

УДК 622.8:550.3

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОПОЛЗНЕОПАСНОГО МАССИВА

Трифонов А. С., Туманов В. В., Архипенко А. И., Ялпуга Е. А.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Розглянуто результати досліджень діагностичної інформативності енергетичних показників рефрагованих хвиль стосовно до особливостей стану зсувонебезпечного масиву.

The findings of investigation of diagnostic informativeness of energy datum of reflected waves in respect to conditions of land-slide hazardous massif are considered.

Диагностика потенциально оползнеопасного массива применительно к выявлению структурно нарушенных (трещиновых и водонасыщенных) участков наиболее достоверна и физически понятна при зондировании покровной толщи рефрагированными волнами [1-3], формирование и распространение которых в пределах этой толщи обусловлено ее вертикальным плотностным градиентом. Возможность проникновения на всю глубину покровных отложений и относительная высокочастотность этих волн (основная энергия сосредоточена в частотном диапазоне ~ 60-100 Гц) определяет информативность их параметров об особенностях геомеханического состояния среды их распространения.

Следует также отметить зависимость глубины проникновения в массив рефрагированных волн от базы зондирования (расстояние между источником и приемником сейсмического сигнала), составляющей примерно третью часть величины этой базы. С учетом реальных значений мощности оползнеопасной покровной

толщи порядка 5-10 м оптимальными для ее зондирования представляются базы 10-15 м.

На таких базах зондирования скоростные показатели рефрагированных волн, проявляющихся по вступлению сигнала, обусловлены в основном литологическими особенностями массива, но изменения этих показателей во времени могут быть связаны с возникновением или развитием в нем трещиноватости и изменением водонасыщенности его приповерхностной части. Вместе с тем, обилие в почвенно-растительном слое осадков создает условия для распространения от источника колебаний прямой продольной волны, превосходящей по скорости рефрагированную. Такое возможное проявление по вступлению сигнала волн различной природы указывает на неоднозначность скоростного показателя для оценки изменения состояния массива.

Примером такого рода неоднозначности могут служить изменения значений скорости для пяти последовательных участков профиля протяженностью 250 м в течение четырех циклов наблюдений (09.10 г., 11.10 г., 05.11 г. и 11.11 г.) на оползнеопасном участке (см. рис. 1) в районе северных порталов тоннельного комплекса № 3 дороги Адлер-Красная поляна. В этих наблюдениях значения скорости обобщались для десяти последовательных пунктов зондирования (на базах 10 м и 15 м при перемещении расстановки по профилю с шагом 5 м) и особенностью поведения скоростных показателей во времени является идентичность характера их изменений для всех участков профиля (см. рис. 2), несмотря на определенные рельефные и существенные литологические (по значениям скорости) различия этих участков.

Определенная информационная неоднозначность характерна в рассматриваемых условиях также и для спектральных показателей сейсмических сигналов и проявляется она в разнообразии распределения основной энергии сигнала по частотному диапазону (см. рис. 3). Это разнообразие обусловлено существенной неоднородностью покровной толщи по профилю вследствие ее хаотичной блочности и трещиноватости, а также возможных литологических различий (содержание обломочного материала и др.).



Рис. 1. Фрагмент плана участка режимных наблюдений в районе северных порталов тоннельного комплекса № 3 совмещенной дороги «Адлер - Красная поляна»

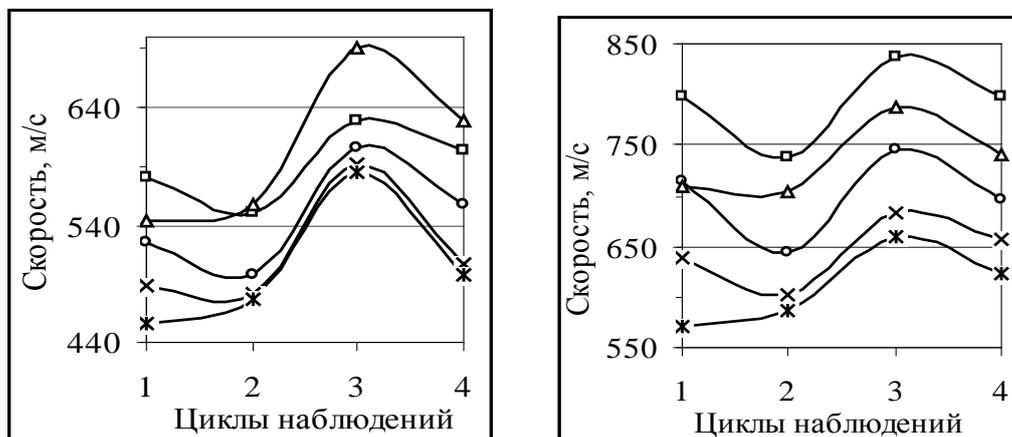


Рис. 2. Характер изменения во времени обобщенных показателей скорости для пяти участков профиля: 0-50 м, 50-100 м, 100-150 м, 150-200 м и 200-250 м (соответственно графики с маркерами – ○, □, △, ×, ж) для двух баз зондирования – 10 м (а) и 15 м (б)

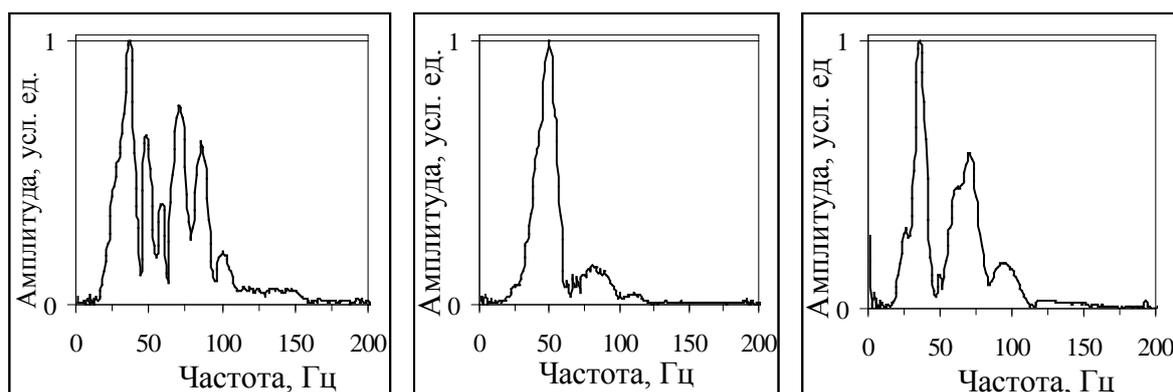


Рис. 3. Примеры спектров сейсмических сигналов в рассматриваемых условиях

Возникающая в такой сложной среде суперпозиция различных волн (рефрагированных, прямых продольных, преломленных и др.) и множества их отражений от разнообразных акустических границ (трещиноватости, включений обломочного материала, границы коренных пород и пр.), определяет разнообразие и структурную сложность спектров сигналов. Активизация деформационных явлений в покровных отложениях сопровождается возникновением или развитием трещиноватости, вызывающей повышенное затухание и рассеяние высокочастотных (примерно свыше 100-120 Гц) составляющих сигнала, которые преимущественно относятся к рефрагированным волнам (более мощные и менее информативные поверхностные волны в рассматриваемых условиях ограничены частотами порядка 80-100 Гц).

Изменения высокочастотного диапазона спектра, с учетом его сложности и разнообразия, представляется возможным оценить преобразованием спектра в характеристику относительного изменения его энергетических показателей с частотой. Для этого спектр сигнала разбивается на определенные частотные диапазоны с расчетом для каждого из них энергетического показателя в виде суммы амплитуд (в условных единицах) частотных составляющих диапазона и последующего вычисления отношений энергетических показателей предыдущего частотного диапазона к последующему. На рисунке 4 представлены такие преобразования спектров сигналов (обобщенных для десяти последователь-

ных реализация зондирования) для всех участков профиля по двум базам зондирования и для четырех циклов мониторинга.

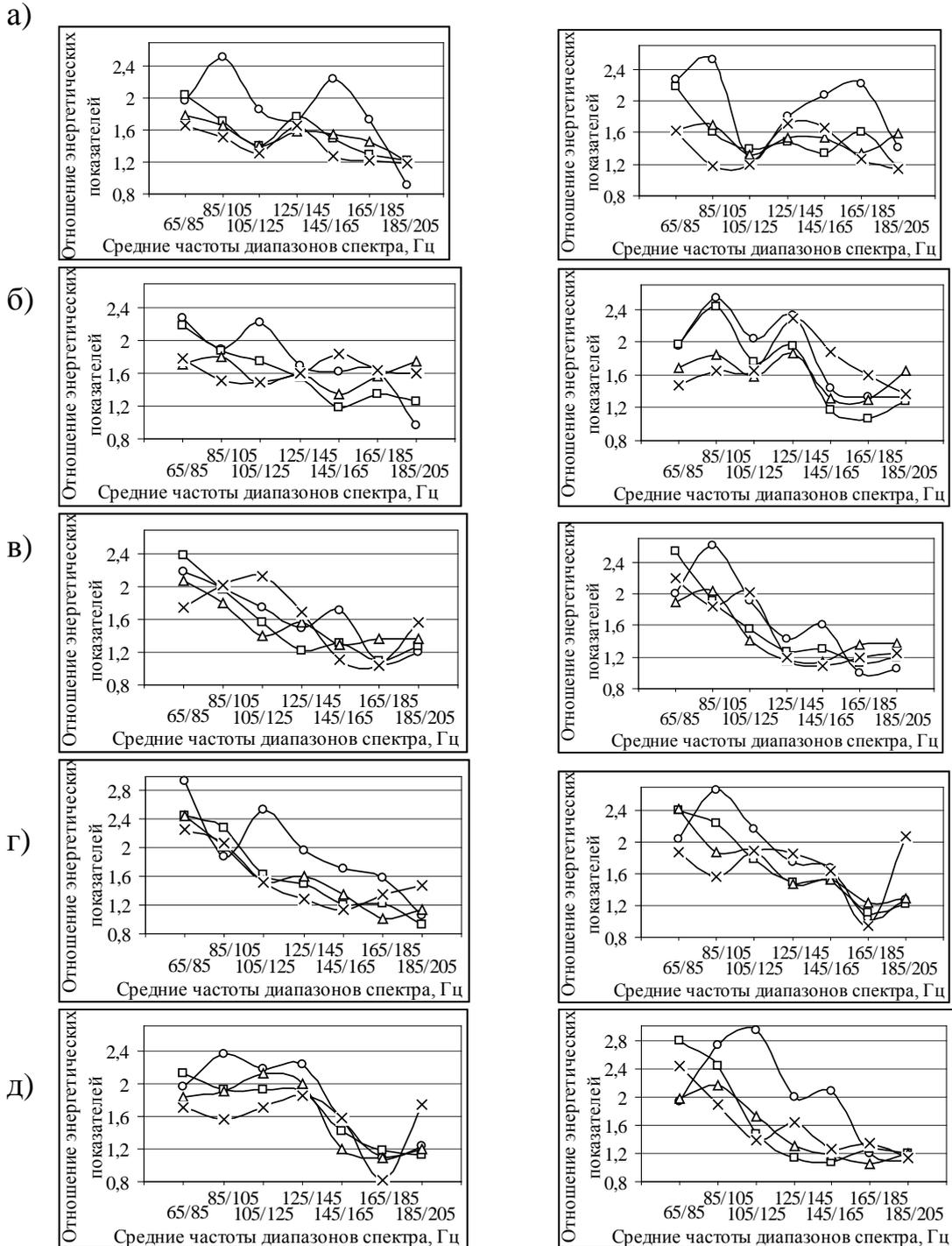


Рис. 4. Преобразованные спектры сигналов для пяти участков профиля (соответственно а, б, в, г, д) по двум базам зондирования - 10 м (левая колонка) и 15 м (правая колонка) и для 1 - 4 го циклов мониторинга (соответственно графики с маркерами ○, □, Δ, x)

Энергетические показатели рассчитывались в частотных диапазонах: 50-80 Гц, 70-100 Гц, 90-120 Гц, 110-140 Гц, 130-160 Гц, 150-180 Гц, 170-200 Гц и 190-220 Гц, обеспечивающих достаточную детализацию спектральных преобразований.

Наиболее выраженные относительные изменения энергетических показателей спектров проявляются на первом (см. рис. 4, а), четвертом (см. рис. 4, г) и пятом (см. рис. 4, д) участках профиля в первом цикле наблюдений. Существенное понижение в последующих циклах наблюдений на этих участках рассматриваемого показателя является отражением нормализации деформационных процессов в массиве.

Наиболее активным представляется второй участок профиля, на котором относительные изменения энергетических показателей заметно возрастали в первом, втором и четвертом циклах на базе зондирования 15 м (см. рис. 4, б правую колонку) с определенной минимизацией значений показателя в третьем цикле мониторинга.

По всем участкам профиля рассматриваемые спектральные показатели заметно разнятся по характеру их зависимости от частоты и изменчивости этого характера во времени и эти различия и изменчивость отражают как неоднородность массива по профилю, так и существенность изменения во времени активности деформационных процессов в различных частях массива.

Важной особенностью анализируемого показателя является формализованный характер его расчета по результатам Фурье-преобразования сейсмического сигнала. Определяемая этим возможность оперативной обработки больших объемов сейсмической информации позволит представлять диагностическую информацию в виде карт распределения диагностического параметра по площади исследуемого массива с более полным и достоверным пониманием происходящих в массиве эндогенных процессов.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Сейсмические исследования геомеханического состояния покровной толщи при активном развитии в ней экзогенных гео-

- логических процессов / Трифонов А. С, Архипенко А. И., Хлюстов Н. В., Ялпуга Е. А. // Наук. пр. УкрНДМІ України: зб. наук. пр. – Донецьк, 2010. № 6. – С. 294 – 300.
2. Диагностические показатели сейсмических сигналов при решении инженерно-геологических задач / Трифонов А.С., Туманов В.В/, Юфа Я. М. // Наук. пр. УкрНДМІ України: зб. наук. пр. – Донецьк, 2008. № 3. – С. 185 – 191.
 3. Оптимальное решение задач техногенной безопасности геофизическими методами / В. В. Туманов, Я. М. Юфа, А. С. Трифонов // Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ. – Москва, 2005. – № 6. – С. 75 – 78.