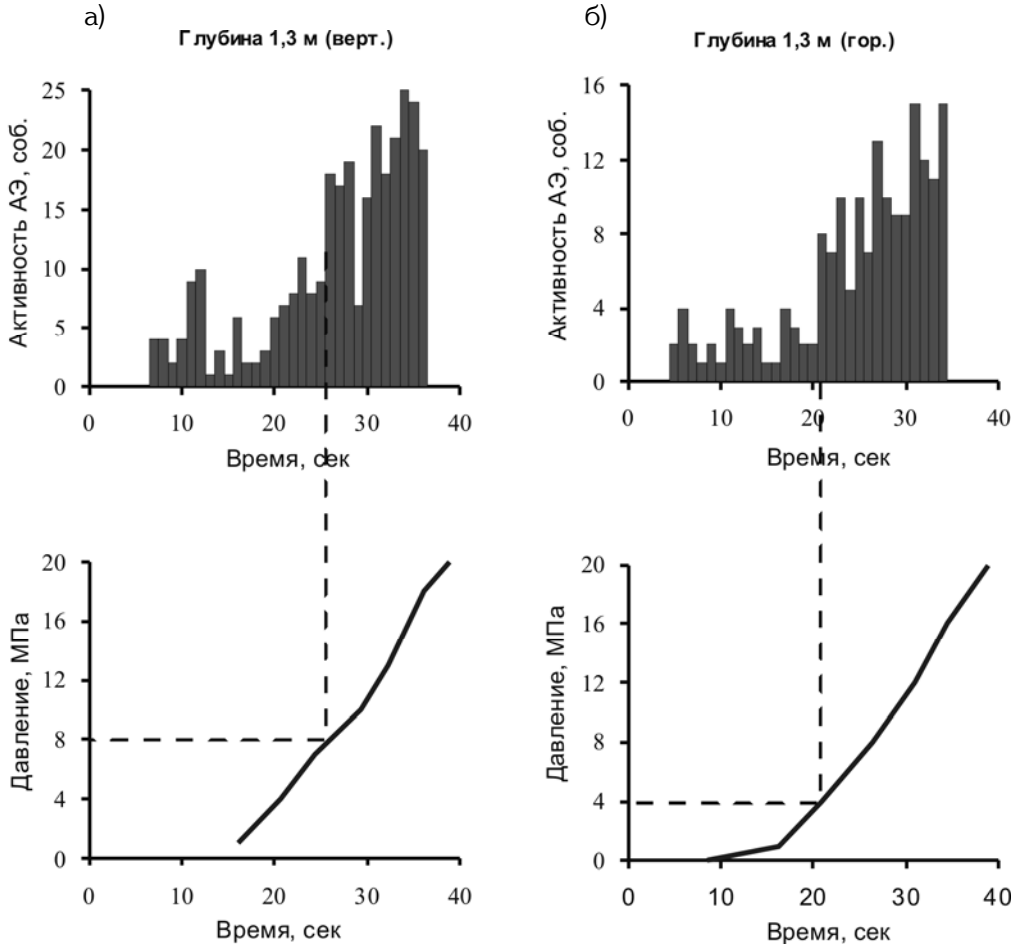

Рис. 4. Типичные графики изменения давления и активности акустической эмиссии от времени, полученные в процессе нагружения стенок скважины: а) вертикальное направление; б) горизонтальное направление

происходит скачкообразное увеличение количества импульсов АЭ. При этом об уровне предыдущей нагрузки можно судить по перегибу кривой на графике суммарного количества импульсов АЭ (рис. 3, *а*), либо по резкому (в 2-3 раза) увеличению интенсивности импульсов АЭ (рис. 3, *б*).

Дальнейшие исследованиями показали, что суммарное количество импульсов АЭ не всегда является надежным критерием локализации величины напряжений, действующих в массиве. В некоторых случаях не удается идентифицировать точку перегиба кривой суммарного количества импульсов АЭ, что обусловлено наличием высокого уровня шума, связанного с перемятием неровностей стенки скважины гидродомкратом на начальной стадии деформирования. В этом случае наиболее информативным параметром является интенсивность АЭ, измеряемая количеством импульсов АЭ в единицу времени.

Следует отметить, что резкое изменение параметров АЭ также происходит и в первом цикле нагружения при достижении определенного уровня давления, обусловленного, по-видимому, величиной напряжений, действующих в массиве до разгрузки (рис. 3) [1]. При нагружении стенок скважины гидродомкратом спустя сутки после ее бурения эмиссионные эффекты в горной породе отсутствовали, что свидетельствует о том, что сохранность проявления эмиссионных эффектов памяти соляных пород в околоскважинном участке массива невелика и составляет несколько часов.

Резкие изменения активности АЭ в процессе нагружения стенок скважины фиксируются на различных уровнях давления, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости (рис. 4). Проведение измерений в двух различных плоскостях в одной и той же измерительной точке приводит к стиранию эмиссионных эффектов памяти во втором опыте за счет влияния первого цикла нагружения.

Таким образом, в результате выполненных экспериментов можно сделать следующие выводы:

- нагружение стенок скважины гидродомкратом должно производиться сразу же после ее бурения и зачистки;

- контроль уровня действующих в соляном массиве напряжений на основе использования эмиссионных эффектов памяти может осуществляться как по суммарному количеству импульсов АЭ, так и по интенсивности АЭ;

- определение величин напряжений, действующих в массиве в различных плоскостях должно осуществляться в измерительных точках в скважине, разнесенных друг относительно друга, не менее чем на 0,3 м.

Целью дальнейших исследований является разработка методики количественной оценки напряжений, действующих в массиве, в различных плоскостях.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 09-05-00902 «Контроль напряженного состояния грузонесущих элементов системы разработки соляных пород акустоэмиссионными методами»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лавров А.В., Шкуратник В.Л., Филимонов Ю.Л.* Акустоэмиссионный эффект памяти в горных породах.-М.: Изд-во МГГУ, 2004.

2. *Watters R.J., Soltani A.M.* Directional acoustic emission activity in response to borehole deformation in rock masses // Proc. 26th U.S. Symp. on Rock Mech. – Rotterdam: A.A.Balkema, 1985.- Vol.2.

3. *Lord A.E., Koerner R.M.* Field determination of prestress (existing stress) in soil and rock masses using acoustic emission // Journal of Acoustic Emission.- 1985.- Vol. 4.- No. 2/3. ГИАБ

Коротко об авторах

Асанов В.А. – доктор технических наук, профессор,
Евсеев А.В., Токсаров В.Н., Бельтюков Н.Л. –
Горный институт УрО РАН, г. Пермь, arc@mi-perm.ru