

моделирования методом ММ+, представлен на рис. 3.б. Межплоскостное расстояние в такой структуре составляет $d \sim 0.335$ нм.

Для наглядности был построен график зависимости – рисунок 4.9

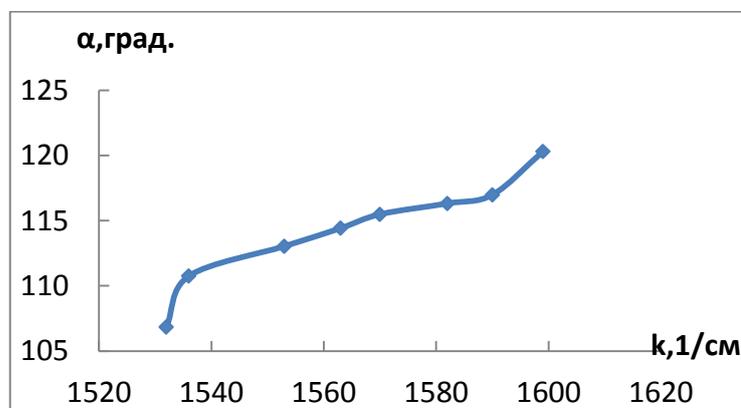


Рисунок 4- Зависимости угла С-С связи от k

Таким образом, механизм образования углеродных нанотрубок со структурой свитка, выглядит следующим образом: графеновый лист, нагревается до 500 – 1100°C, попадая в дистиллированную воду присоединяет к себе атомы водорода, образующиеся в результате диссоциации молекул H_2O . В результате чего происходит изгиб графенового листа, скручивание его в рулон и формирование углеродной нанотрубки со структурой свитка.

Список информационных источников

1. Беленков, Е. А., Шабиев, Ф. К. Структура новых углеродных фаз из карбиновых наноклец // Кристаллография.-2007. Т.52.- № 2.- С. 359-364.
2. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // УФН. 2002. Т.172. №4. С.401-438.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Каргина Е. А.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Яворович Л.В., к. т. н., с. н. с. ПНИЛ ЭДнП

В Томском политехническом университете (ТПУ) ведется разработка метода мониторинга изменения напряженно-

деформированного состояния массивов горных пород и прогноза геодинамических явлений. В основе разрабатываемого метода лежат фундаментальные исследования механоэлектрических преобразований в диэлектрических материалах, включая горные породы. Эти исследования начаты в ТПУ в начале 70-х годов под руководством чл.-корр. АПН А.А. Воробьева [1, 2]. Следствием механоэлектрических преобразований являются электромагнитные сигналы, генерируемые исследуемыми материалами при механическом, акустическом, термическом, радиационном и другими видами воздействия. Причиной появления электромагнитных сигналов (ЭМС) является изменяющийся или появляющийся заряд [3-5].

Установлено [6, 7], что параметры электромагнитных сигналов, генерируемых горной породой, зависят от физических свойств горных пород, их генетического типа и структурно-текстурных особенностей.

Целью данной работы являлось выявление спектральных характеристик ЭМС образцов горных пород различной прочности при динамическом возбуждении.

Объектом исследования являлись образцы вмещающей горной породы Таштагольского железорудного месторождения, представленные скарнами, различного состава. Образцы вырезались из керна материала и имели форму цилиндра с диаметром 42 мм и высотой 80 мм. Перед проведением исследований торцевые стороны образца шлифовались до плоскопараллельности, что обеспечивало соосность образца и плит пресса и тем самым, равномерное распределение нагрузки на торцевую поверхность образца.

Динамическое возбуждение производили стальным шариком при выстреле из пистолета с пружинным устройством. Шарик пролетал через измерительную трубку и осуществлял удар по образцу, возбуждая акустический импульс.

Блок-схема установки представлена на рисунке 1.

В образец через заземленную металлическую пластину и иммерсионный слой минерального масла пружинной механической системой (1), использующей стальной шарик, вводился акустический импульс (АС). Проходя через образец, акустический сигнал регистрировался пьезоакустическим приемником (3). Сигнал с (3) служил для запуска осциллографа (4) и записывался на его экране. Генерируемый при прохождении акустического сигнала ЭМС регистрировался емкостным дифференциальным датчиком (7), который принимал электрическую составляющую ЭМС. С электромагнитного датчика (7) усиленный ЭМС поступал на осциллограф Tektronix TDS210 (4).

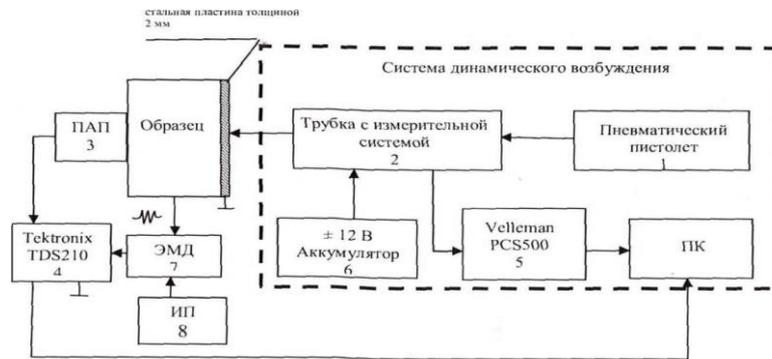


Рисунок 1 – Блок-схема системы динамического возбуждения: 1-пневматический пистолет с пружинным устройством; 2 - трубка с измерительной системой времени пролета шарика; 3 - ПАП (пьезоакустический приемник); 4 - цифровой двухканальный осциллограф Tektronix TDS210 с возможностью запоминания сигналов и передачи их на компьютер; 5 - осциллографическая приставка Velleman PCS500; 6 - аккумулятор с питанием ± 12 В; 7 - ЭМД (электромагнитный дифференциальный датчик, с коэффициентом усиления 100); 8 - источник питания электронной схемы ЭМД

Далее ЭМС и АС с осциллографа передавались на компьютер ПК, где производилась их дальнейшая обработка и анализ. Для изменения длительности и амплитуды акустического сигнала ударное воздействие проводилось с использованием стального шарика массой $0,25 \cdot 10^{-3}$ кг, что соответствовало длительности фронта акустического возбуждения $10 \cdot 10^{-6}$ с.

Для определения прочности образцы были подвергнуты одноосному сжатию на прессе до разрушения. Была выявлена предельная прочность образцов: № 23 – 222 кН; № 27 – 127 кН.

На рисунке 2 представлены разрушенные образцы №23 и № 27 вмещающей горной породы.



Рисунок 2 – Образцы разрушенной горной породы слева №23 (а) и справа №27 (б)

На рисунке 3 показаны аналоговые ЭМС исследуемых образцов.

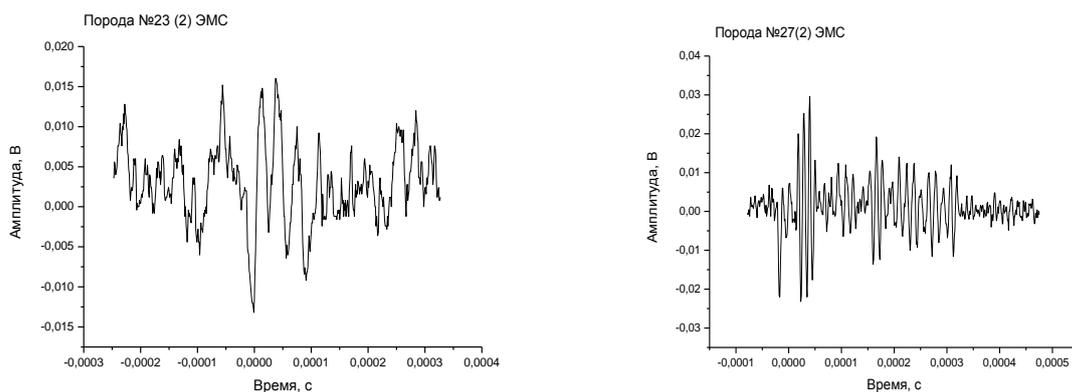


Рисунок 3 – Аналоговые ЭМС горных пород

Для выявления особенностей в спектральных характеристиках ЭМС проведен амплитудно-частотный анализ с использованием процедуры БПФ. На рисунке 4 приведены амплитудно-частотные спектры зарегистрированных ЭМС.

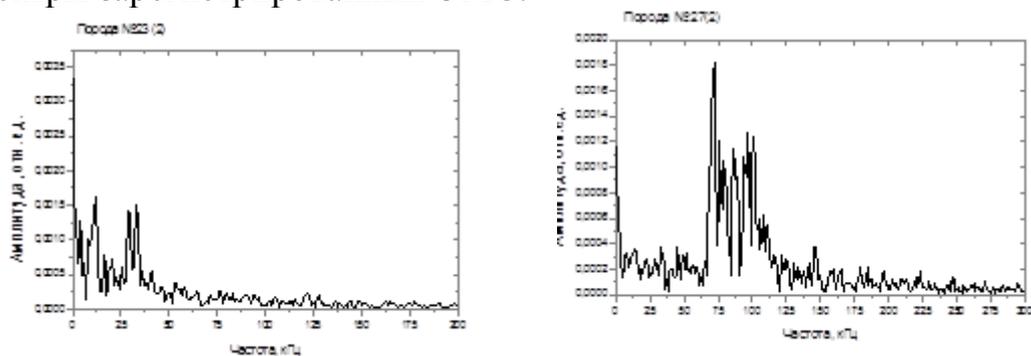


Рисунок 4 – Амплитудно-частотные спектры зарегистрированных ЭМС горных пород

Известно, что в спектре полезного сигнала могут присутствовать техногенные шумы. Для выявления частот, соответствующих изменениям зарядового состояния образца или полезные частоты, был проведен амплитудно-частотный анализ шума, также с использованием процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ) и полученные частотные пики шума исключены из амплитудно-частотного спектра ЭМС. Оставшиеся частоты характеризуют состояние исследуемого образца (полезные частоты). Для образца №23 полезным частотам ЭМС соответствуют 4.9 кГц, 9.8 кГц, 27.3 кГц, 32.2 кГц. Для образца №27 полезные частоты: 1.95 кГц, 3.9 кГц, 33.2 кГц, 52.7 кГц, 71.3 кГц, 76.2 кГц, 86.9 кГц, 94.7 кГц, 96.6 кГц, 100.6 кГц, 104.5 кГц, 111.3 кГц. Соответственно значения амплитуды для этих пиков 1.97 мВ, 1.76 мВ, 0.1 мВ, 1.36 мВ для образца №23 и 0.75 мВ, 0.49 мВ, 0.4 мВ, 0.48 мВ, 1.72 мВ, 1.22 мВ, 1.16 мВ, 0.99 мВ, 0.78 мВ, 0.69 мВ, 0.67 мВ, 0.51 мВ.

Анализируя полученные результаты видим, что поскольку эти образцы отличаются по прочности наблюдаются и отличия в форме сигнала (рис. 3). Для образца №27 отмечается наличие биения. Такая форма сигнала наблюдается, когда складываются близкие частоты. Сравнение полученных спектров показало, что для образца №23 с предельной прочностью 222 кН характерно наличие низких частот: от 5 кГц до 32 кГц. Для образца №27, с предельной прочностью 127 кН основные частотные пики лежат в пределах 70 кГц -125 кГц. Образец №23 разрушился на несколько осколков с конусом в основании. Образец №27 разрушился на большое количество мелких осколков.

Таким образом, проведенное исследование показало, что для низкопрочных образцов характерен высокочастотный спектр, а для высокопрочных образцов характерен низкочастотный спектр. Следовательно, по амплитудно-частотному спектру ЭМС, полученному при динамическом возбуждении можно оценивать относительную прочность исследуемых образцов горной породы, без разрушения.

Список информационных источников

1. Воробьев А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли// Геология и геофизика. – 1970. – №12. – С. 3-13.
2. Воробьев А.А., Заводская Е.К., Сальников В.Н. Изменение электропроводности и радиоизлучение горных пород и минералов// ДАН. – 1975. – т. 220, №1. – С. 82-85.
3. Финкель В.М., Тялин Ю.И., Головин Ю.И. Электризация щелочно-галоидных кристаллов в процессе скола// ФТТ. – 1979. – т. 21. – С. 1943-1947.
4. Соболев Г.А. и др. Электризация полевых шпатов при их деформировании и разрушении// ДАН. – 1975.– т. 225, №2. – С. 313.
5. Хатиашвили Н.Г. Электрические явления при деформации и разрушении горных пород и минералов// Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. – Тбилиси, 1974. – С. 290.
6. Беспалько А.А., Суржиков А.П., Яворович Л.В. Исследование механоэлектрических преобразований в горных породах при динамических воздействиях// Горный журнал. – 2006. – №4. – С. 32-34.
7. Яворович Л.В. Взаимосвязь параметров электромагнитных сигналов с изменением напряженно-деформированного состояния горных пород// Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 25.00.20. Изд. ТПУ, Томск, 2005, 19 с.