

УДК 622.8:550.3

## ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Трифонов А.С., Туманов В.В., Юфа Я.М.  
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Розглянуто особливості прояву в динамічних параметрах сейсмічних сигналів структурних неоднородностей верхньої частини геологічного розрізу, які дозволяють підвищити діагностичну достовірність геофізичного прогнозу при рішенні інженерно-геологічних задач.*

*Features inherent to the appearance in amplitude attributes of seismic responses related to near-surface structural heterogeneities are considered that allow improving diagnostic reliability of geophysical prediction when solving engineering problems.*

Геологические и техногенные аномалии в верхней части геологического разреза представляют достаточно серьезную проблему при строительстве объектов различного назначения и точность картирования таких неоднородностей предопределяет надежность и безопасность последующей эксплуатации строящихся зданий и сооружений. Достаточно широко практикуемые для решения инженерно-геологических задач геофизические методы (сейсморазведка и электроразведка в различных модификациях, метод переходных процессов и некоторые другие методы) позволяют оперативно исследовать значительные территории с комплексной оценкой состояния исследуемой среды. При общей объективности такой оценки, в некоторых случаях интерпретация геофизической информации затруднительна вследствие определенной неоднозначности используемых показателей в отношении

геологической ситуации. Так применительно к сейсморазведке по методу общей глубинной точки (МОГТ), энергетические показатели используемых волн оцениваются по абсолютным значениям, которые вследствие энергетической неоднозначности источника упругих колебаний могут значительно варьироваться вне зависимости от состояния геосреды. Условность такого показателя характерна применительно к интерпретации динамического глубинного разреза ОГТ (см. рис. 1) верхней части геологической среды, сформированного при проведении сейсморазведочных исследований по уточнению положения Французского надвига на участке строительства аквапарка на территории парка им. Щербакова в г. Донецке.

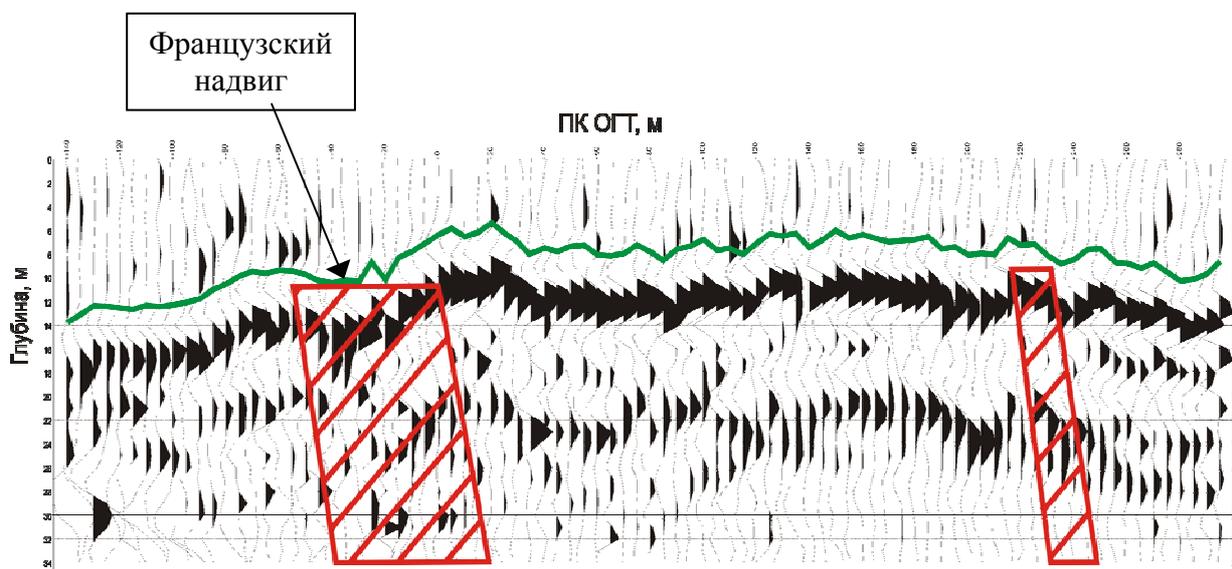
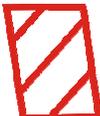


Рис.1. Глубинный разрез ОГТ (парк Щербакова)

-  - кровля выветрелых пород карбона;
-  - зона тектонического нарушения.

Тектоническое нарушение (Французский надвиг) на разрезе интерпретировано по определенному понижению в рельефе сейсмической границы, соответствующей кровле выветрелых пород карбона, некоторому уменьшению амплитуды, отраженных от этой границы волн и нарушению корреляции оси синфазности отражений от подошвы зоны выветривания.

С учетом определенной невыразительности этих критериев были проведены дополнительные исследования, направленные на изучение характера проявления исследуемой аномалии в динамических параметрах сейсмических сигналов. Информативность этих параметров в отношении структурной нарушенности массива показана в работе [1] на примере изучения техногенного нарушения в породной среде. Применительно к рассматриваемым условиям, изменения в динамических показателях сейсмических сигналов в области Французского надвига (по интерпретации глубинного разреза ОГТ) проявлялись в перераспределении основной энергии сейсмических сигналов по их длительности во временную область отражений поверхностных волн от вертикальных границ нарушенной области. Иллюстрацией этого могут служить примеры сейсмических записей, полученных на изучаемом объекте в характерных интервалах сейсмического профиля (см. рис. 2).

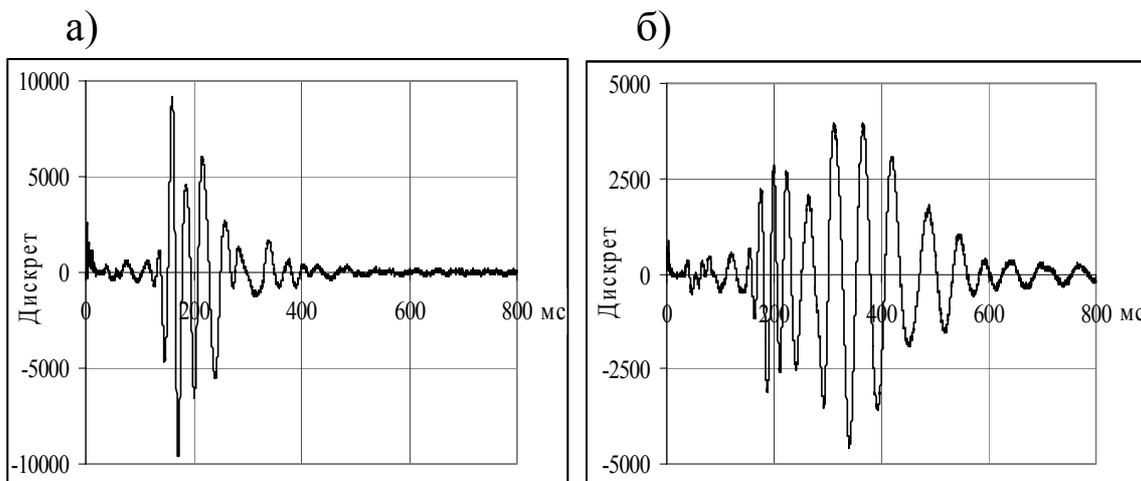


Рис. 2. Примеры сейсмических сигналов вне зоны влияния тектонического нарушения (а) и в зоне его проявления (б)

Возрастание энергии сейсмических сигналов во временном диапазоне свыше 250 мс (см. рис. 2 б) в деструктурированных областях горного массива может быть обусловлено контрастным характером границ нарушения в верхней части геологического разреза и возникновением интенсивных отражений от этих гра-

ниц поверхностных рэлеевских волн [2] с их интерференцией в пунктах приема. В соответствии с этим, повышение энергии сейсмических сигналов во временном диапазоне, превышающим временной диапазон проявления прямых поверхностных волн Рэлея (для используемой базы 20 м этот диапазон составляет примерно 140-250 мс) является признаком наличия указанных отражающих границ и, тем самым, признаком деструкции массива. Равно как и таким же признаком является и снижение интенсивности рефрагированных волн вследствие их повышенного затухания в нарушенной области.

Формализация указанных признаков возможна посредством соотношения энергетических показателей временных диапазонов сейсмических сигналов с указанными энергетическими изменениями [3]. В качестве энергетического показателя представляется возможным использовать среднеквадратическое значение амплитуд сигналов в определенных временных диапазонах, которые могут устанавливаться с учетом кинематических характеристик рефрагированных и поверхностных волн. На рис. 3 показан график изменения по профилю наблюдений соотношения среднеквадратических значений амплитуд сейсмических сигналов, рассчитанных для временных диапазонов 120-250 мс и 250-350 мс.

Достаточно контрастный характер проявления аномальных областей на рис. 3 по рассматриваемому показателю (с превышением максимальных значений этого показателя от фонового уровня до 4-х раз в области проявления надвига) свидетельствует о высокой чувствительности этого показателя к изменению состоянию верхней части геологического разреза. При этом вследствие относительного характера этого показателя, он независим от энергетической вариации источника колебаний по профилю и, соответственно, объективно отражает изменения в исследуемой среде.

Подтверждением этой объективности может служить характер изменения спектральных особенностей сейсмических сигналов в зонах тектонической нарушенности [4]. На рис. 4 показаны амплитудно-частотные спектры сейсмических записей, представленных на рис. 2.

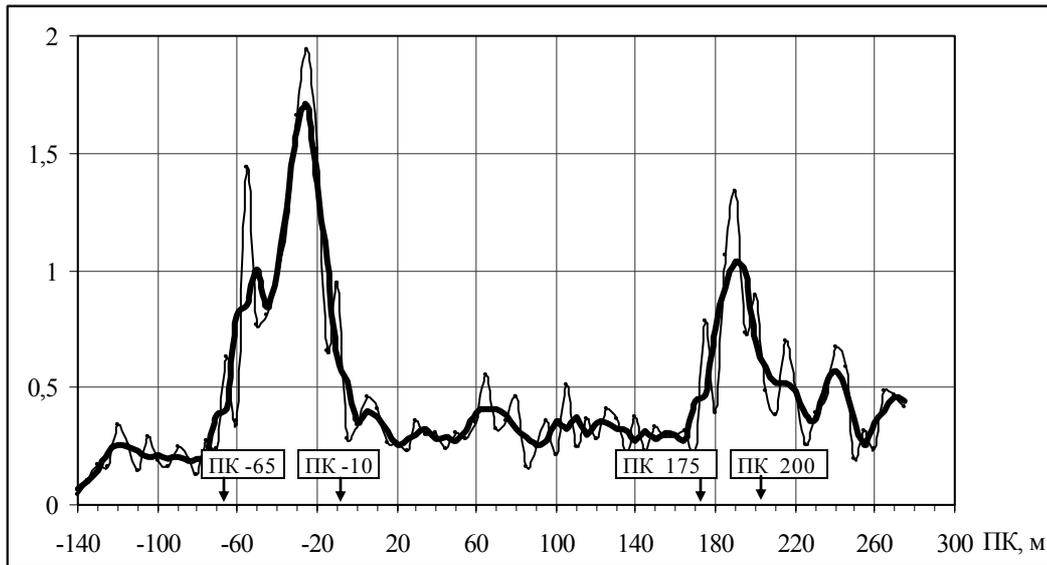


Рис. 3. Графік зміни по профілю спостережень відношення середньоквадратичних значень амплітуд для часових діапазонів сейсмічних сигналів 120-250 мс і 250-350 мс

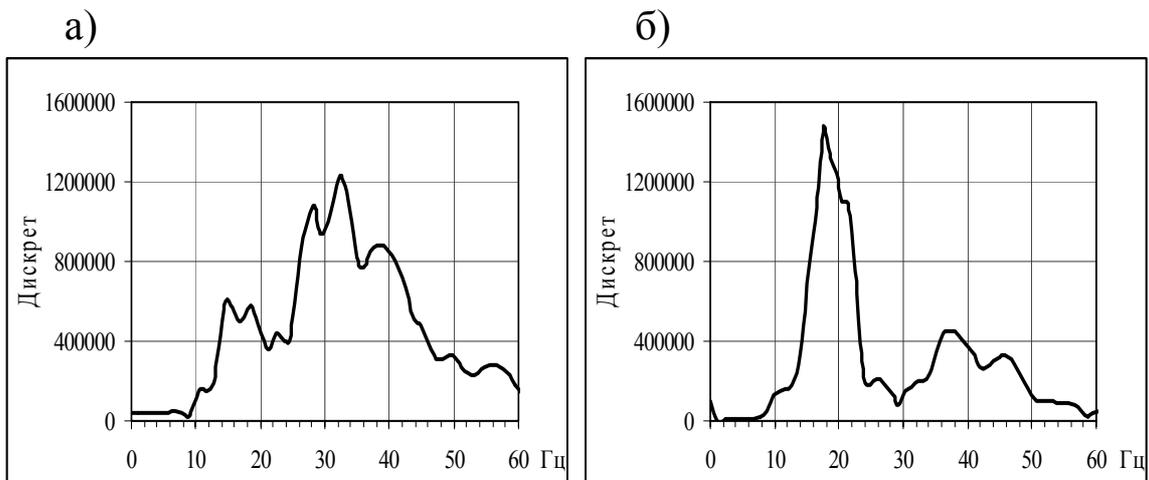


Рис. 4. Приклади спектрів сейсмічних сигналів поза зоною впливу тектонічного порушення (а) і в зоні його проявлення (б)

Різниця приведених спектрів в стосовно розподілу енергії по частотній осі відображає певну насиченість сигналу високочастотними складовими (свыше 25 Гц) в ненарушеній області (рис. 4 а) і підвищене затухання високочастотної області спектра в порушеній частині масиву (рис. 4 б) при суттєвому зростанні низькочастотної області (ниже 25 Гц).

Эти признаки состояния массива также могут быть формализованы аналогично выше рассмотренному показателю (энергетического перераспределения по длительности сейсмических сигналов) посредством соотношения энергетических показателей (среднеквадратических значений амплитудных составляющих спектра) для двух частотных диапазонов спектра, характерных для ненарушенной области (с концентрацией основной энергии спектра в частотном диапазоне 25-50 Гц) и для области проявления тектоники (с концентрацией основной энергии спектра в частотном диапазоне 10-25 Гц). График изменения по профилю наблюдений соотношения среднеквадратических значений амплитуд указанных диапазонов показан на рис. 5

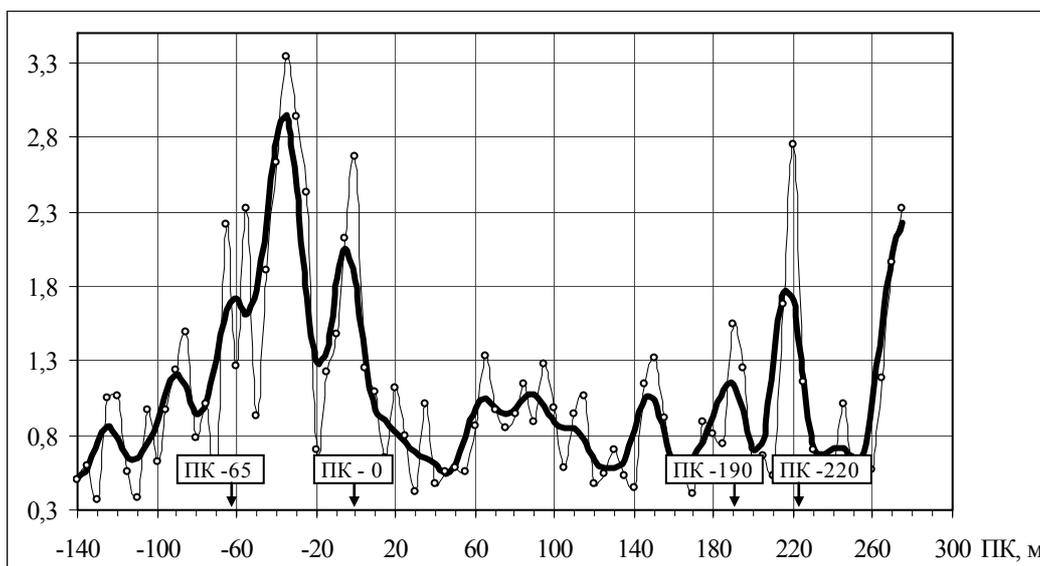


Рис. 5. График изменения по профилю наблюдений отношения среднеквадратических значений амплитуд частотных составляющих спектров сейсмических сигналов для частотных диапазонов 10-25 Гц и 25-50 Гц

Применительно к основному нарушению (Французскому надвигу) очевидна высокая корреляция показателя относительного энергетического изменения в спектрах сейсмических сигналов (см. рис. 5) с показателем относительного энергетического перераспределения по длительности сигналов (см. рис. 3).

Взаимосвязь рассмотренных показателей сейсмических сигналов при их физической обоснованности, высокой чувствительности к структурным изменениям в массиве и формализованном характере получения определяет объективность и точность картирования тектонических нарушений при решении инженерно-геологических задач.

### **СПИСОК ССЫЛОК**

1. Особенности сейсмоакустической диагностики строения и состояния приповерхностной части техносферы / Трифонов А.С., Архипенко А.И., Туманов В.В., Юфа Я.М., Киселев Н.Н., Богак М.Ю., Азаров Н.Я. // – Проблемы горного давления. / Сборник научных работ № 13 – Донецкий Национальный Технический Университет. Донецк 2005.
2. Р. Шерифф, Л. Гелдарт. Сейсморазведка. Том 1. – М: «Мир», 1987, с. 101.
3. Пат. 15052 Украина, МПК G01V 1/00. Способ сейсмоакустической диагностики горного массива. / М.Г. Тиркель, А.С. Трифонов, А.И. Архипенко, В.В. Туманов, Я.М. Юфа, Н.Н. Киселев, М.Ю. Богак (Украина); УкрНИМИ. - № и 2005 11519; Заявлено 05.12.2005; Опубл. 15.06.2006, Бюл. № 6.
4. Оптимальное решение задач техногенной безопасности геофизическими методами / Туманов В.В., Юфа Я.М., Трифонов А.С., Архипенко А.И., Балакин Ю.А.// – Горный информационно-аналитический бюллетень. Изд. Московского государственного горного университета. № 6, Москва – 2005. с. 75.