

«Сухие» электроды подвержены дополнительным помехам, это приводит к необходимости использования дополнительных средств для улучшения качества получаемого сигнала, так же это позволит расширить возможности применения прибора в различных условиях. и открывает новую область для исследований.

### **Список информационных источников**

1. Estes N.A. 3rd. Predicting and preventing sudden cardiac death // Circulation. – 2011. – Vol. 124, № 5. – P. 651–656.

2. Beckmann B.-M., Pfeufer A., Käb S. Inherited Cardiac Arrhythmias. Diagnosis, Treatment, and Prevention // DtschArztebl Int. – 2011. – Vol. 108, № 37. – P. 623–634.

3. Розенбаум А.Н., Никитин А.И., Супоня А.А. Средства оперативного контроля состояния обслуживающего персонала в человеко-машинных схемах ответственного назначения // Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (Москва, октябрь 2010 г.). – М.: 2010. – С. 001003–001009.

4. EPIC Ultra Low power ECG Sensor. URL: [http://www.mouser.com/ds/2/613/plesseysemiconductors\\_PS25205B-492421.pdf](http://www.mouser.com/ds/2/613/plesseysemiconductors_PS25205B-492421.pdf) (дата обращения 13.05.2015).

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ОБРАЗЦОВ МАГНЕТИТОВОЙ РУДЫ**

*Помшин Е.К., Яворович Л.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Беспалько А.А., к.ф.-м.н., в.н.с. ПНИЛ ЭДyП*

### **Введение**

Измерения, выполненные на образцах горных пород, показывают, что электромагнитное излучение является хорошим предвестником для определения максимальной прочности образцов и может быть использовано для определения состояния напряжения горного массива [1]. В основе таких исследований лежит экспериментально доказанное на образцах горных пород увеличение электромагнитной активности на этапе предразрушения, соответствующей нагрузке  $0,8 - 0,9 P_{\max}$  [2]. Однако, при изменении напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород, как для образцов в лабораторных исследованиях,

так и для горных пород в массиве, процесс механоэлектрических преобразований происходит на всех этапах деформирования, начиная с момента зарождения микротрещин и заканчивая разрушением. В зависимости от этапа деформирования в характеристиках электромагнитного сигнала (ЭМС) присутствуют свои особенности [3].

В Томском политехническом университете [4,5] было показано, что генерация ЭМС в горных породах вызывается как эффектами, связанными с образованием микротрещин, так и с прохождением акустических волн через них, которые вызывают колебания заряженных дефектов. При этом, как будет показано ниже, влияние свойств материала при возбуждении ЭМС при помощи акустических волн подобно влиянию свойств материала на параметры ЭМС, которое возбуждается при механическом воздействии. В представленной работе возбуждение ЭМС создавалось при прохождении акустического сигнала на различных этапах напряженно-деформированного состояния образцов.

В связи с этим целью данной работы является установление влияния механических свойств образцов горных пород на параметры ЭМС, возбуждаемого детерминированным акустическим сигналом в процессе одноосного сжатия.

### **Методика и объекты исследований**

Исследуемые образцы горных пород были отобраны на Таштагольском железорудном месторождении и представлены магнетитовой рудой. Образцы вырезались из kernового материала и имели форму цилиндра диаметром 42 мм и высотой 80 мм.

Экспериментальные исследования проводились на установке, блок-схема которой представлена на рисунке 1. Одноосное сжатие осуществляли на прессе с подвижной (1) и опорной (2) плитами, развивающими усилие до 50 тонн и встроенной силоизмерительной системой СИ (8). Аналоговый сигнал силоизмерительной системы и значения продольной деформации, возникающей в процессе сжатия образца, записывали в память компьютера (ПК) (9) с использованием специальной программы. К образцу через акустический контакт (минеральное масло) с помощью пьезоизлучателя (3) вводился детерминированный акустический сигнал. Акустический сигнал, проходя через образец, регистрировался с помощью пьезоакустического приемника (7). Электрическую составляющую ЭМС, генерируемого образцом при прохождении акустического сигнала принимали

дифференциальным емкостным датчиком ЭМД (6) (со встроенным усилителем мощности) и записывали с помощью многофункциональной платы ввода-вывода (5) для дальнейшего анализа его параметров.

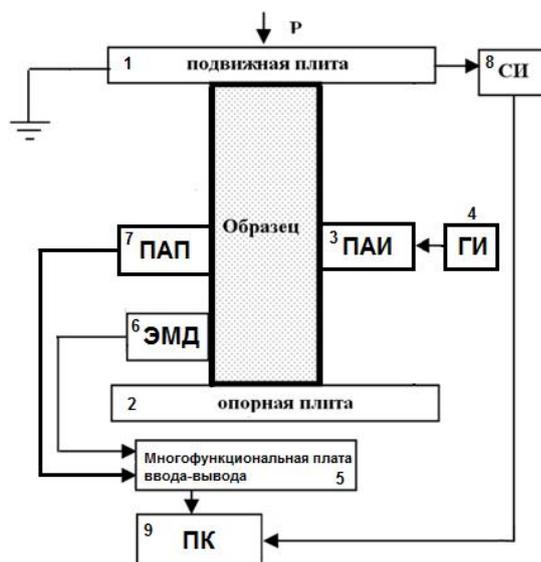


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки для регистрации ЭМС при одноосном сжатии образцов и детерминированном акустическом воздействии: 1 – подвижная плита; 2 – опорная плита; 3 – пьезоакустический излучатель; 4 – генератор высоковольтных импульсов; 5 – многофункциональная плата ввода-вывода; 6 – электромагнитный дифференциальный емкостной датчик; 7 – пьезоакустический приемник; 8 – силоизмерительная система.

### Экспериментальные исследования

В процессе исследования проводилось одноосное ступенчатое сжатие образцов горной породы. Скорость нагружения между ступенями составляла 0,3 кН/с и оставалась постоянной.

На амплитуду электромагнитных откликов (ЭМО) образцов горных пород существенное влияние оказывает наличие кварца [5], обладающего пьезоэлектрическими свойствами. Проведенный рентгено-фазовый анализ исследуемых образцов магнетитовой руды показал наличие в них минералов кварца, пирита, халькопирита и кальцита. В случайно взятых для анализа пробах исследуемых образцов выявлено процентное содержание кварца и сульфидов: оно составило для образца №2 - кварца ( $\text{SiO}_2$ ) 15% и сульфидов ( $\text{FeS}_2$  и  $\text{CuFeS}_2$ ) - 7%. Для образца №5 - 31% кварца и 15% сульфидов. Известно, что при наличии кварца в образцах магнетитовой руды, подвергнутых действию механических сил (акустической волны и нагружения) приводит к индуцированию электрического заряда, который и обуславливает большую амплитуду ЭМО. Чем больше содержание кварца в образце,

тем выше амплитуда ЭМО. Немаловажным является влияние эффекта поляризации электропроводящих минералов пирита и халькопирита. На рис. 2 представлена зависимость размаха амплитуды ЭМО от относительной нагрузки для трех образцов магнетитовой руды с разным содержанием магнетита, кварца и сульфидов.

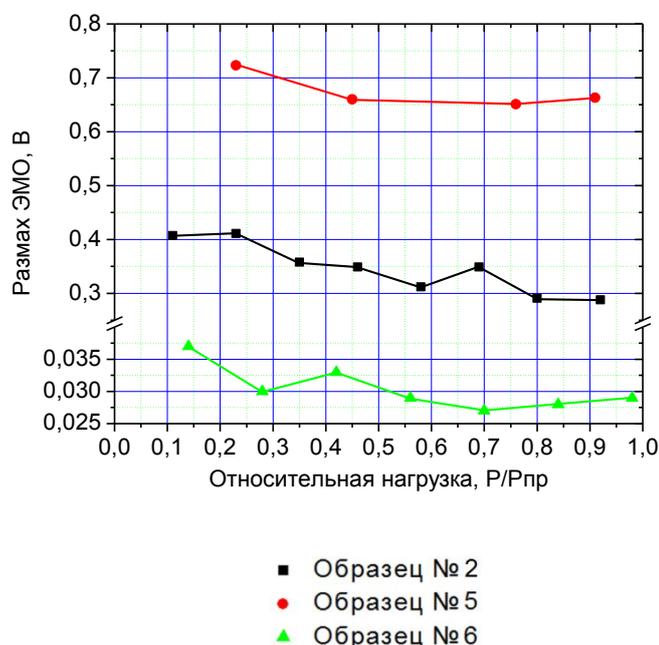


Рис. 2. Зависимость размаха амплитуды ЭМО от относительной нагрузки.

Анализируя полученный результат можно сделать вывод, что разница в амплитуде ЭМО для образцов магнетитовой руды №5 и №2 обуславливается содержанием минеральных включений кварца и сульфидов. Чем больше данных минералов содержится в образце, тем выше амплитуда ЭМО. В образце №6, имеющего в своем составе большое количество магнетита (78%) и небольшое количество кварца (1%) амплитуда ЭМО на порядок меньше, по сравнению с амплитудой ЭМО образцов №5 и №2.

### Заключение

С увеличением количества содержащегося в горных породах высокопроводящего минерала, такого как магнетит, наблюдается уменьшение амплитуды аналогового электромагнитного сигнала и амплитуды электромагнитного отклика при изменении напряженно-деформированного состояния в процессе одноосного сжатия. При этом наличие в образцах магнетитовой руды минералов кварца и сульфидов способствует активному увеличению амплитуды ЭМО.

## Список информационных источников

1. [Bespal'ko A.A., Surzhikov A.P., Yavorovich L.V., Fedotov P.I.](#) Controlling the structural distortions of mine-field rock masses using the parameters of mechanoelectric transformations // [Russian Journal of Nondestructive Testing](#) – 2012. – №4. – С. 221–225. DOI: 10.1134/S1061830912040043.
2. [Bespal'ko A.A., Lyukshin B.A., Utsyn G.E., Yavorovich L.V.](#) Electromagnetic Response of Layered Dielectric Structures to Pulsed Acoustical Action // [Russian Physics Journal](#) – 2015. – №4. – С. 567–573. DOI: 10.1007/s11182-015-0535-4.
3. [Bespal'ko A.A., Gol'd R.M., Yavorovich L.V., Datsko D.I.](#) Influence exerted by siltstone lamination on the electromagnetic signal parameters during acoustic excitation of samples // [Journal of Mining Science](#) – 2002. – №2. – С. 124–128. DOI: 10.1023/A:1021103219461
4. [Bespal'ko A.A., Gol'd R.M., Yavorovich L.V., Datsko D.I.](#) Excitation of electromagnetic radiation in laminated rocks under acoustic influence // [Journal of Mining Science](#) – 2003. – №2. – С. 112–117. DOI: 10.1023/B:JOMI.0000008455.54729.30.
5. [Bespal'ko A.A., Yavorovich L.V., Fedotov P.I.](#) Mechanoelectrical transformations in quartz and quartz-bearing rocks under acoustic action // [Journal of Mining Science](#) – 2007. – №5. – С. 472–476. DOI: 10.1007/s10913-007-0049-8.

## ЛОКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПУТЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗОВОЙ РАЗНОСТИ МЕЖДУ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

*Попков А. А.*

*Сибирский государственный университет путей сообщения, г.  
Новосибирск*

*Научный руководитель: Бехер С. А., к.т.н., доцент кафедры «ЭДС»*

### Введение

Результаты акустико-эмиссионного контроля напрямую зависят от степени неопределенности локации источников акустической эмиссии. На сегодняшний день широко распространены методы локации, основывающиеся на определении времен регистрации событий акустической эмиссии разнесенными на поверхности объекта контроля преобразователями [1]. Методы имеют ограничения, вызванные влиянием неопределённости измерения времени начала импульса и