

УДК 550. 8: 622. 831

## СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАД ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКОЙ

Трифонов А.С., Тиркель М.Г., Туманов В.В., Юфа Я.М.,  
Архипенко А.И.

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Розглянута можлива геомеханічна концепція формування небезпечної геодинамічної ситуації над очисною виробкою. Наведено результати експериментальних досліджень низькочастотних сейсмічних явищ у гірському масиві, які мають діагностичні показники відносно порід основної покрівлі вугільного пласта.*

*Possible geomechanical concept is considered concerning formation of hazardous geodynamic condition in second working. There are given the results of experimental research into the low-frequency seismic phenomena within rock mass that have diagnostic indicators as regards main roof of coal seam.*

Важность и сложность проблемы диагностики условий формирования опасной геодинамической ситуации в горном массиве при отработке угольных пластов обусловлена не всегда однозначным протеканием геомеханических процессов, связанным с геологической многофакторностью (структурная, литологическая, тектоническая анизотропия углевмещающей толщи) и влиянием горно-технологических условий.

Активизация деформационных процессов с возрастанием напряжений в массиве в области очистного забоя в основном определяется состоянием и характером поведения основной кровли [1-3]. В упрощенной геомеханической модели основная кровля является протяженной по длине лавы консольной плитой,

длина которой в консольной части определяется ее прочностными характеристиками (мощностью, литологическим составом, блочностью, трещиноватостью и пр.). Именно консольная часть основной кровли оказывает определяющую нагрузку на угольный пласт (значительно превосходящую  $\gamma H$ ) с максимумом статического воздействия (максимум эпюры опорного напряжения) на достаточно глубинную область пласта – от нескольких до десяти и более значений мощности угольного пласта (в зависимости от физико-механических параметров основной кровли и длины ее консольной части). При достижении этой консолю критической длины с превышением растягивающими напряжениями прочностных характеристик верхней части основной кровли на разрыв возникает область локального отрыва части консоли с резким переносом опорной нагрузки на более близкую к забою область пласта. При этом оборвавшийся блок, вследствие накопленной в нем упругой энергии, способен кратковременно оказывать также и мощное вибрационное воздействие на пласт. В результате этого возможна локальная деструкция пласта с высвобождением порового метана. Масштаб такого геодинамического события определяется множеством факторов (мощностью, физико-механическими свойствами основной кровли и угольного пласта, энергонасыщенностью угленосного массива, тектонической составляющей напряженности и пр.) и может варьироваться в зависимости от большего или меньшего проявления тех или иных составляющих. При достаточной мощности такого события возможно также разрушение краевой части пласта с развитием газодинамического явления. Если краевая часть пласта выдерживает ударное воздействие основной кровли, деструктированная более глубинная область пласта с высоким давлением свободного метана способна пребывать какое-то время в своеобразном законсервированном состоянии без возможности выхода метана через перемятую краевую часть пласта, удерживаемую в виде пробки консольной частью непосредственной кровли. По-видимому, возможно и экзогенное происхождение таких областей с деструкцией пласта тектоническими процессами. При последующем вскрытии такой

области добычным механизмом или технологической скважиной возможно развитие внезапного выброса уже без участия динамического воздействия основной кровли.

Консольная часть основной кровли, являясь упругой механической системой, очевидно, обладает собственными изгибными колебаниями, параметры которых (частота, энергия и затухание) определяются физико-механическими характеристиками консоли. Механизмом инициирования этих колебаний может служить трещинообразование в краевой части пласта под воздействием нагрузки со стороны консольной части непосредственной кровли в процессе работы угольного комбайна. Импульсный характер развития трещин в призабойной части с соответствующей локальной динамической просадкой непосредственной кровли воздействует на консольную часть основной кровли, вызывая ее собственные изгибные колебания.

С ростом длины консольной части по мере продвижения очистного забоя и, соответственно, приближением момента ее обрыва, следует ожидать понижения частоты ее колебаний и возрастания их энергии. В соответствии с этим обстоятельством, само наличие таких колебаний в области очистной выработки может являться достаточно информативным показателем активизации и развития геомеханических процессов в массиве. Следует ожидать, что определенные тенденции изменения частоты (спектра) и энергии колебаний во времени могут являться диагностическими показателями формирования опасной геодинамической ситуации.

Наличие низкочастотных сейсмических колебаний было установлено при проведении наблюдений на шахтном поле шахты «Красноармейская-Западная № 1» над 6-й южной лавой (глубина залегания пласта 600 м) в 2007 году в рамках интеграционного проекта «Разработка методов и создание систем сейсмодеформационного мониторинга техногенных землетрясений и горных ударов». На рис. 1 представлены фрагменты сейсмических записей в абсолютных значениях амплитуд, полученных при установке сейсмоприемников вблизи проекции линии очистного забоя на земную поверхность. Для приема сейсмических сигналов использовались

пьезоелектрические преобразователи акселерометрического типа А1612 (ЗАО «Геоакустика», Россия) с частотным диапазоном 0,2-400 Гц. Регистрация сейсмической информации производилась цифровой сейсмостанцией REZ-2Т (УкрНИМИ).

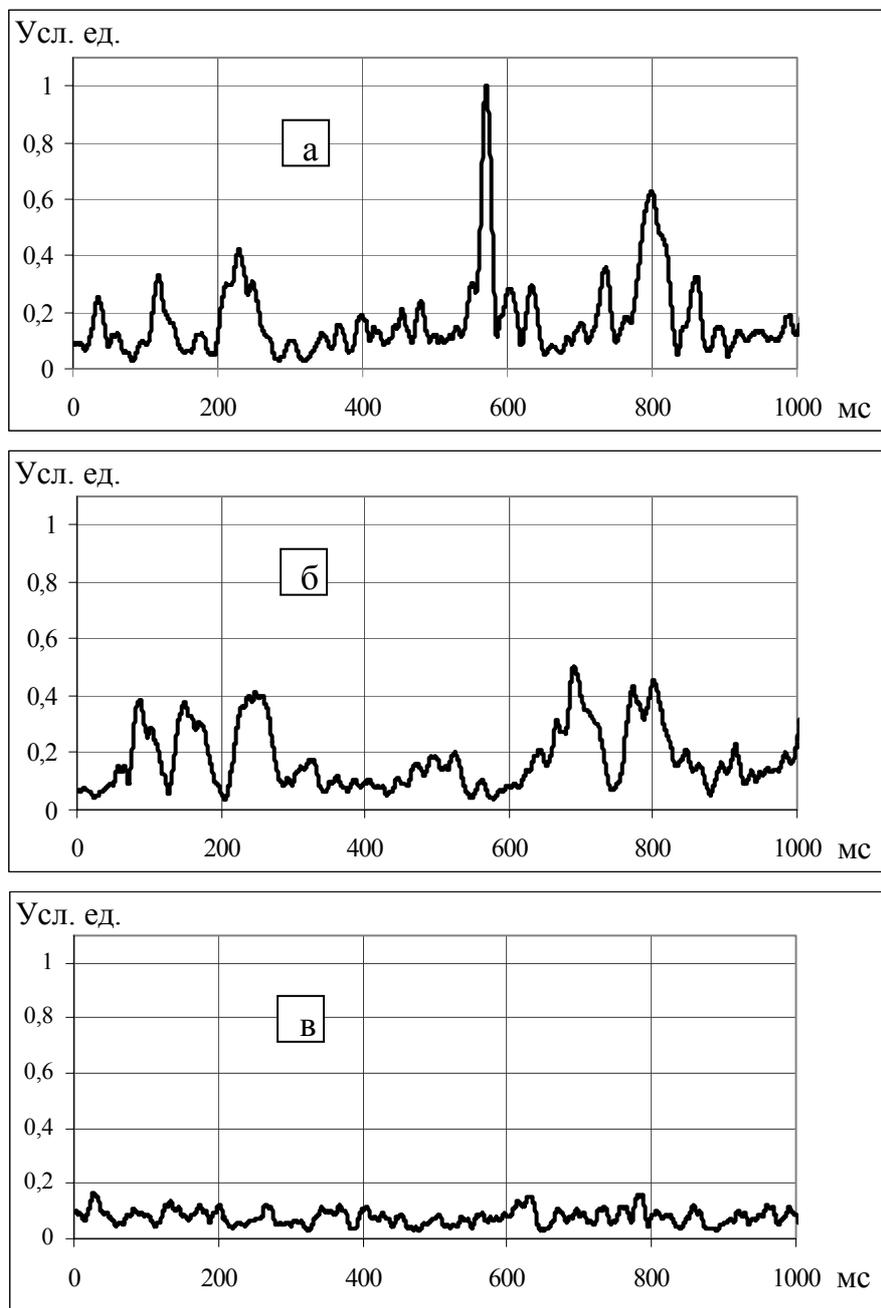


Рис. 1. Фрагменты сейсмических записей в абсолютных значениях амплитуд низкочастотных сейсмических колебаний (а и б) и микросейсм (в)

Амплитудные показатели низкочастотных сейсмических явлений заметно (в 5-10 раз) превышают уровень микросейсм. Спектр этих колебаний, обобщенный по множеству записей, показан на рис. 2, и свидетельствует о концентрации основной энергии сигналов в частотном диапазоне - от нескольких до 10-12 Гц.

С учетом спада амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сейсмостанции REZ-2Т в области низких частот (начиная с 10 Гц спад АЧХ составляет 6 дБ на октаву) реальный уровень сигнала превышает уровень микросейсм более чем на порядок.

Достаточная низкая основная частота этих сейсмических явлений свидетельствует о массивности колебательной системы, каковой является основная кровля пласта. Ее мощное и долговременное воздействие на пласт способно и без динамических проявлений являться причиной возникновения деструктивных зон, потенциально опасных в отношении газодинамических явлений.



Рис. 2. Обобщенные спектры низкочастотных сейсмических колебаний и микросейсм над областью очистных работ

Локальный экстремум на спектре в области 30 Гц, соответствующий по частотному диапазону отраженных волн в данных условиях с глубин 400-600 м [1], может являться сигналом от добычного оборудования (угольный комбайн, скребковый конвейер). Подтверждением этому может служить

отсутствие в этом диапазоне сейсмических проявлений в спектре микросейсм (см. рис. 2).

Достаточно высокая энергия низкочастотных сейсмических явлений позволяет уверенно идентифицировать их на фоне микросейсм и анализировать их параметры.

Следует отметить, что системное исследование низкочастотных сейсмических проявлений над очистными работами возможно при использовании специализированной сейсмической аппаратуры, позволяющей в автономном режиме регистрировать такие события по мере их возникновения во времени. В рамках указанной выше работы в 2007 году был разработан эскизный проект такой аппаратуры (аппаратура 2D синхронной регистрации сейсмической информации), и в настоящее время разрабатывается ее экспериментальный образец.

## **ВЫВОДЫ**

Проведенными исследованиями по разработке методического обеспечения диагностического сейсмического мониторинга состояния горного массива над очистными работами подтверждена обоснованность предложенного подхода к оценке сейсмического проявления геомеханического состояния пород основной кровли угольного пласта. Зарегистрированные низкочастотные сейсмические явления, несомненно, могут обладать диагностическими признаками в отношении формирования опасной геодинамической ситуации в горном массиве, и предусматриваемое их системное исследование позволит более достоверно оценивать геомеханические процессы над очистной выработкой.

## **СПИСОК ССЫЛОК**

1. Диагностический сейсмический мониторинг геодинамического состояния горного массива при отработке угольных пластов / Тиркель М.Г, Трифонов А.С., Туманов В.В., Юфа Я.М., Анциферов В.А. // Материалы конференции –

- «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли»: Институт горного дела СО РАН: - Новосибирск, 2007.
2. Пат. 25374 Украина, МПК G01V 1/00. Способ сейсмоакстической диагностики геодинамического состояния угольного пласта в очистной выработке / А.С. Трифонов, В.В. Туманов, А.И. Архипенко, М.Ю. Богак (Украина); УкрНИМИ. - № u200702455; Заявлено 06.03.2007; Опубл. 10.08.2007. - Бюл. № 12.
  3. Пат. 26538 Украина, МПК G01V 1/00, E21F. Способ сейсмической диагностики геодинамического состояния горного массива / А.С. Трифонов, А.В. Анциферов, В.В. Туманов, М.Г. Тиркель и др. (Украина); УкрНИМИ. - № u200705572; Заявлено 21.05.2007; Опубл. 25.09.2007. - Бюл. № 15.