

УДК 622.8:550.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОКРОВНОЙ ТОЛЩЕ ПОДРАБАТЫВАЕМОГО МАССИВА СЕЙСМИЧЕСКИМ ЗОНДИРОВАНИЕМ

**Трифонов А. С., Туманов В. В., Буждежан А. В.**  
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Розглянуто особливості поверхневих хвиль щодо впливу на енергетичні показники їхніх високочастотних складових напружень у покривній товщі підроблюваного гірського масиву.*

*Surface wave characteristics are considered with regard to the impact on energy parameters of their high-frequency stress components in overburden of rock mass being undermined.*

Особенности проявления и развития напряжений в покровной толще над очистной выработкой являются важными применительно к проблеме сохранения целостности инженерных объектов на земной поверхности.

Геомеханические трансформации в подрабатываемом горном массиве, определяемые множеством геологических и тектонических факторов и отражающие геомеханическую энергонасыщенность массива, способны в той или иной степени проявляться в параметрах сейсмических волн, в том числе и тех, которые формируются и распространяются в покровных отложениях [1-4].

Волновая структура сейсмического сигнала в покровных отложениях при зондировании на небольших базах (порядка 10–20 м) определяется целым рядом волн (преломленные, рефрагированные, поверхностные рэлеевские, пластовые и др.), из которых энергетически наиболее выражены поверхностные. Изменения в покровной толще с глубиной упругих констант, а также наличие в ней слоистости определяют дисперсионные свойства

высокочастотных составляющих поверхностных волн. Распространяясь в определенных волноводных условиях с градиентными (по плотности, напряжениям, влажности и температуре) и отражающими границами, высокочастотные компоненты за счет многократных отражений и рефракций проходят расстояние по протяженности значительно превышающую базу зондирования. За счет этого в их параметрах более полно отображаются особенности состояния среды при малом затухании этих волн с расстоянием.

Энергетическое превосходство поверхностных волн над преломленными и рефрагированными демонстрируется на рисунке 1 примерами сейсмограмм, характерных для условий зондирования (на базе 20 м) на подработанном участке (5-ой южной лавой блока № 10 ш/у «Покровское») и в этих же условиях непосредственно над очистным забоем.

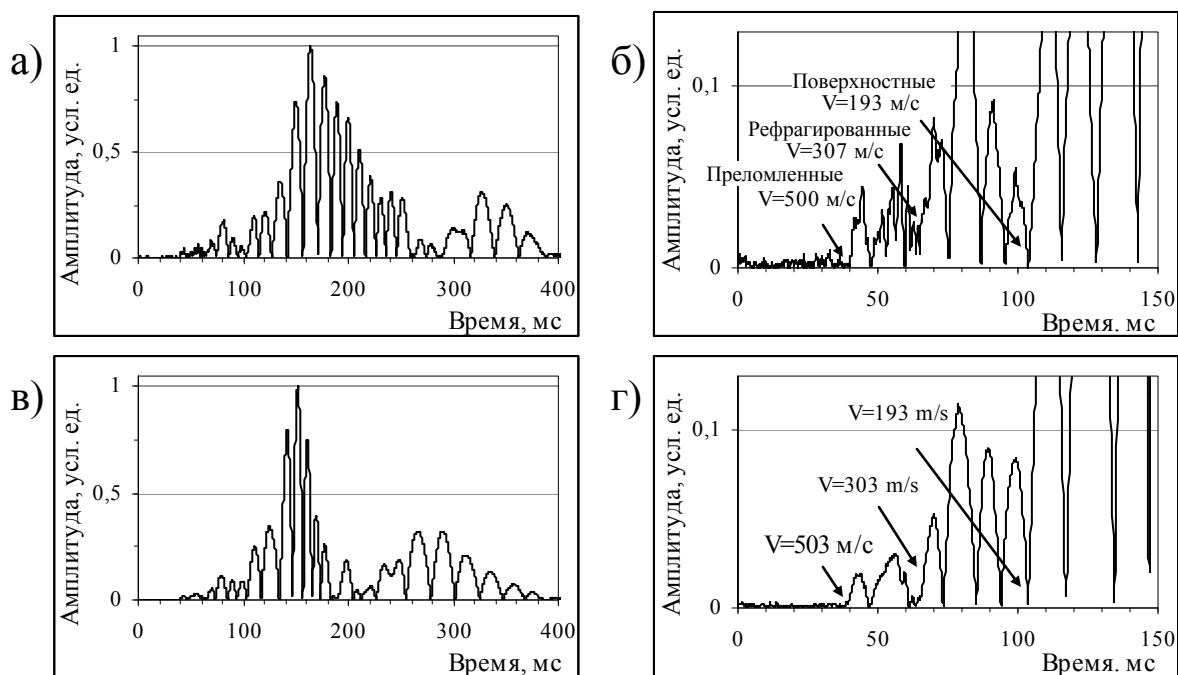


Рис. 1. Примеры сейсмических сигналов (в виде абсолютных значений амплитуд) зондирования на базе 20 м на подработанном участке (а) и над очистным забоем (в) и фрагменты этих сейсмограмм во временном диапазоне до 150 мс с увеличенным масштабом по амплитуде (б, г)

На приведенных сейсмограммах энергетически значимыми являются также низкоскоростные (порядка 70-80 м/с) пластовые волны, формируемые в приповерхностном канале с отражающими границами [1] и приходящие после пакета поверхностных волн с заметно меньшей, чем у них, видимой частотой. Эти пластовые (каналовые) волны, в силу своей низкочастотности, малоинформативны на небольших базах зондирования (недостаточная разрешающая способность), но могут быть эффективными в мониторинговых исследованиях на базах порядка 50-100 м [1].

Преломленные волны на рассматриваемых участках зондирования, равно как и рефрагированные, не имеют сколь-нибудь существенных различий ни по скоростным показателям, ни по видимым частотам (см. рис. 1, б и рис. 1, г) и, по всей видимости, их чувствительность к наличию напряжений в среде (над очистной выработкой) незначительна.

Поверхностные волны (детально представленные на рисунке 2 во временных диапазонах их проявления) в рассматриваемых условиях заметно различаются по длительности волновых пакетов и по частотам, постепенное возрастание значения которых в волновом пакете после его амплитудного максимума является дисперсионным показателем, характерным для интерференционных пластовых (каналовых) волн.

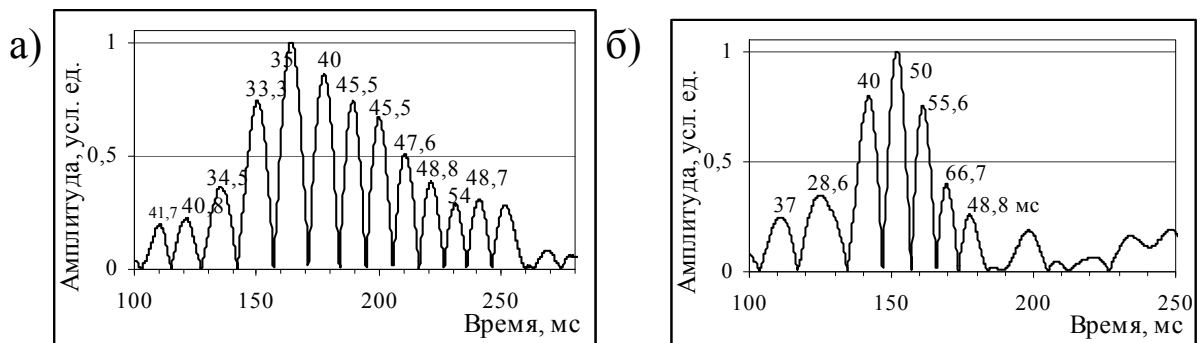


Рис. 2. Волновая структура поверхностных волн над отработанным участком столба (а) и над очистным забоем (б)

Дисперсионный характер поверхностных волн для рассматриваемых участков показан на рисунке 3 и для подработанного

участка дисперсия существенно менее выражена, чем над очистным забором.

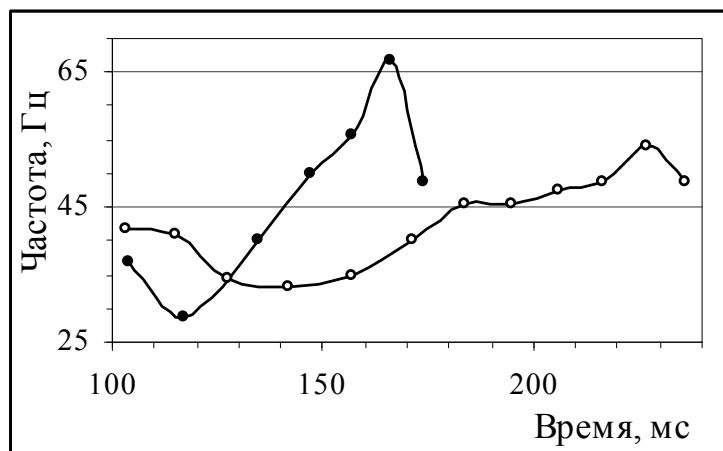


Рис. 3. Зависимость частоты полупериода от времени его прихода для поверхностных волн на подработанном участке (график с маркерами - ○) и над очистным забором (график с маркерами - ●)

Отмеченные дисперсионные отличия указывают на улучшение для поверхностных волн волноводных свойств в напряженных областях покровной толщи, и проявляется это в основном на высокочастотных составляющих этих волн, энергетические показатели которых в частотном диапазоне 50-80 Гц их спектров (показанных на рисунке 4) многократно (до пяти раз) возрастают над очистным забором. Столь существенное возрастание свидетельствует как о значительности напряжений в покровном массиве, так и о высокой чувствительности высокочастотных компонент поверхностных волн к изменению напряжений в плотных отложениях покровной толщи, в которых формируются условия распространения этих интерференционных составляющих поверхностных волн.

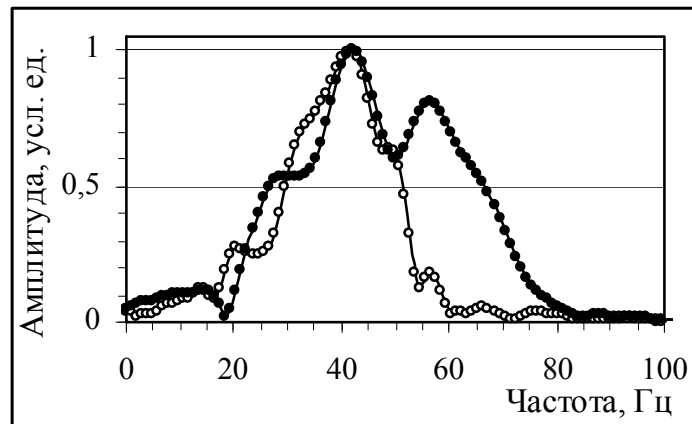


Рис. 4. Спектры поверхностных волн: на подработанном участке (график с маркерами - ○) и над очистным забоем (график с маркерами - ●)

В рассматриваемых условиях зондирование покровной толщи выполнено по площадной схеме на трех параллельных профилях (база зондирования – 20 м, расстояние между смежными профилями – 15 м, шаг перемещения расстановки зондирования по профилю – 5 м) примерно в средней по мощности части выемочного столба с направленностью профилей по ходу подвигания очистного забоя и перекрытием профилями проекции очистного забоя на земную поверхность. Рассчитанные для частотного диапазона 50-80 Гц спектры сигналов энергетические показатели (сумма амплитудных значений частотных составляющих частотного диапазона, нормированная к энергетическому показателю в частотном диапазоне спектра 20-120 Гц) представлены на рисунке 5 в виде карты распределения этих показателей по исследуемому участку.

Область повышенных напряжений (по высоким значениям энергетических показателей) впереди проекции очистного забоя на земную поверхность, по видимому, вызывается растягивающими деформациями в покровной толще на стадии упругого изгибного деформирования ее на границе сдвижения коренных пород. Величина напряжений в этой области определяется преимущественно мощностью покровной толщи (в данном случае порядка 60-70 м) и по направлению подвигания очистного забоя об-

ласть повышенных напряжений достигает величины 40-50-ти метров.

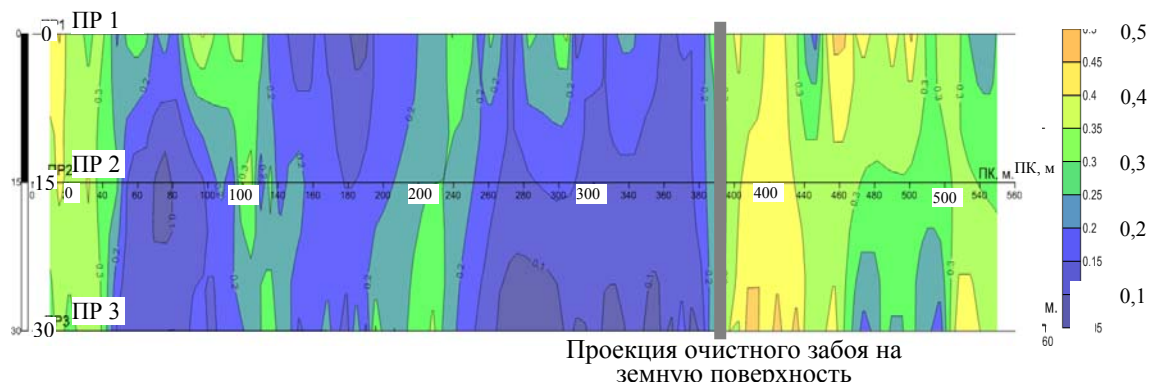


Рис. 5. Карта распределения энергетических показателей частотного диапазона 50-80 Гц спектров сейсмических сигналов по площади исследуемого участка

В области полных сдвижений горных пород энергетические показатели поверхностных волн своими пониженными значениями отражают разгрузку покровных отложений от напряжений с сохранением структурной целостности отложений, которая определяется наличием дисперсионных свойств у поверхностных волн в этих условиях.

Высокая чувствительность высокочастотных составляющих поверхностных волн к проявлению напряжений в покровной толще указывает на возможность использования их энергетических показателей, как для выявления в приповерхностной части покровной толщи повышенных напряжений техногенного происхождения, так и для оценки геомеханической активности тектонически нарушенных и потенциально геодинамически опасных участков горного массива

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Antsyferov A., Trifonov A., Tumanov V., Ivanov L. Changes of overburden stresses in time and their manifestations in seismic wave indices / VII International scientific-practical conference “School of Underground Mining” // Annual Scientific-Technical Collection “Mining of Mineral Deposits”. — Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. — P. 23—27.

2. Трифонов А. С. Проявления техногенной нарушенности горного массива в энергетических показателях сейсмических волн [Текст] / А. С. Трифонов, Н. Н. Киселев, В. В. Туманов, А. В. Буждежан, Н. В. Хлюстов. — Наук. пр. УкрНДМІ НАН України : сб. наук. пр. — Донецьк, 2012. — № 11 — С. 267—274.
3. Трифонов А. С. Сейсмические исследования геомеханического состояния покровной толщи при активном развитии экзогенных геологических процессов [Текст] / А. С. Трифонов, А. И. Архипенко, Н. В. Хлюстов, Е. А. Ялпуга. — Наук. пр. УкрНДМІ НАН України : сб. наук. пр. — Донецьк, 2010. — № 6 — С. 294—300.
4. Трифонов А. С. Исследование влияния напряженного состояния верхней части подрабатываемого массива на параметры сейсмических сигналов [Текст] / А. С. Трифонов, М. Г. Тиркель, В. В. Туманов, А. И. Архипенко. — Наук. пр. УкрНДМІ НАН України : сб. наук. пр. — Донецьк, 2009. — № 4. — С. 61—70.