

Фокусированная воздушная сейсморазведка (ФВС)

■ Табаков А.А., ООО «Геоверс», г. Москва

Введение

Возбуждение упругих колебаний при сейсморазведке требует значительных затрат, особенно при необходимости строительства дорог и просек, что наносит экологический урон окружающей среде. В горных условиях, культурной зоне и в заповедниках отработка регулярных систем вообще невозможна. При возбуждении колебаний в воздухе на значительной высоте не возникает транспортных и экологических проблем, но из-за сильного преломления лишь незначительная часть энергии идёт на формирование глубинных отражений. Предложено формировать на поверхности твёрдой среды локализованный импульс давления путем накопления импульсов от многих воздействий с опережениями, равными времени прихода акустической волны в точку локализации [1].

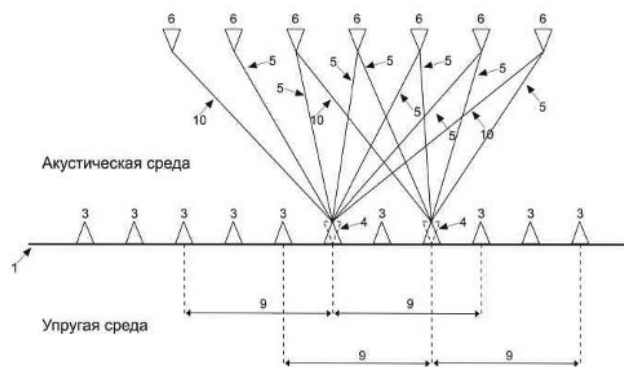
На модельном примере показано, что при возбуждении на высоте 800 м. возможна концентрация энергии на площадке диаметром менее 4 м.

Инновационность технологии определяется тем, что предложенный способ возбуждения колебаний звуковыми волнами нигде в мире не применяется.

Геометрия наблюдений

Для проведения сейсморазведки сейсмоприёмники располагаются на всей или части исследуемой площади (Рис.1).

В каждой точке приема ведется либо непрерывная регистрация с фиксацией астрономического времени, либо регистрация, синхронизированная с возбуждением. На значительной высоте в точках 6 (Рис.1) производится возбуждение звуковых колебаний звуковой пушкой во



▲ Рис. 1. Геометрия наблюдений.

множестве точек так, чтобы каждый из сейсмоприёмников был облучен со всех азимутов и зенитных углов. Индексом 5 обозначены пути звуковой волны из источника к приемникам, индексом 10 — лучи для предельных удалений от фиктивных источников 4. Индексом 9 обозначены диапазоны удалений от фиктивных источников 4.

Формирование фиктивных сейсмограмм

Фиктивные сейсмограммы могут быть сформированы в каждой точке поверхности твердого полупространства, над которым произведены возбуждения. Предпочтительно совмещать эти точки с местами расположения сейсмоприёмников, где к обычным датчикам полезно добавить датчики давления с целью уточнения времени прихода звуковой волны. Для полного использования возбуждаемой энергии, а также для ослабления волн-помех, целесообразно формировать фиктивные сейсмограммы с малым шагом также и в точках, где отсутствуют сейсмоприёмники. Это позволит сформировать площадные группы источников, примыкающих друг к другу и полностью покрывающие поверхность площади наблюдений без сгущения системы наблюдений.

Получение фиктивных сейсмограмм

Сформированные для каждого фиктивного пункта возбуждения пакеты первичных сейсмограмм накапливаются по формуле:

$$S_n^I(\omega) = \sum_{m=M_1}^{M_2} S_n^m(\omega) e^{i\omega(\delta t_{m,I})}$$

где ω - круговая частота; $S_n^I(\omega)$ - преобразование Фурье для суммарной трассы, представляющей собой приближение к трассе в точке «п» (Рис.1, приемник (3) в пределах выбранного максимального расстояния (9) от выбранного фиктивного источника (4)) от фиктивного источника в точке $n = 1$ (Рис.1, элемент 4);

$S_n^m(\omega)$ - преобразование Фурье от реальной сейсмической записи, зарегистрированной сейсмоприёмником в точке приёма «п»;

n – индекс точки приема (Рис.1, приёмник (3) в пределах выбранного максимального расстояния (9) от выбранного фиктивного источника (4) от одного из реальных сейсмических источников (Рис.1, реальный источник (6) на расстоянии (5), меньшем или равном выбранному максимальному расстоянию (10) от выбранного фиктивного источника (4)), расположенного в точке «м»;

$\delta t_{m,I}$ - время пробега волны от реального источника, расположенного в точке «м» (Рис.1, реальный источник (6) на расстоянии (5), меньшем или равном выбранному максимальному расстоянию (10) от выбранного фиктивного источника (4)) до фиктивного источника, расположенного в точке I (Рис.1, элемент 4).

Суммарные сейсмограммы, полученные таким образом, могут быть использованы в дальнейшей обработке как

обычные. Сейсмограммы с малым шагом могут суммироваться для ослабления помех после ввода кинематических поправок, образуя пространственные группы.

Расчет давления на поверхность земли, оказываемое звуковыми волнами.

Теоретические исследования и опытные работы по оценке величины давления звуковых волн на поверхность твердых тел в зависимости от громкости звука уже давно проведены. Полученные данные сведены в таблицы, которые приведены в соответствующих справочниках.

Из этих таблиц легко рассчитать давление на 1 кв.м. поверхности земли для громкости звука, терпимого для человека (120 дБ по отношению к порогу слышимости). Давление составляет 2 кг на 1 кв.м.

Поскольку звуковые волны воздействуют на большие по площади поверхности, то в качестве источника колебаний для формирования сейсмических волн можно использовать достаточно большие участки поверхности (т.е. сфокусировать энергию воздействия звуковой волны, распределенную на некоторой площади) в отличие от взрывов и вибровозбуждений, которые, фактически, являются точечными источниками. В данном случае расчеты проводились при условии, что источником колебаний является участок поверхности диаметром 50 м и количество воздействий (срабатывание звуковой пушки), используемых при накоплении, принималось равным 10000. При этом считалось, что

сигнал при накапливании усиливался только в 100 раз (с учетом накапливания и шумов).

При таких условиях, а также учитывая эффект направленности из-за группирования воздействий на площади, совокупное давление оказываемое звуковой волной на поверхность земли после фокусирования можно сопоставить с воздействием вибратора, соответствующее 500 тонн (современные вибраторы обеспечивают давление до 50 тонн).

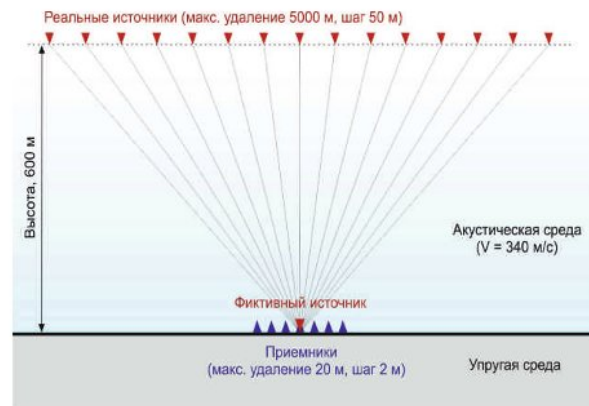
Такая мощность источника, обеспечиваемая давлением звуковых волн, может показаться нереальной, несмотря на строгое теоретическое обоснование. Однако можно привести пример, который может устранить ощущение нереальности.

Давление на землю осуществляется за счет разницы давления воздуха в зонах максимума и минимума амплитуды звуковой волны. То, что это может быть большой силой, доказывает тот факт, что огромные самолеты поднимаются в воздух именно за счет разницы давлений под и над крыльями.

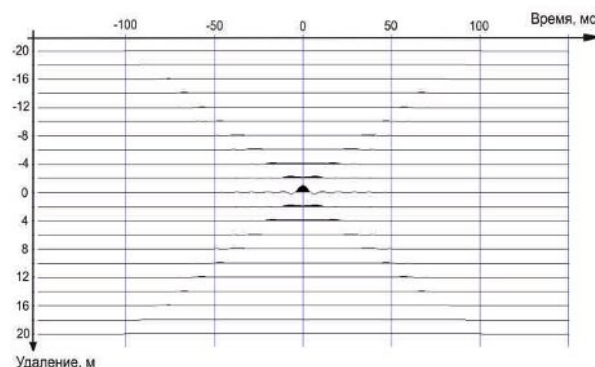
Отметим, что известная формула об амплитудах проходящей и отраженной волн на границе двух упругих сред в случае границы воздух-земля неприменима, поскольку основное условие при ее выводе – это условие равенства смещений по обе стороны границы (разрушение сред не допускается). В случае границы воздух-земля воздух сжимается, т.е. это условие не выполняется.

Модельный эксперимент

Модельный эксперимент выполнен на схеме, изображенной на Рис.2.



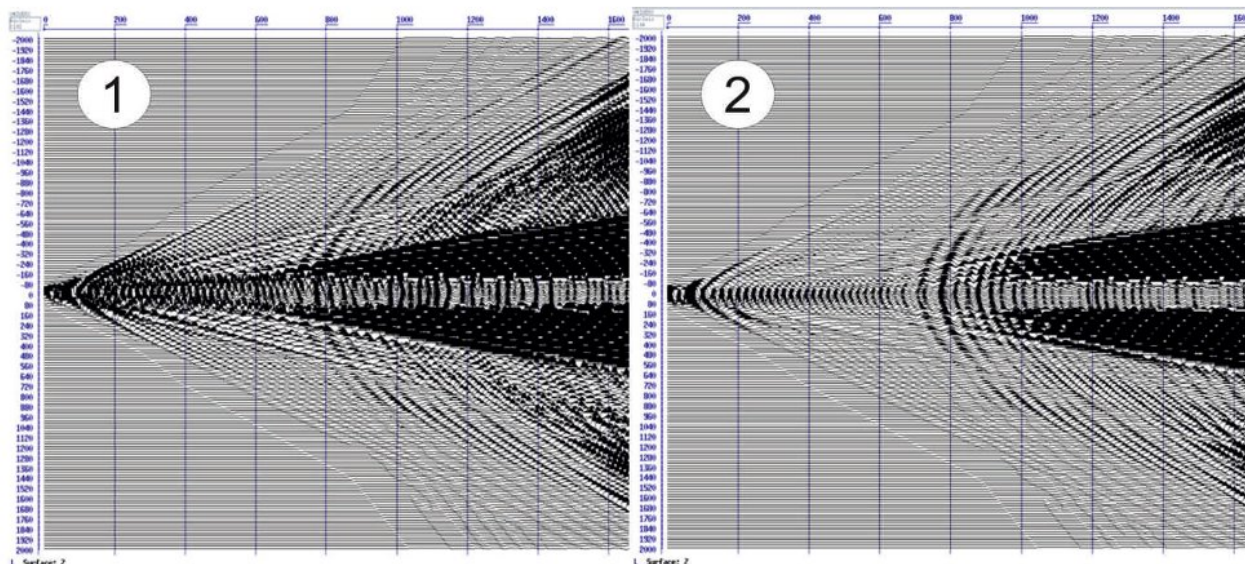
▲ Рис. 2. Схема модельного эксперимента.



▲ Рис. 3. Результат накапливания акустических сигналов на поверхности.

Точки возбуждения располагались на удалениях до 5 км от точки расположения фиктивного источника на прямолинейном профиле на высоте 600м с шагом 50 м. Для оценки распределения давления на поверхности после фокусировки сейсмоприёмники расположены на удалении до 20 м от фиктивного источника с шагом 2м.

Эффект группирования пунктов возбуждения на площади 50*50 кв.м продемонстрирован на рис.4. В левой части рис.4 (помечено «1») представлено волновое поле, возбуждаемое одиночным источником (взрыв или вибросейс), а в правой части (помечено «2») волновое поле после группирования. Видно, что после группирования уровень помех резко снижается.



▲ Рис. 4. Волновое поле до группирования (1) и после группирования (2).

Выводы

Представлен новый способ воздушной сейсморазведки, обеспечивающий фокусировку энергии акустических волн - ФВС, новизна и техническая осуществимость которого подтверждены патентом РФ. На модельном эксперименте показано, что степень фокусировки достаточна для целей сейсморазведки. Использование предложенной технологии может обеспечить кратное сокращение затрат на сейсморазведку при резком снижении экологического ущерба. Использование технологии ФВС повышает эффективность сейсморазведочных работ в сравнении со стандартной технологией (использующей взрывы и вибросейсы) с точки зрения информативности результатов за счет:

1. Возможности площадного группирования, которое является экономически затратным при использовании стандартной технологии.
2. Возможности регистрации истинной формы сигнала, используя датчики давления.
3. Возможности формирования

сейсмических профилей по любому азимутальному направлению без проведения дополнительных полевых работ.

Литература

1. Табаков А.А. Патент РФ: Способ сейсморазведки, RU 2517010 С1 с приоритетом от 13.01.2013
2. Табаков А.А. Международный патент PCT. Publication No: WO/2014/112900, Publication date: Jul 24, 2014, International Filing Date: Jan 17, 2014.