

## Амплитудная межскважинная томография при поиске небольших низкоскоростных аномалий

Владов М.Л. Ошкин А. Н.

МГУ имени М. В. Ломоносова

Временная межскважинная сейсмическая томография в малоглубинной сейсморазведке находит весьма частое применение, так как мощности современных скважинных источников с лихвой хватает на относительно небольшие объемы исследуемого пространства, а отсутствие необходимости в свободной поверхности делает это чуть ли не единственным геофизическим методом, применяемым в условиях плотной застройки. Метод имеет массу иных достоинств, таких как бóльшая, чем в наземной сейсмике точность, однако ряд задач остается за гранью его возможностей.

К ограничениям метода относятся прежде всего ограничения на минимальный размер изучаемого объекта – волновая природа сейсмических сигналов не позволяет изучать объекты существенно меньше длины волны  $\lambda$ . Еще хуже ситуация обстоит с объектами, скорость звука в которых меньше, чем скорость во вмещающих породах – надежно выделяются только аномалии, чей размер существенно больше  $\lambda$  (Под ред. Г. Нолета, 1990). Между тем, одной из актуальных задач инженерно-геологических изысканий является поиск карста и ослабленных зон, характеризующихся меньшими, чем во вмещающих породах скоростями, и не всегда имеющих значительные размеры.

Существенно увеличить разрешающую способность метода при поиске низкоскоростных аномалий можно, если использовать не привычную временную томографию, а амплитудную, где ведется расчет коэффициента затухания  $\alpha$  (или относительного коэффициента  $\Delta\alpha$ ).

С математической точки зрения амплитудная томография мало отличается от временной. В первом случае решается система уравнений вида  $Am = T$ , а во втором  $A\alpha = C$ , где  $A$  – матрица, определяющая геометрию лучей,  $m$  – медленность,  $T$  – вектор времен пробега лучей,  $\alpha$  – вектор, определяющий коэффициент затухания (или относительный коэффициент затухания),  $C$  – параметр, содержащий начальные и конечные амплитуды волн или волн на различных частотах. То есть может быть использовано уже имеющееся программное обеспечение для выполнения расчетов (Карус Е.В., Кузнецов О.Л., Файзуллин И.С., 1986).

В качестве экспериментальных данных был использован материал, полученный при выполнении просвечивания между скважинами на расстоянии 8.5 м. По многочисленным результатам бурения было известно, что на исследуемой территории распространен известковый карст в виде некрупных каверн (вертикальные размеры 0.5 – 2 м, горизонтальные до 3 - 4 раз больше), заполненный песчаными или глинистыми отложениями. Несмотря на малое расстояние между скважинами добиться положительных результатов методами временной томографии не удалось, каверны не были локализованы.

В виду того, что в качестве излучателя использовался электроискровой источник спаркер, в качестве приемника – датчик давления, причем как источник, так и приемник работали только в буровом растворе, что гарантировало высокое качество и стабильность акустического контакта, создавались благоприятные предпосылки для амплитудной томографии.

Так как основной задачей был поиск карстовых полостей, было решено использовать относительный коэффициент затухания, получаемый при зондировании на разных частотах, как более простой вариант амплитудной томографии. Так как применялся импульсный источник, сигнал фильтровался узкополосными фильтрами.

Результатом вычислений был разрез относительного коэффициента затухания, на котором были выявлены несколько положительных аномалий. Сравнение амплитудной томографии с результатами бурения, каротажей, а также временной томографии показало практически идеальное соответствие аномалий  $\Delta\alpha$  положениям карстовых полостей, обнаруженных при бурении, а также низкоскоростным областям на данных каротажа и временной томографии. Таким образом, поставленная задача была с успехом решена.

Несмотря на положительный первичный результат, метод нуждается в исследовании и серьезных доработках. Так, в частности, использовались расчеты на прямых лучах (что частично компенсировалось малым расстоянием между скважинами) - использование кривых лучей потенциально может позволить увеличить расстояние между скважинами с сохранением точности определения геометрии; разностные частоты были выбраны случайным образом - неизвестно, как следует выбирать их и на что влияет этот выбор; наконец, неизвестен предел разрешающей способности. В настоящее время начаты исследовательские работы для поиска ответов на поставленные вопросы.

## **Список литературы**

- Ефимова, Е. А. (2005). *Сейсмическая томография*. Москва: изд-во Московского Ун-та.
- Карус Е.В., Кузнецов О.Л., Файзуллин И.С. (1986). *Межскважинное прозвучивание*. Москва: Недра.
- Под ред. Г. Нолета. (1990). *Сейсмическая томография*. Москва: Мир.