

**РЕГИСТРАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИИ
ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ**

УДК 622.235(0888):519.21

**А. Г. Вострецов, Г. И. Кулаков, Г. Е. Яковицкая,
В. А. Марков, Ю. А. Тимоненков, Н. А. Бритков**

Институт горного дела СО РАН, 630091 Новосибирск

Изучению электромагнитного излучения (ЭМИ) при разрушении горных пород посвящены работы [1–3]. В [4, 5] предложено исследовать ЭМИ-излучение на основе S -диаграммы в координатах время — спектральная частота. В ИГД СО РАН продолжены исследования ЭМИ с использованием для регистрации сигналов ЭМИ системы измерений, включающей направленную ферритовую антенну [6], усилитель и цифровую автоматизированную систему измерений, элементы которой описаны в [7]. Эксперименты выполнены на ряде образцов из гранита, мрамора, алевролита и аргиллита.

Ниже в качестве примера рассмотрен результат нагружения для образца из аргиллита. В процессе эксперимента было записано 300 циклов измерений, в каждом из которых регистрировались по 256 точек. Результаты записаны в первый момент нагружения за 0,1 с перед разрушением (стадия накопления микротрещин), в момент формирования зоны магистральной трещины (220-й цикл измерений, рис. 1), через 0,1 с после прорастания магистральной трещины и через 0,2 с после разрушения (222-й цикл измерения, рис. 2). На рис. 1 и 2 приведены осциллограммы (*а*) и спектрограммы (*б*) сигналов ЭМИ указанных циклов измерений. На осциллограммах по оси абсцисс дано время, по оси ординат — амплитуда импульсов U , на спектрограммах по оси абсцисс — спектральная частота, а по оси ординат — спектральная амплитуда.

Анализ осциллограмм и спектральных характеристик позволил выявить ряд особенностей ЭМИ исследуемого материала.

1. Максимальные спектральные амплитуды сигналов ЭМИ-излучения в момент накопления микротрещин фиксировались последовательно на частотах 108 и 41,4 кГц (*I* ветвь S -диаграммы, рис. 3).

2. ЭМИ-излучение в момент формирования зоны магистральной трещины в образце регистрировалось в течение 765 мкс, при этом мощность полезного сигнала более чем в 5 раз превышала мощность предварительно зарегистрированных помех. Длительность импульсов составила 10 ÷ 15 мкс. Максимальные спектральные амплитуды ЭМИ в этот момент регистрировались последовательно на частотах 4; 10; 70; 96 кГц (*II* ветвь S -диаграммы). В то же время в спектре сигнала присутствуют амплитуды с более высокими частотами, например 120 кГц (рис. 1, *б*).

3. В момент прорастания магистральной трещины максимальные спектральные амплитуды зарегистрированы последовательно на частотах 108 и 2 ÷ 4 кГц (*III* ветвь S -диаграммы).

4. Через 0,2 с после разрушения в спектре сигнала регистрировались только помехи (рис. 2, *б*).

5. Как видно из рис. 1, *б*, на спектрограмме наблюдается наличие существенного по величине низкочастотного компонента в сигнале ЭМИ.

Особенность описанного эксперимента — устойчивая регистрация высоких частот в

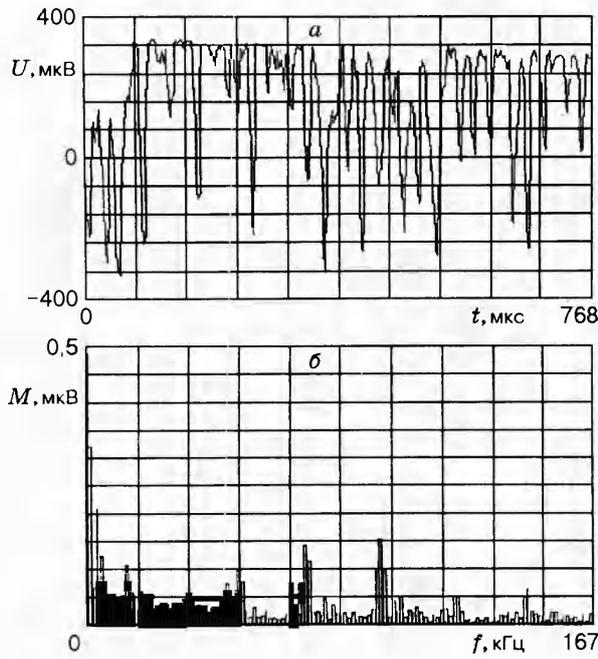


Рис. 1

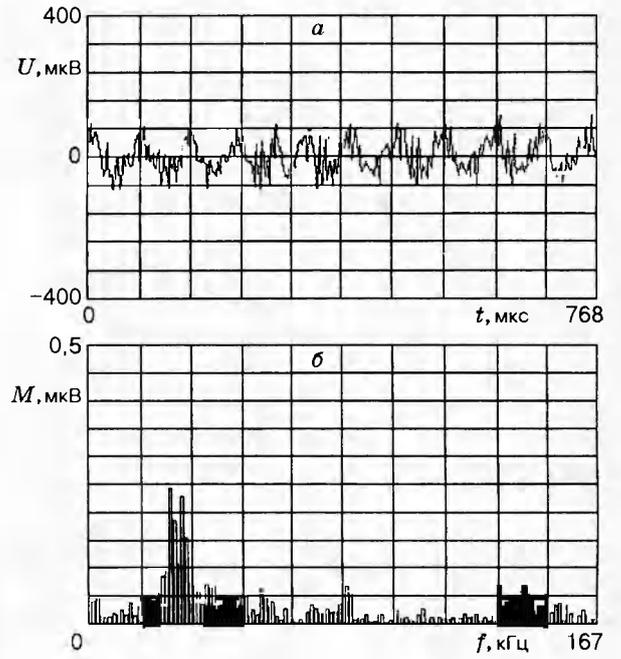


Рис. 2



Рис. 3

начальной стадии нагружения, последнее соответствует процессу зарождения и формирования микротрещин, что явилось результатом использования аппаратуры с повышенной разрешающей способностью (ветвь I).

В заключение отметим следующее:

1) разработана, смонтирована и испытана при проведении экспериментов по изучению ЭМИ цифровая автоматизированная система (АСИ) регистрации электромагнитного излучения, возникающего при нагружении и разрушении образцов горных пород;

2) разработана методика исследований с использованием АСИ, проиллюстрированная на примере нагружения конкретного образца горной породы (аргиллита);

3) получена S-диаграмма для осадочной породы (аргиллита), содержащая устойчиво регистрируемые точки на I ветви в высокочастотной области, что соответствует формированию микротрещин в нагружаемом образце;

4) при анализе спектрограмм было замечено существенное нарастание низкочастотного компонента сигналов ЭМИ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 93-05-8642).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Поиск** электромагнитных предвестников землетрясений / Под ред. М. Б. Гохберга. М.: Наука, 1982.
2. **Егоров П. В., Иванов В. В., Колпакова Л. А., Пимонов А. Г.** Динамика трещин и электромагнитное излучение нагруженных горных пород // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. 1988. № 5. С. 20–27.
3. **Алексеев Д. В., Егоров П. В.** О форме импульса электромагнитной эмиссии, генерируемого движущейся трещиной // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. 1993. № 6. С. 3–5.
4. **Курленя М. В., Яковицкая Г. Е., Кулаков Г. И.** Стадийность процесса разрушения на основе исследования ЭМИ-излучения // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. 1991. № 1. С. 44–49.
5. **Кулаков Г. И., Яковицкая Г. Е.** Особенности изменения спектра частот электромагнитного излучения при разрушении образцов горных пород // ПМТФ. 1994. Т. 35, № 5. С. 160–165.
6. **Марков В. А.** Исследование ЭМИ-излучения породных образцов с помощью магнитной экранированной антенны // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. 1991. № 2. С. 102–104.
7. **Теория** обнаружения сигналов / П. С. Акимов, П. А. Бакут, В. А. Богданович и др. М.: Радио и связь, 1984.

*Поступила в редакцию 5/IX 1995 г.,
в окончательном варианте — 18/X 1995 г.*