

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ОБРАЗЦАХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И АКУСТИЧЕСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

*Помишин Е.К., Яворович Л.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Суржиков А.П., д. ф. – м. н., профессор  
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

В начале 70-х годов в Томском политехническом институте под руководством профессора Воробьева А.А. в лабораторных условиях при механическом воздействии на диэлектрические материалы были зафиксированы электромагнитные сигналы. Появление таких сигналов происходит при переходе механической энергии в электромагнитную. Обнаруженное явление получило название механоэлектрических преобразований. В дальнейшем наибольшее число исследований посвящено изучению ЭМС при механическом воздействии на диэлектрические материалы. Переход механической энергии в электромагнитную зависит от свойств взаимодействующих систем, являющихся носителями энергии и концентрации энергии в них. Воробьев А.А. указывал, что все виды энергии могут превращаться в механическую, которая в земных недрах может превратиться в электрическую. Для такого превращения необходимо получение свободных зарядов или заряженных частиц и электрического поля, что может при воздействии на твердое тело достигнуто многими путями, когда образуются заряженные дефекты структуры. Таким образом, причиной появления электромагнитных сигналов является появляющийся или изменяющийся на поверхностях диэлектриков при их деформировании электрический заряд [1].

Первые проведенные исследования свидетельствовали о том, что электромагнитная эмиссия, проявляющаяся при механоэлектрических преобразованиях, зависит от прочности горных пород. В сложных гетерогенных системах, какими являются горные породы, естественно ожидать определенные зависимости интенсивности ЭМС от состава и строения, а также и от характера деформации [1].

В настоящее время в проблемно научно-исследовательской лаборатории электроники диэлектриков и полупроводников (ПНИЛ ЭДиП) Томского политехнического университета (ТПУ) разрабатывается метод мониторинга изменений напряженно-деформированного состояния массивов горных пород и прогноза удароопасности, основанный на явлении механоэлектрических

преобразований энергии. Поэтому целью настоящей работы являлось исследование изменения параметров электромагнитного сигнала и их амплитудно-частотных характеристик при динамическом и статическом воздействии на образцы горных пород [1].

Объектом исследования являются горные породы, отобранные из Таштогольского железорудного месторождения. Образцы имели форму цилиндра с размерами: высота 8 см, диаметр 4 см. Образцы №23, №27, №31, №36 – представлены вмещающей горной породой (Рис. 1а). Образцы №1, №8, №12, №13, №14, №30 – представлены железной рудой (Рис. 1б).



а)



б)

Рис. 1. а) фото образцов вмещающей горной породы №23, №27, №31, №36, б) фото образцов железной руды №1, №8, №12, №13, №14, №30

В процессе проведения исследований на образцах горных пород использовались методики, разработанные в проблемной научно - исследовательской лаборатории электроники диэлектриков и полупроводников Томского политехнического университета. Используемые методики позволяли проводить регистрацию электромагнитного сигнала (ЭМС) при акустическом и статическом воздействии на образцы. Акустическое воздействие производилось способом динамического воздействия с использованием стального шарика. Статическое воздействие производилось путем одноосного сжатия на прессе до разрушения, что позволяло определить предельную прочность образцов.

При динамическом воздействии на образцы горных пород использовался стальной шарик, при выстреле из пистолета с пружинным устройством. В образец через заземленную металлическую пластину и иммерсионный слой минерального масла пружинной механической системой, использующей стальной шарик, вводился акустический импульс (АС). Проходя через образец, акустический

сигнал регистрировался. Сигнал с пьезоакустического приемника служил для запуска осциллографа и записывался на его экране. Генерируемый при прохождении акустического сигнала ЭМС регистрировался емкостным дифференциальным датчиком, который принимал электрическую составляющую ЭМС. С электромагнитного датчика усиленный ЭМС поступал на осциллограф Tektronix TDS210. Далее ЭМС и АС с осциллографа передавались на компьютер, где производилась их дальнейшая обработка и анализ. Для изменения длительности и амплитуды акустического сигнала ударное воздействие проводилось с использованием стальных шариков массой  $0,25 \cdot 10^{-3}$  и  $0,86 \cdot 10^{-3}$  кг, что соответствовало длительности фронта акустического возбуждения  $10 \cdot 10^{-6}$  с и  $14 \cdot 10^{-6}$  с [1].

В таблице 1 приведены данные по содержанию магнетита в образцах железной руды и их предельная прочность при одноосном сжатии.

Таблица 1

Номер образца	Масса образца, г	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Объем м, см <sup>3</sup>	Объем магнетита, см <sup>3</sup>	Масса магнетита в образце, г	Содержание магнетита в образце, %	Предел прочности на сжатие, кН
1	359.95	3.214	112	11	57	16	158.6
8	379.75	3.446	110	23	118	31	279.8
12	392.75	3.602	109	31	157	40	196.5

Из таблицы мы видим, что прямой зависимости прочности образца и содержания магнетита не наблюдается.

Для выявления особенностей в зарегистрированных при акустическом возбуждении ЭМС для образцов вмещающей породы, был проведен расчет амплитудно-частотных характеристик с использованием процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ) и анализ аналоговых электромагнитных сигналов для четырёх образцов вмещающей горной породы. Анализировались: размах колебаний ЭМС, его длительность и максимальная амплитуда. Проведен расчёт их средних значений. В таблице 2 приведены данные проведенного анализа.

Таблица 2

№ образца	№ удара	Размах, В	Средний размах, В	Длительность, В	Средняя длит., В	Амплитуда, В	Сред. ампл., В	Пред. прочн. кН
23	1	0,0296	0,0284	11,5	13,05	0,018	0,0164	222,8
23	2	0,0272		14,6		0,0148		

27	1	0,0428	0,045	37,5	37,15	0,0232	0,0264	127,6
27	2	0,0472		36,8		0,0296		
31	1	0,0948	0,1002	22,9	30,1	0,0432	0,0388	-
31	2	0,1056		37,3		0,0344		
36	1	0,0736	0,072	21,8	22,8	0,0324	0,0314	-
36	2	0,0704		23,8		0,0304		

Таким образом, проведенные исследования по акустическому возбуждению показали, что для образцов с меньшей предельной прочностью (обр. № 27) длительность сигнала и его амплитуда больше, по сравнению с образцом (обр. № 23) большей предельной прочностью. Кроме, того, для образцов, содержащих магнетит прямой зависимости прочности и содержания магнетита не наблюдается, что обуславливается сложностью структурно-текстурного строения.

### **Список информационных источников**

1. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Суржиков А.П. Связь петрофизических свойств горных пород с изменением параметров электромагнитных сигналов при акустическом воздействии / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 120 с.

2. Яковицкая Г.Е. Методы и технические средства диагностики критических состояний горных пород на основе электромагнитной эмиссии. – Новосибирск: Параллель, 2008. – 315 с.

3. Егоров П.В., Колпакова Л.А., Мальшин А.А., Колмагоров В.М., Коноваленко В.А. Исследование разрушения твердых тел методом регистрации импульсного электромагнитного излучения. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001. – 201 с.

## **ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

*Попиякова Н.П.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Васендина Е.А., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества*

В современном мире страны с развитой экономикой стремятся к рациональному и эффективному использованию ресурсов. Большинство зарубежных стран с давних пор ведет активную политику в области