

Для совершенствования программы дополнительно необходимо автоматизировать выделение вступлений фаз разных типов волн Pg и Sg, Lg. Это реализуется на основе использования метода LTA/STA.

Список использованных источников

1. Конечная Я.В., Иванова Е.В., Шахова Е.В. Основы теории и практики обработки цифровых сейсмических записей: руководство по обработке телесеismicических землетрясений на записях станций Архангельской сети. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. – 88 с.

Рукопись поступила 28.04.2015

УДК622. 012:504(477)

Б.И.Рыбалко, к.т.н., ведущий научный сотрудник,

А.И.Федоренко, старший научный сотрудник,

Д.Е. Чистяков, старший научный сотрудник,

Т.В. Милейко, инженер I категории

Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ «КНУ»

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОГРАММ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СОБЫТИЙ

Рассмотрена и проанализирована информация сейсмического мониторинга шахты Артем-1 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Обработаны записи зарегистрированных сигналов событий на сейсмограммах. Выделены особенности проявления событий, характеризующие геомеханические явления, происходящие в массиве горных пород. Отмечена необходимость применения регионального годографа. Даны критерии оценки состояния массива с целью прогнозирования условий возникновения потенциально опасных ситуаций при производстве горных работ.

Ключевые слова: сейсмический мониторинг, событие, сейсмограмма, идентификация.

Розглянута та проаналізована інформація сейсмічного моніторингу шахти Артем-1 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Опрацьовано записи зареєстрованих сигналів подій на сейсмограмах. Виділено особливості прояву подій, що характеризують геомеханічні явища, які відбуваються в масиві гірських порід. Відзначено необхідність застосування регіонального годографа. Дані критерії оцінки стану масиву з метою прогнозування умов виникнення потенційно небезпечних ситуацій при виробництві гірничих робіт.

Ключові слова: сейсмічний моніторинг, подія, сейсмограма, ідентифікація.

Information of seismic monitoring mine Artem - 1 PJSC "ArcelorMittal Kryviy Rih" has been considered and analyzed. Recording signals recorded events on the seismograms were processed. Features of the manifestation of events that characterize the geomechanical phenomena occurring in the rock mass were identified. The need for a regional hodograph was observed. Given the criteria for assessing the state of the array in order to predict the conditions of emergence of potentially dangerous situations in the manufacture of mining.

Keywords: seismic monitoring, the event, the seismogram, identification.

Непрерывный сейсмический мониторинг массива пород осуществлялся одним приемником сигналов УК 16 (3 датчика), установленном на гор. 1045м, ЛСП 900, м.о. 239+21,18м шахты Артем-1 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». На сейсмограммах при мониторинге регистрировались события. Под событием мы понимали изменение амплитуды на непрерывной сейсмограмме фона, являющегося характерным для исследуемого массива. Опыт обработки полученной информации позволяет сделать некоторые выводы о характерных особенностях различных событий, происходящих в массиве горных пород шахты Артем-1.

Обработка результатов (идентификация событий, определение гипоцентров событий) производилась вручную, при этом использовался сейсмический годограф Джеффриса-Булена (скорость распространения продольной волны составляет 5400м/с, поперечной – 3000м/с). Сейсмический годограф определяет зависимость между временем пробега сейсмических волн и эпицентральной дистанцией. По годографам определяют скорости распространения сейсмических волн в Земле. Резкое изменение значений скоростей сейсмических волн указывает на существование границ раздела внутри Земли. Для интерпретации слабых и близких землетрясений существуют региональные годографы, учитывающие местные особенности строения региона. Непосредственно для пород и руд, составляющих наблюдаемый массив горных пород, годографа не существует. Интерпретируя события, мы не учитываем особенности распространения волн в среде, характеризующейся различными свойствами, при этом между источником и приемником могут быть несколько железистых и сланцевых горизонтов со своими физическими свойствами, разделенных к тому же разломами и трещинами. Кроме того, на особенность распространения волн влияет наличие пустот. Следовательно, существует необходимость в создании годографа непосредственно для условий массива ШУ АрселорМиттал Кривой Рог.

Статистическая обработка результатов непрерывного мониторинга (на основе годографа Джеффриса-Булена, используемого в программе WSG) сейсмической активности зоны контроля состоит из двух этапов:

1й этап – временные характеристики интенсивности.

2й этап – пространственные характеристики интенсивности.

Такое разделение вызвано тем, что временные характеристики могут определяться в автоматическом режиме с автоматическим информированием диспетчера (оператора) с задержкой в доли секунд. Пространственные характеристики определяются с использованием программы WSG в автоматизированном режиме с некоторым запаздыванием (от 4х часов до 3х суток).

Во время выполнения НИР пространственные характеристики определялись вручную.

На основании сейсмических записей выбирались показатели сейсмической активности и их параметры, наиболее полно характеризующие геомеханические явления, происходящие в массиве горных пород. Набирая соответствующую сейсмическую информацию и обрабатывая ее, можно выделить для горнотехнических условий данной шахты критические параметры сейсмической активности, соответствующие определенным геомеханическим явлениям и на этой основе прогнозировать возникновение потенциально опасных ситуаций при производстве горных работ. По результатам идентификации событий формируются критерии оценивания безопасности горных работ и разрабатываются рекомендации по обеспечению безопасности горных работ.

По результатам наблюдений за геомеханическим состоянием контролируемого массива пород и обработки данных мониторинга должен быть выполнен анализ этого состояния на предмет выявления формирования опасной ситуации.

Прогнозирование возникновения потенциально опасных событий тем значимее, чем ранее они выявлены.

Первичным событием (за исключением провоцирующих событий, таких, например, как массовые взрывы), развивающимся со временем в событие, грозящее созданием аварийной ситуации, является на наш взгляд, щелчок. Это первичная форма проявления (образования) трещины в массиве горных пород.

Процесс образования щелчков (предвестников процесса трещинообразования) может быть спровоцирован техногенными причинами – взрыванием массива, наличием пустот. Например, по результатам микросейсмических наблюдений, производимых станцией «Таштагол», выявлено, что специальный массовый взрыв вызывает в среднем в 6,4 раза больше динамических проявлений с энергией в 4,5 раза выше, чем технологический взрыв и влияет на динамическую обстановку в течение 5-6 дней после его производства [24].

Щелчок – событие, характеризуемое на сейсмограммах следующими характерными особенностями (рис.1):

- наличие четкого вступления волны минимум на двух каналах;
- продолжительность события составляет не более 0,5...0,7сек;
- четко идентифицируется вступление поперечной (P_g) и продольной (S_g) волны;
- «высокочастотные» события, частота в диапазоне 60...80Гц;
- наличие фона между щелчками;
- для «высокочастотных» событий не выявлено пространственной и временной корреляции с циклом горных работ;

- высокая корреляция по времени и низкая пространственная корреляция с событием, идентифицируемым как взрыв.

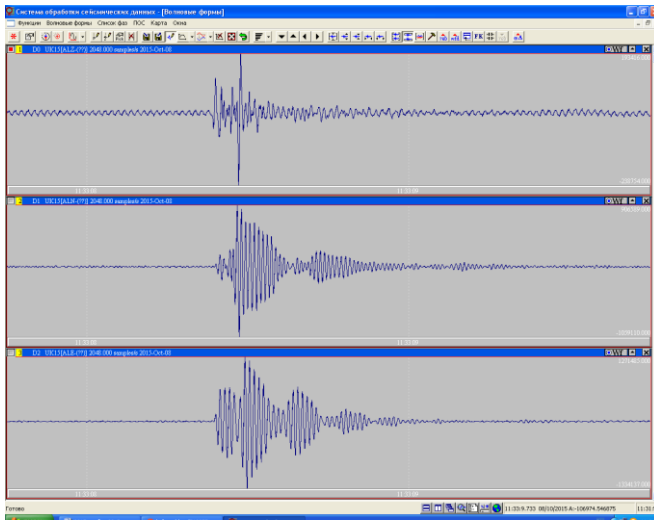


Рис. 1. Щелчок

Хорошо идентифицируется также и серия щелчков (рис 2, 3, 4), наличие которой может быть связано с процессом образования (развития) трещин. При условии наличия в программе WSG регионального годографа координаты таких событий могут быть установлены с высокой достоверностью.

Поскольку **взрыв** (как массовый, так и технологический) может быть причиной возникновения динамических проявлений (щелчков, серии щелчков) важно уметь идентифицировать вторые на фоне сейсмограммы, являющейся следствием взрыва (рис. 5).

Взрыв характеризуется:

- нечетко выраженной S-волной;
- простой формой механизма очага;
- длительностью;
- плавностью формы прибытия и убытия сигнала;
- четкостью вступления фаз по каждому интервалу между замедлениями;
- часто возникают иные события, вызванные взрывом (щелчки, треск).

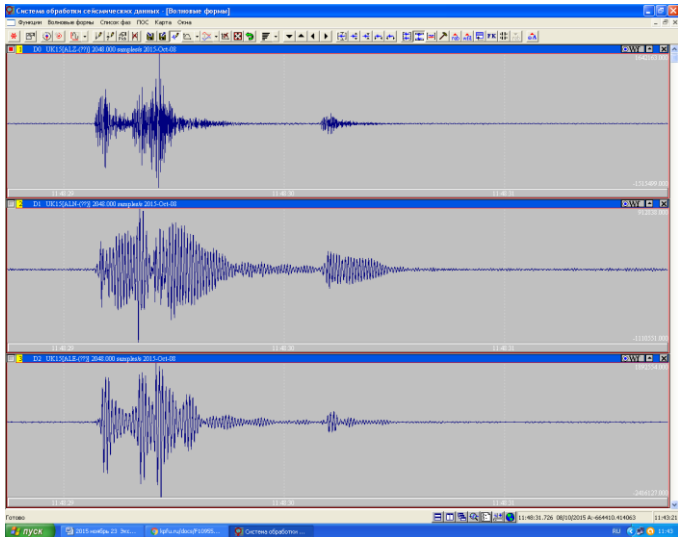


Рис. 2. Три последовательных щелчка, третий слабовыраженный

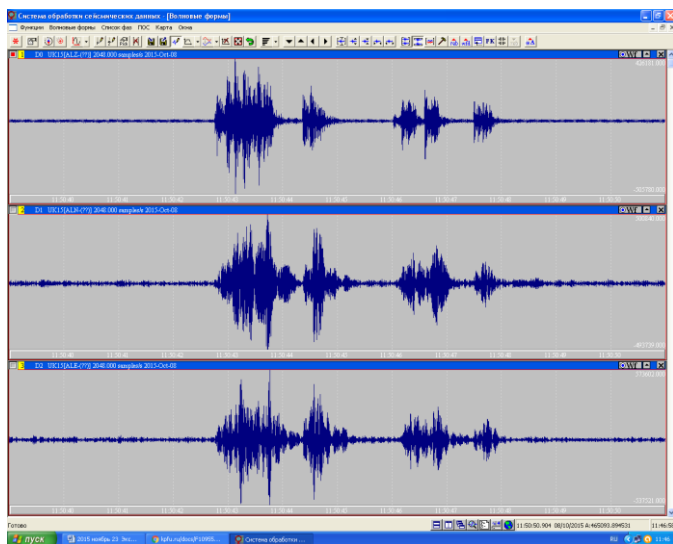


Рис. 3. Последовательность наложенных друг на друга щелчков, с затуханием

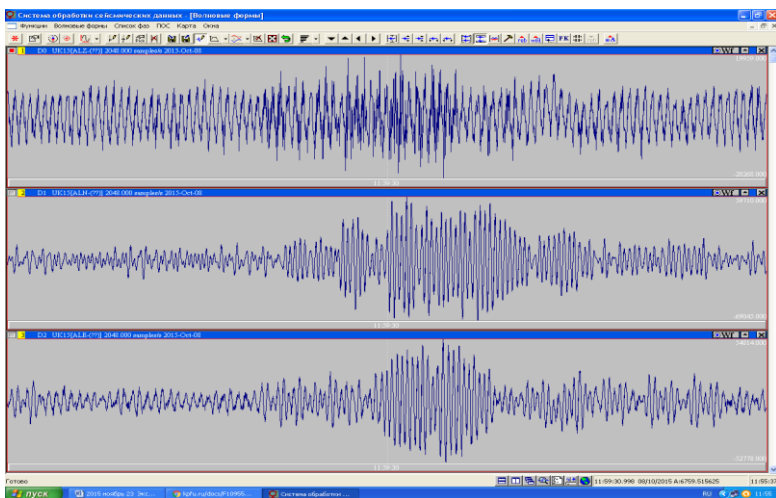


Рис. 4. Серия слабых щелчков

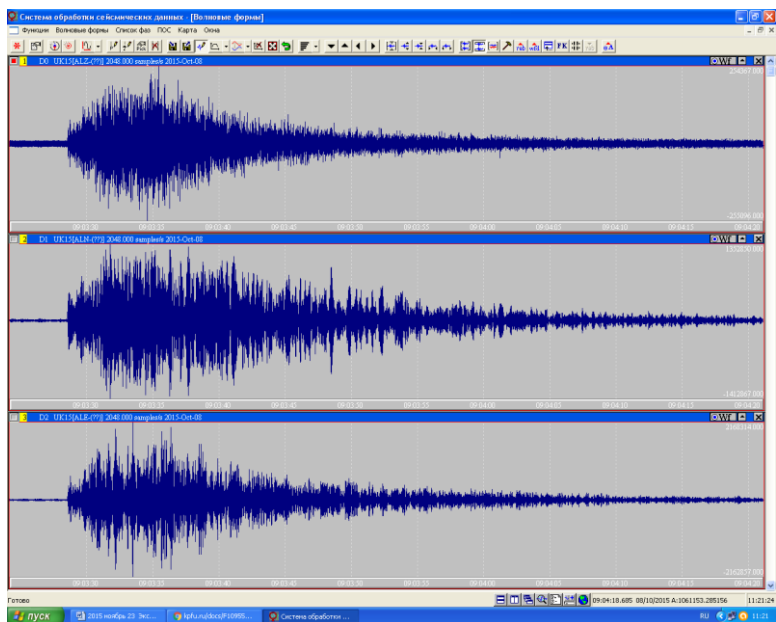


Рис. 5. Массовый взрыв

Толчок – событие в глубине массива. На сейсмограммах характерными для него являются следующие проявления:

- частота 30...50Гц;
- плавное нарастание сигнала;
- скорость воздействия на точку наблюдения меньше, чем у удара;
- продолжительность толчка больше, чем у удара.

За время наблюдений не зафиксирован.

Удар – под ударом (рис. 6) в данном случае мы понимаем воздействие обрушенной породы на контур выработки, например, вывалы, выпуск руды и т.п. На сейсмограммах характеризуется:

- отсутствие S_g и L_g -волн (последовательность P_g -волн «забывает» S_g и L_g -волну предыдущих событий);
- четкое вступление P_g -волн;
- быстрое затухание;
- одномоментность явления продолжительностью 0,07...0,08с;
- большой диапазон частот от 50 Гц до 300 Гц.

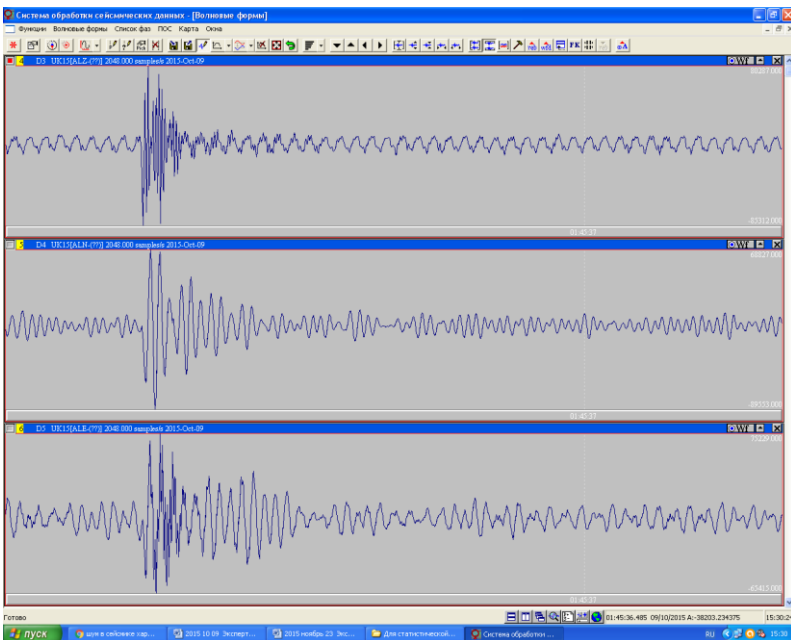


Рис. 6 Удар (в данном случае под ударом мы понимаем воздействие обрушенной породы на контур выработки)

Фон характеризуется (рис. 7):

- небольшой амплитудой (от 9 до 19 тысяч) на протяжении длительного времени;
- стабильностью частот и амплитуд.

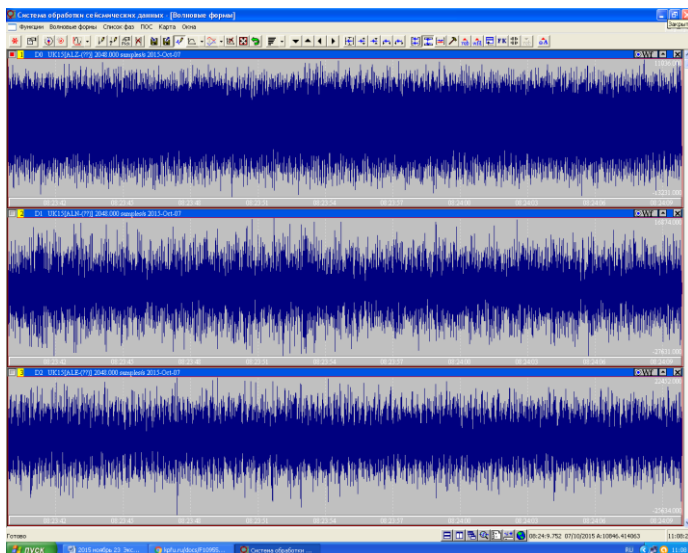


Рис. 7. Фон

Шум характеризуется (рис. 8):

- нечетким вступлением и нечетким окончанием сигнала;
- всплески амплитуд шума незначительно (в 1,5...2 раза) превышают фоновые амплитуды;
- продолжительность 1...2 сек.

Выводы

При условиях микросейсмического мониторинга, существующих на ШУ «АрселорМиттал Кривой Рог» в настоящее время (отсутствие регионального годографа, получение сигнала одним приемником по трем каналам) интерпретатору событий следует обращать внимание в первую очередь на следующие события:

- щелчок (серия);
- обрушение пород;
- толчок.

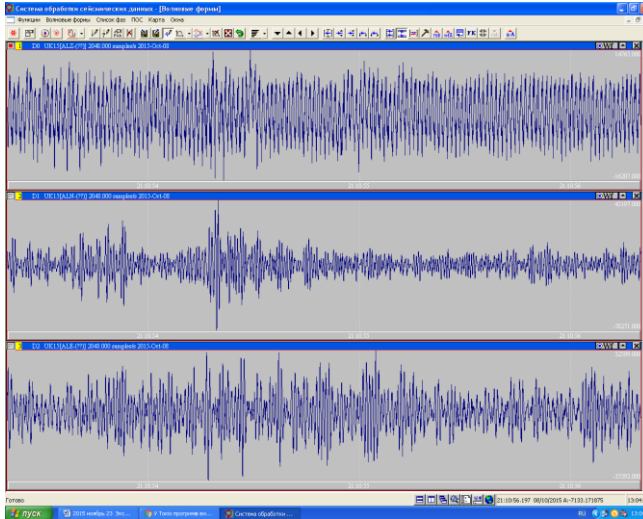


Рис. 8. Шум

После выделения какого-либо из перечисленных выше событий интерпретатору следует произвести расчет координат данного события и сопоставить полученный результат с моделью выработанного пространства. В случае если событие произошло в зоне, которая оценена как опасная (а) для целика, б) для толщи пород над выработанным пространством) следует по координатам сходных событий определить их динамику (распространение в массиве), протекание событий во времени и выделяемую ими энергию. События могут считаться угрожающими катастрофическими последствиями в том случае, когда:

- для целика – интенсивность щелчков возрастет до 1 и более в секунду;
- для толщи пород над выработанным пространством – динамика указанных событий (обрушений) показывает, что место их появления приближается к границе коренных пород с наносами и достигнет их в течение 10 дней.

Поскольку при расчете координат события используется сейсмический годограф Джеффриса-Булена достоверность их определения весьма низкая. Точность определения координат возрастет при условии разработки регионального годографа по результатам проведения активных экспериментов.

Рукопись поступила 28.07.2015