

2. <http://samara.teletrade.ru/glossary/tech/index3.php>
3. <http://www.stock.narod.ru/fibo.htm>

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Помишин Е.К.

Томский политехнический университет, г. Томск

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

В горной промышленности в связи с ростом интенсивности ведения горных работ и переходом к добыче полезных ископаемых на более глубоких горизонтах актуальной становится задача контроля и прогноза динамических проявлений массивов горных пород.

Подземная отработка месторождений твердых полезных ископаемых вызывает изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород и, как следствие, геодинамические проявления. Это влияет на безопасность людей, окружающую среду, промышленные объекты и горные работы. Развитие изменений НДС массива есть результат естественных процессов в земных недрах и техногенных воздействий. Особую важность приобретает знание характера и уровня влияния каждого и основных элементов и процессов технологии на состояние массива горных пород и его реакцию на это воздействие. Одним из способов, используемых при подземной отработке твердых полезных ископаемых, являются технологические взрывы, вызывающее ускоренное перераспределение поля механических напряжений в горном массиве. При этом снижение напряжений на одном участке массива сопровождается их возрастанием на других. В результате ускоренного изменения напряжений в массиве горных пород в шахтном поле могут возникать удароопасные ситуации. В этом случае, технология горных работ – главный техногенный фактор, который провоцирует возникновение геодинамических событий на участках с критическими напряжениями. Разгрузка массива таким способом позволяет, на некоторое время, избежать геодинамических событий на месторождении [2].

Геофизические методы оценки удароопасности и контроля НДС породных массивов изучаются во многих странах мира, что

обусловлено как сложностью самого объекта исследования, так и многообразием решаемых задач геомеханики и геотехнологий. Для более полного и глубокого изучения геофизических методов контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) и удароопасности массивов горных пород и получения дополнительных сведений, необходимо провести обзор научных работ зарубежных исследователей.

Механизмы электромагнитного излучения

Брэди и Рауэлл (1986) вывели четыре механизма, являющимися источниками ЭМИ (электромагнитное излучение) при разрушении горной породы: (1) горные фрагменты, фрикционным образом нагретые до накала, (2) электростатический выброс, производимый деформацией пьезоэлектрических полезных ископаемых или разделением заряда на разрушенных поверхностях, (3) плазмы, произведенные быстрым и интенсивным нагреванием горных пород, и (4) возбуждение бомбардировкой заряженными частицами из окружающей среды (электронами, или положительными или отрицательными ионами). Брэди и Рауэлл пришли к заключению, что излучение, зафиксированное от экспериментальных образцов в лаборатории, было вызвано возбуждением окружающей среды бомбардировкой заряженных частиц [3].

Цзы-цян и др. (1988) исследовали три источника излучения: (1) тепловое излучение от трения, (2) электростатические выбросы, произведённые пьезоэлектрическим эффектом или разделением заряда на разрушенных поверхностях, и (3) возбуждение окружающей среды бомбардировкой заряженными частицами. Поскольку электромагнитное излучение наблюдалось только в тот момент времени, когда электроны бомбардировали воздушную среду, авторы пришли к заключению, что наиболее вероятный источником ЭМЭ была, возбуждённая бомбардировкой окружающая среда.

Возможности прогноза землетрясения

Мартнер и Спаркс (1959) зафиксировали электромагнитный сигнал до прибытия сейсмических волн на поверхность земли. Приблизительно за 30 минут до прибытия главных толчков землетрясения, Гохберг и Моргунов (1982) зарегистрировали ЭМЭ в частотах 27, 81, и 1.5 кГц и 1.63 МГц. Позже, Мигунов и др. (1984) зарегистрировали ЭМЭ в частотном диапазоне от 0.5 до 50 кГц, которые были связаны с сейсмичностью при землетрясении. Fujinawa и Takahashi (1990)

наблюдали ЭМ эмиссию в диапазонах частот 0.01-12 Гц и 1-9 кГц за несколько часов до момента землетрясения в Японии. Fujinawa и Kumagai (1992) наблюдали ультранизкую частоту (0.01-0.6 Hz) к очень низкой частоте электрической эмиссии (1-3 кГц) до, во время, и после извержений вулкана.

Лабораторные исследования

Nitsan (1977) в своем исследовании подверг механическому воздействию кварцевые кристаллы, кристаллы турмалина и кварцсодержащие породы и зарегистрировал ЭМ эмиссию в частотном диапазоне 1-10 МГц. Его интерпретация источника излучения было пьезоэлектричество.

Гончаров и др. (1980) провели исследование крупных (от 0.55 до 0.65 м) бетонных блоков, содержащие включения гранита, применив статическую нагрузку, при этом делая запись ЭМ и акустической эмиссии до тех пор, пока образец не разрушится. Они признали основную проблему одновременной записи ЭМ и акустической эмиссии и пришли к заключению, что количество ЭМ эмиссии уменьшается, когда амплитуда АЭ увеличивается. Авторы также нашли, что отношение ЭМ эмиссии к акустической после разрушения было в соотношении 20:1, когда как до перелома (при начальной нагрузке), отношение было 7:1.

В 1981 Bishop изучил пьезоэлектрический эффект в породах, содержащие большое количество кварца. Используя разработанную лабораторией систему, он попытался доказать, что ось кристаллов кварца были причиной ЭМ эмиссии. Он заключил, что существует зависимость между ЭМ эмиссией и ориентацией оси в кристаллах кварца.

Хэнсон и Рауэлл (1982) провели исследование кварцита с Шахты Галенита. ЭМ эмиссия резко достигла максимума, при частоте ниже 40 кГц, на трех антеннах, приведя их к заключению, что (1) формирование разрушения совпало с ЭМ эмиссией, (2) ЭМ эмиссия попала в частотный диапазон ниже 40 кГц, (3) ЭМ эмиссия, казалось, была направлена, и (4) амплитуда ЭМ эмиссии являлась независимой от напряжения, но зависимой от снижения напряжения.

Хатиашвили (1984) показал в своем исследовании, что при увеличении количества трещин в кристалле, электрический потенциал, также увеличивается.

Zi-qiang и др. (1988) провели лабораторные исследования гранита при разрушении и выяснили, что самые интенсивные импульсы ЭМ излучения и акустической эмиссии были зарегистрированы одновременно в момент разрушения породы.

Теоретические работы

Рабинович и др. (2000) попытались объяснить механизм ЭМ эмиссии и пришли к заключению, что после раннего закрытия поры, микротрещины, возможно, соединялись, пока пиковое напряжение не было достигнуто, и порода не разрушилась. Анализ информации о частоте и длине волны ЭМ эмиссии показал, что их частотный диапазон составлял от 1 кГц (с длиной волны 300 км) до 10 МГц (с длиной волны 30 м).

Гольдбаум и др. (2001) в своих работах определили четыре различных форм волн ЭМ эмиссии: короткие одиночные импульсы, короткая цепь одиночных импульсов, расширенная цепь импульсов, и новая группа, импульсы вдоль базовых изменений напряжений. Важным в их работе были ЭМ частоты, достигающие 25 МГц (раньше значения доходили только до 10 МГц).

Рабинович и др. (2001) продолжили исследование механизмов ЭМ эмиссии и пришли к заключению, что механизмы ЭМ эмиссии землетрясений совпали с механизмами микроразрушений в лабораторных испытаниях. Они изучили закон Гутенберга-Рихтера и нашли, что соотношение простиралось к микроуровню.

Подземные работы

Frid (2001) признал ценность использования критериев ЭМ эмиссии, в качестве предвестника опасности обвала пород в угольных шахтах при использовании предельных значений разрушаемого угольного пространства, ширины горных выработок, толщины угольного пласта и упругих свойств угля.

Butler и др. (2001) провели учебно-производственные практики в Шахте Брансуика № 12 в Канаде в попытке связать ЭМ эмиссию с сейсмической активностью, а также оконтурить руду сульфида. Они использовали различные антенны с диапазоном частот от 1 Гц до 4.5 МГц. Они установили, что широкополосная ЭМ эмиссия с частотой до 800 кГц могла быть сгенерирована сейсмичностью и разрушением. Однако результаты не подтвердили, что сейсмичность является источником ЭМ эмиссии.

Vozoff (2002) попытался продемонстрировать использование ЭМ контроля, как систему оповещения обвалов в угольном пласте в Австралии. Он снял три полные группы данных и выяснил, что из трех, одна группа совпала с обвалом и была коррелирована с ЭМ интенсивностью, у другой группы, возможно, была “слабая корреляция”, а у последней группы вообще не было ЭМ корреляции.

Исследования по использованию ЭМС для контроля уровня удароопасности в горной породе был проведен в нескольких научных центрах в Китае. Специальная система мониторинга ЭМЭ была разработана китайскими исследователями Не и др., в 2002 г. Данный метод ЭМЭ прогнозирования горных ударов высоко ценится в этой стране и уже применяется в почти тридцати шахт Китая, так как он не требует механического воздействия на горную породу для установки, не мешает производить работы в шахте, оборудование легко эксплуатируется и имеет низкую стоимость. Систему, называют KBD5, и она состоит из высокочувствительного, широко частотного направленного приемника [5].

Заключение

Таким образом, проведенный анализ литературы зарубежных авторов показал, что ЭМЭ из горных пород имеет большие перспективы как предвестника в прогнозировании геодинамической опасности в шахтах. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, чтобы определять время, место и энергию геодинамических событий. Для этого проводятся лабораторные исследования на образцах горных пород с целью определения интенсивности и спектра ЭМС и минимума напряжения, при котором это происходит. До сих пор системы на основе АЭ были широко использованы для определения удароопасности в шахтах, но установка таких систем является трудоемким процессом. Системы, основанные на ЕМЕ, требуют гораздо меньше времени для установки, легко эксплуатируются, имеет низкую стоимость и является бесконтактным.