

УДК 622.8:550.3

## ПРОЯВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАРУШЕННОСТИ ГОРНОГО МАССИВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

**Трифонов А. С., Киселев Н. Н., Туманов В. В.,  
Буждежан А. В., Хлюстов Н. В.**  
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Розглянуто результати досліджень сейсмічним зондуванням геологічного середовища, що стосуються визначення діагностичної інформативності енергетичних показників сейсмічних хвиль відносно особливостей техногенного порушення.*

*The results of seismic sounding studies of geological environment related to the determination of the diagnostic informativeness of energy performance of seismic waves with respect to features of technogenic disturbance are considered.*

Состояние природной среды в индустриально насыщенных регионах Украины во многом определяется активизацией природно-техногенных геологических процессов, представляющих реальные риски для населенных пунктов и их жителей. Наиболее техногенно опасными являются подрабатываемые угольными шахтами урбанизированные территории, на которых потенциально возможны возникновения оползневых явлений, подтоплений жилых и промышленных сооружений, образование провалов и пр.

Одним из примеров таких условий представляется нарушение целостности насыпных дамб в виде локальных промывов, которые в определенных условиях (на стадии установления наличия нарушенности) могут служить моделью (вследствие исходной однородности их геологического строения) для отработки геофи-

зических технологий выявления в массиве техногенных и естественных геологических аномалий.

Подобного рода объектом является дамба пруда на балке Грекова (Осыковая) в Ясиноватском районе Донецкой области, где возник промыв из-за нарушения шовных соединений в перепускном бетонном водоводе в теле дамбы на глубине около восьми метров от ее поверхности без визуальных проявлений просадок на поверхности.

Исследования этого объекта проводились сейсмическим зондированием с анализом показателей поверхностных (рзлеевских) и рефрагированных волн. Поверхностные волны, распространяясь по границе почва-воздух, достаточно низкочастотны (основная энергия, как правило, ограничивается частотным диапазоном ~20-60 Гц) и характеризуют массив на глубину порядка одного - трех метров. Диагностическим параметром поверхностной волны в отношении особенностей среды ее распространения может служить энергетический показатель спектра этой волны в виде суммы амплитуд его частотных составляющих. Нормирование этого показателя к энергетическому показателю всего спектра сейсмического сигнала (в частотном диапазоне 20-200 Гц) определяет минимизацию проявления энергетической составляющей источника сейсмического сигнала (удар молотком по передаточной штанге) в оцениваемом показателе.

На рисунке 1 приведены графики изменения энергетических показателей поверхностных волн по профилю в средней части дамбы, указывающие на значительное понижение значений энергетического показателя в области пикетов ~ 42 м – 54 м. С учетом того, что этот участок дамбы пресекается перепускным водоводом (на глубине порядка 8 м), понижение энергетического показателя определяется, по всей видимости, влиянием на поверхность достаточно объемного (судя по протяженности участка профиля с пониженными значениями энергетического показателя) промыва в дамбе. Отсутствие на поверхности дамбы заметных признаков (просадок в виде мульды) проявления размыва указывает на сформировавшуюся в дамбе купольную структуру с соответствующими в ней сжимающими напряжениями.

Понижение энергетического показателя поверхностных волн в области наличия таких напряжений может быть обусловлено низкочастотностью этих волн и невозможностью их проникновения через напряженную среду, являющейся как бы фильтром высоких частот, которые отсутствуют в спектре поверхностных волн.

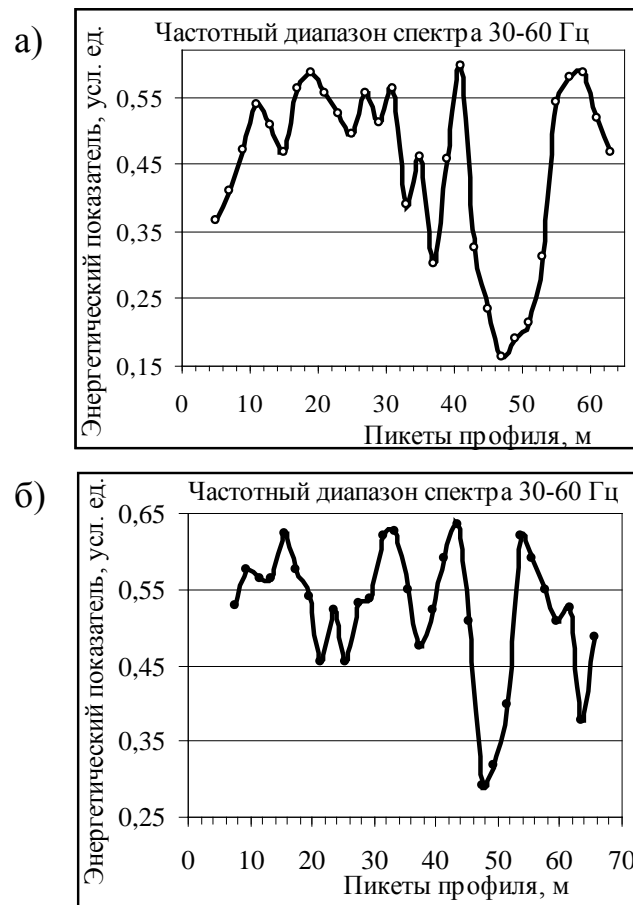


Рис. 1. Характер изменения энергетических показателей поверхностных волн на базах зондирования 10 м (а) и 15 м (б) на профиле в средней части поверхности дамбы

Подобного рода купольная структура в дамбе описана в [1] с подтверждением проявления сжимающих напряжений повышенными значениями скорости по вступлению сейсмического сигнала (по вступлению рефрагированных волн) при зондировании на базе 10 м. Поверхностные волны в этих исследованиях использо-

вались для нормирования энергетических показателей рефрагированных волн и не рассматривались для оценки состояния поверхностной части дамбы.

Учитывая определенную неоднозначность скоростного показателя (субъективность его определения при нечетком вступлении сигнала с возможным проявлением прямых продольных или звуковых волн во временном диапазоне вступлении сигнала), его использование представляется малоэффективным для исследований с зондированием на базах порядка 10-20 м. Это также касается и скорости поверхностных волн, вступление которых, как правило, на рассматриваемых базах перекрывается интенсивными рефрагированными волнами.

Способные проникать в покровную толщу (среда с выраженным плотностным градиентом) на значительную глубину рефрагированные волны [2, 3], вследствие зависимости глубины проникновения этих волн от базы зондирования, позволяют исследовать среду на разных глубинах. Определенная насыщенность этих волн относительно высокочастотными (до 100 Гц и более) составляющими (вследствие распространения волн в уплотненных отложениях) предопределяет их информативность в отношении исследуемой среды. В исследованиях дамбы пруда на балке Грекова, наиболее выражено проявлялось воздействие промыва в дамбе на энергетические показатели рефрагированных волн в частотном диапазоне спектра сигнала 90 - 120 Гц. В отличие от поверхностных волн, рефрагированные реагировали на промыв с существенным (до трех раз и более) повышением их энергетических показателей (см. рис. 2). Столь значительное повышение, по-видимому, обусловлено значительностью объема промыва и наполненностью его насыщенной водой глиной и, соответственно, пониженным затуханием рефрагированных волн в такой среде.

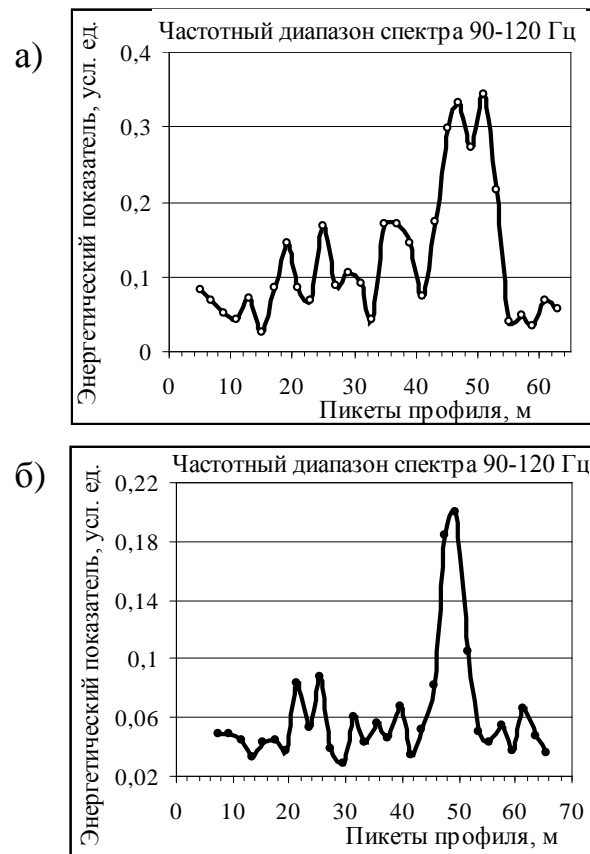


Рис. 2. Характер изменения энергетических показателей рефрагированных волн на базах зондирования 10 м (а) и 15 м (б) на профиле в средней части поверхности дамбы

На рассматриваемом объекте наблюдения по сейсмическому зондированию были выполнены по трем профилям (расстояние между смежными профилями и шаг перемещения расстановки по профилю 2 м) на поверхности дамбы для представления анализируемых показателей в виде карты (распределения показателей по исследуемым профилям). Для поверхностных волн такие карты представлены на рисунках 3 а, 3 б (для баз зондирования 10 м и 15 м) и наглядно отображают области проявления напряжений на поверхности дамбы.

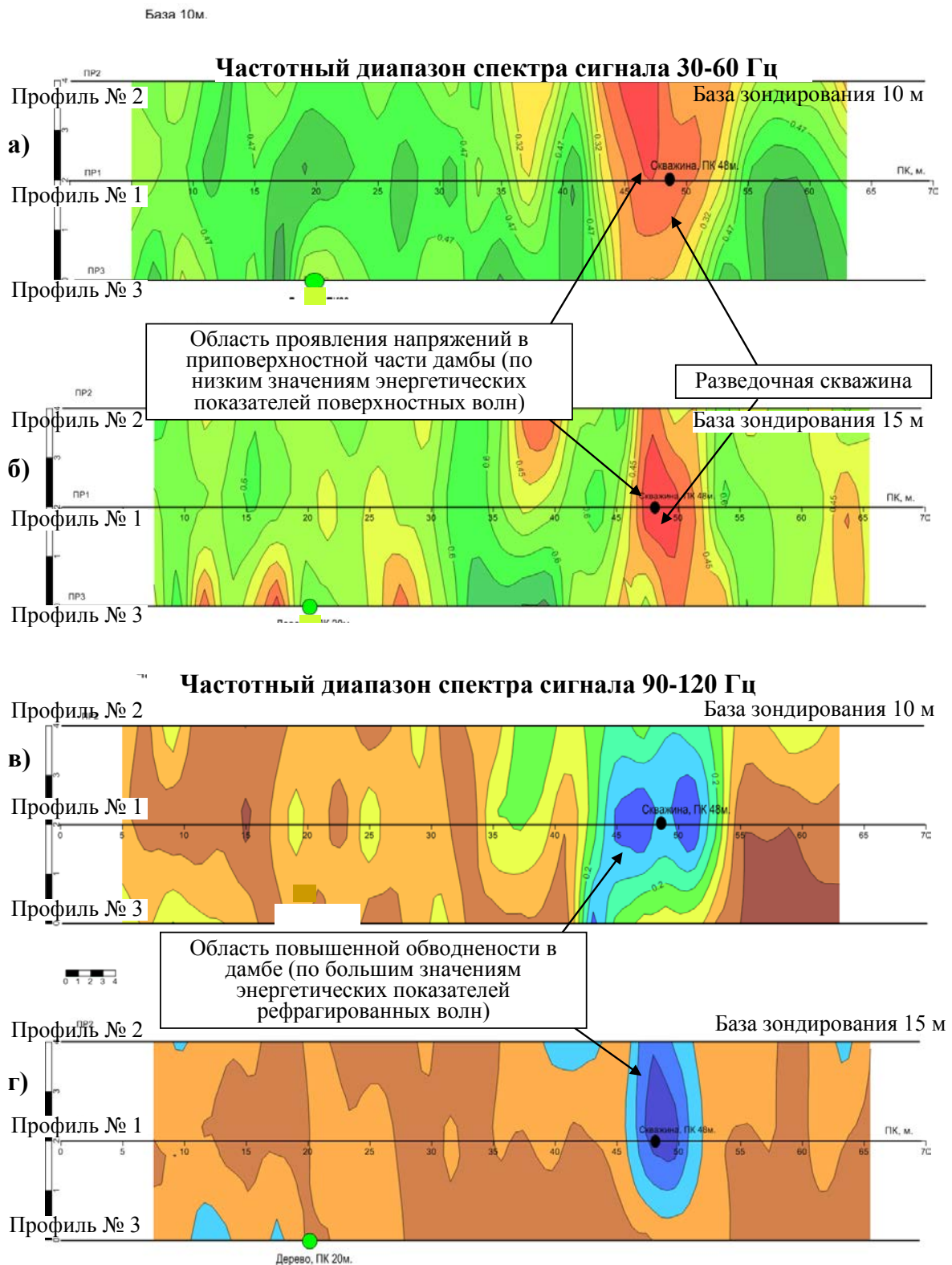


Рис. 3. Карты распределения значений энергетических показателей поверхностных (а, б) и рефрагированных (в, г) волн по исследуемому участку дамбы

Детальность проявления напряженных участков для данных по базе зондирования 15 м может определяться лучшим формированием поверхностных волн на этой базе.

Карты по энергетическим показателям рефрагированных волн характеризуют различие размеров промыва на разных глубинах (для базы 10 м ориентировочная глубина 4-6 м, для базы 15 м глубина ~5-8 м).

Инструментальным подтверждением установленного промыва являются результаты бурения разведочной скважины, при котором на глубине порядка 2,5-2,8 м от поверхности дамбы была встречена водонасыщенная область (по выдаваемым продуктам бурения) с резкой просадкой бурового инструмента.

Таким образом, проведенные исследования по сейсмическому зондированию указывают на возможность достоверного определения по энергетическим показателям поверхностных волн проявления на поверхности геологической среды областей напряженного состояния.

Использование двух или более баз зондирования позволяет устанавливать, на основе использования энергетических показателей рефрагированных волн, пространственную конфигурацию техногенной аномалии в горном массиве.

Следует отметить, что энергетические показатели частотных диапазонов спектров сейсмических сигналов определяются по формализованному алгоритму без каких-либо субъективных корректировок и, тем самым, эти показатели объективны, а получаемые на их основании результаты достоверны.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Особенности сейсмоакустической диагностики строения и состояния приповерхностной части техносферы / А. С. Трифонов, В. В. Туманов, Я. М. Юфа, Н. Н. Киселев, М. Ю. Богак, Н. Я. Азаров // Проблемы гірського тиску: зб. Наук. праць ДонНТУ. – Донецьк, 2005. – № 13. – С. 17 – 25.
2. Сейсмическая диагностика оползнеопасного массива / Трифонов А. С., Туманов В. В., Архипенко А. И., Ялпуга Е. А. //

Наук. пр. УкрНДМІ України: зб. наук. пр. – Донецьк, 2012.  
№ 10. – С. 149 – 155.

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.