© А.С. Вознесенский, С.В.Вильямов, 2008

УДК 622.02:531

*А.С. Вознесенский, С.В.Вильямов*

# *ОСОБЕННОСТИ АКУСТОЭМИССИОННЫХ СИГНАЛОВ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ПРИ НАГРЕВАНИИ**

**Семинар № 2**

*Введение*

Физические свойства, строение и состояние горных пород могут быть определены по проявлениям акустической эмиссии (АЭ), возникающей при различных воздействиях. Одним из таких воздействий является нагревание, встречающееся при определенных физических процессах горного производства. При наблюдении за АЭ возможна регистрация ряда информативных параметров, общее число которых может доходить до 12-13. На практике наиболее часто используют такой информативный параметр, как активность акустической эмиссии (ААЭ).

Известны работы, использующие анализ сигналов АЭ для оценки теплового воздействия, осуществленного на горные породы, в частности, на гипс [1]. Однако в них не рассматривается изменение АЭ в процессе нагревания.

Рассмотрим особенности изменения ААЭ в зависимости от температуры при различных скоростях нагревания гипсосодержащих пород.

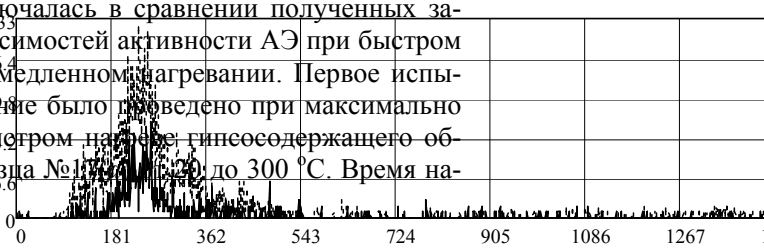
**1. Образцы, испытательное оборудование**

Испытания проводились на гипсосодержащих образцах горной породы Новомосковского месторождения. В данной статье для примера рассмотрены результаты испытания образца №17, отобранного из IV пачки гипсовой толщи. Предварительно он был распилен на три части и промаркирован как №17(*а*), №17(*б*), №17(*в*). Такое деление образца, позволило поставить три эксперимента для сравнения между собой характеристик ААЭ и других параметров на одном и том же геоматериале. Для получения более достоверных результатов, эти три эксперимента были проведены по различным схемам.

В ходе эксперимента регистрировались температура, различные параметры сигналов АЭ, а также их полная форма. Для регистрации использовалась измерительная система, собранная на базе аппаратуры акустоэмиссионного контроля A-Line 32D (ООО «Интерюнис», г. Москва). Более подробное описание лабораторной установки приведено в [2]

**2. Характерные особенности сигналов ААЭ**

Основная задача экспериментов заключалась в сравнении полученных зависимостей активности АЭ при быстром и медленном нагревании. Первое испытание было проведено при максимально быстром нагреве гипсосодержащего образца №17(*а*) [illegible] до 300 °С. Время на-




*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 07-05-00045.

$\dot{N}_\Sigma$, имп./с

***Рис. 1. Изменение ААЭ в процессе испытаний образца №17(а) при быстром нагревании***

грева составило около 30 мин. Скорость при максимально быстром нагреве составила $V_T = 10\,^{\circ}$С/мин.

Одним из регистрируемых параметров, который представляет интерес, является активность ААЭ.

Как видно из рис. 1, увеличение ААЭ наблюдается уже в первые минуты эксперимента. Это, в частности, связано с тем, что в результате быстрого нагрева температура снаружи образца растет быстрее, чем внутри. Данное обстоятельство приводит к возникновению напряжений на границе фронта распространения температуры внутри геоматериала, что и приводит к росту активности. Сплошная линия на графике соответствует значениям первого канала, а пунктирная линия – второго. Такое обозначение сохраняется и далее.

Дальнейший анализ изменения активности АЭ позволяет увидеть некоторые особенности испытываемого образца. Наблюдается два максимума и один локальный минимум, что может быть связано с фазовыми превращениями в геоматериале, в частности, с удалением с кристаллизационной воды и перестройкой структуры [3]. Данное наблюдение хорошо иллюстрирует рис. 2. Для более удобного визуального представления графика взят небольшой участок значений ААЭ, растянутый во времени.

Во втором эксперименте было проведено похожее испытание, но с более медленным нагревом. Это позволило получить оценку влияния скорости изменения температуры на акустическую эмиссию в геоматериале.

Образец №17(*б*) также нагревался до 300 °С с выдержкой на данной температуре 30 мин. Полное время эксперимента составило 3 ч. 30 мин., при этом ско-

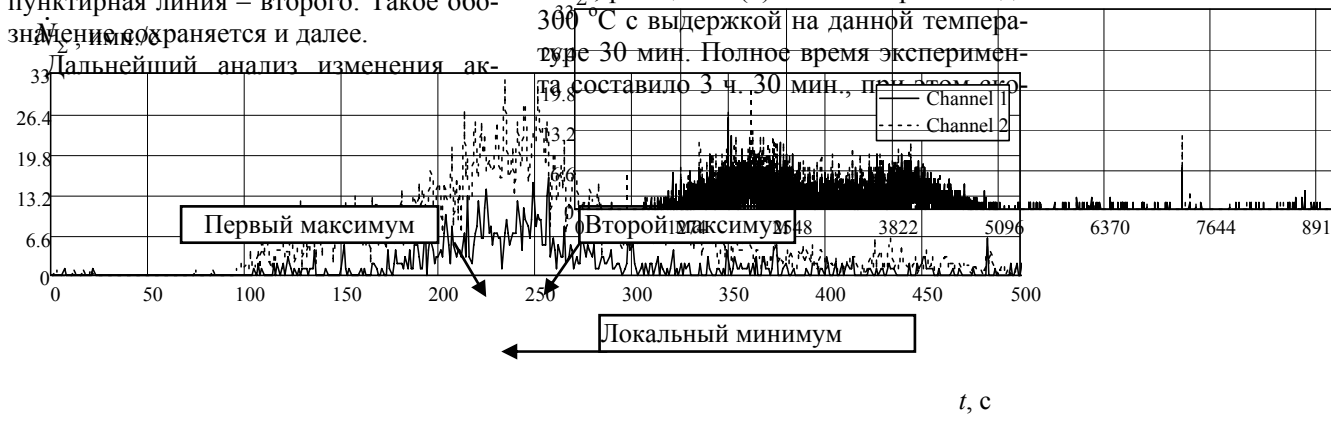



***Рис. 2. Участок повышенных значений ААЭ, растянутый во времени***

***Рис. 3. График зависимости ААЭ от времени образца №17(б) при медленном нагревании***

рость медленного нагрева составила $V_T = 1{,}5$ °С/мин., т. е. в 7 раз меньше, чем в первом случае.

На рис. 3 представлен график зависимости ААЭ от времени. Здесь также наблюдаются два максимума и один локальный минимум. Это может являться подтверждением того, что образцы №17(*а*) и №17(*б*), по сути, идентичны.

По сравнению с результатами предыдущего эксперимента, ААЭ при медленном нагреве образца №17(*б*) не столь велика, что связано с более равномерным распределением температуры в испытываемом материале.

**3. Сравнение полученных результатов**

Для более удобного отображения изменения ААЭ лучше брать не от времени, а от температуры нагрева. Это позволит более точно определить степень воздействия нагревания на параметры сигнала.

На рис. 4 показано изменение ААЭ от температуры двух вышеизложенных экспериментов. Для более удобного представления, произведено сглаживание данных активности АЭ с ростом температуры. Как видно из графиков, наличие минимума значений ААЭ приходится на температуру нагрева около 93 - 95 $^0$С. Это может также служить подтверждением о схожести свойств гипсосодержащих пород одной литологической разновидности в двух независимых друг от друга экспериментах.

Такое наблюдение позволяет сделать предположение о нескольких физических процессах, происходящих в образце и сменяющих друг друга при определенных значениях темпе-ратуры.

Также представляет интерес первый максимум, амплитуда которого при быстром и медленном нагревах различна по отношению к амплитуде второго максимума.

Наличие локального минимума и двух пиковых значений, присутствующих на всех графических изображениях изменения активности АЭ, свидетельствует о фазовых превращениях, происходящих в образце. По этому поводу сформировались два варианта возникновения подобных отличительных черт:

- первый максимум связан с удалением свободной воды из трещин и пор, а второй максимум указывает на разрыв водородных связей в образце, приводящих к изменению его структуры;

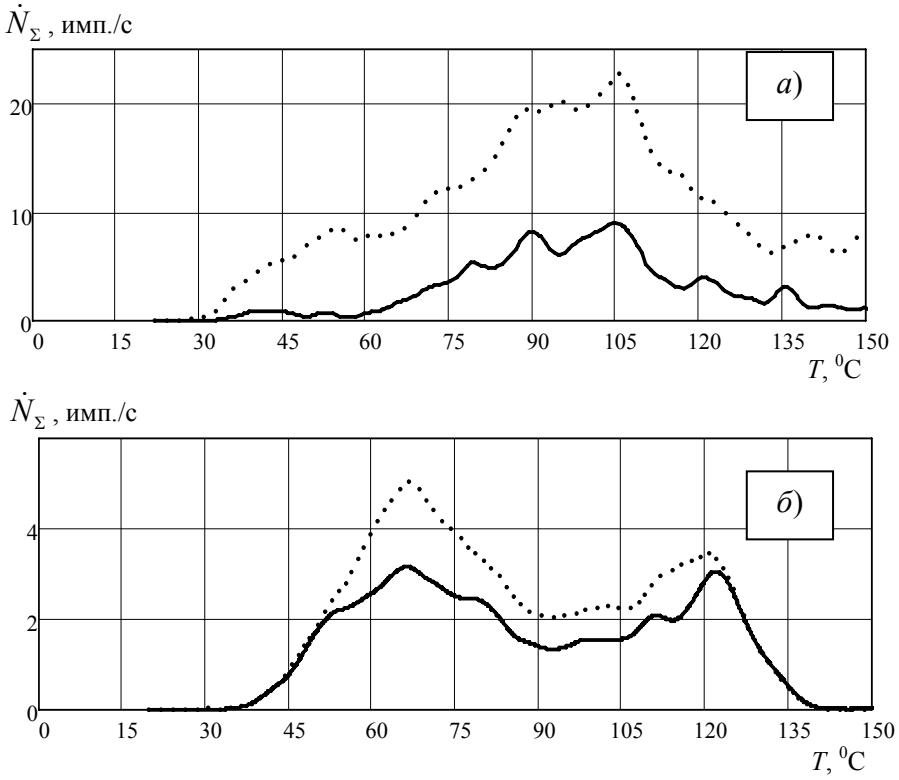



***Рис. 4. Сглаженные данные ААЭ при росте температуры в экспериментах с образцами №17(а) и №17(б)***

- на наличие фазового перехода указывает только локальный минимум – участок, в котором и происходит физический процесс изменения струк-туры, сопровождающийся снижением амплитудных значений ААЭ в образце.

Все полученные данные представляют интерес в исследовании сигналов АЭ при воздействии на исследуемый объект тепловых полей и требуют дальнейшего изучения.

*Выводы*

Исследованные особенности, зарегистрированных сигналов АЭ гипсосодержащих образцов при воздействии на них теплового поля, показали следующие результаты.

1. Скорость нагрева образца влияет только на уровень ААЭ, а общий характер сигнала, связанный с наличием двух максимумов и локального минимума, прослеживается во всех проведенных испытаниях.

2. Смена физических процессов, которые происходят в геоматериале во время нагрева, соответствует определенной температуре, или определенному моменту времени.

1. *Особенности* механоэлектрических преобразований в диэлектрических материалах в области структурных фазовых превращений/ Т.В. Фурса, Е.П. Найден, К.Ю. Осипов, Р.У. Усманов// Журнал технической физики, 2004, т. 74, вып. 12. – С. 52-55.

2. Установка для акустоэмиссионных исследований горных пород при их нагревании // Вознесенский А. С., Шкуратник В. Л., Вильямов С. В., Винников В. А. // Горный информационно – аналитический бюллетень №12. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – С. 143–150.

3. *Глинка Н.Л.* Общая химия. - Л.: Химия, 1985, 702 с. ГИАБ

## *Коротко об авторах*

*Вознесенский А.С.* – доктор технических наук, профессор кафедры Физико-технического контроля процессов горного производства, e-mail: al48@mail.ru
*Вильямов С.В.* – инженер, e-mail: ftkp@mail.ru

Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 2 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Л. Шкуратник.*



### *ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ*

| *Автор* | *Название работы* | *Специальность* | *Ученая степень* |
|---|---|---|---|
| **МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ** | | | |
| ХУДЬКО Елизавета Валерьевна | Экономическое обоснование роста стоимости бизнеса золотодобывающей компании | 08.00.10 | к.э.н. |