

## Введение

Несмотря на то, что изображение околоскважинного пространства, получаемое в результате обработки данных ВСП с выносных пунктов возбуждения, не покрывает достаточной площади, такие данные продолжают быть востребованными. Это происходит в тех случаях, когда проведение наземной сейсморазведки либо невозможно, либо результат их, в силу ряда причин, не позволяет решать поставленную геологическую задачу.

Для решения задачи построения изображения околоскважинного пространства необходимо знать скоростную модель среды не только вдоль скважины, но и на удалении от нее, поскольку, чем точнее подобрана модель, тем достовернее полученное изображение будет описывать реальную среду. Задача усложняется в случае, если среда имеет существенную латеральную изменчивость. Поэтому построение опорной модели среды является важным этапом обработки и интерпретации данных ВСП с дальних пунктов возбуждения. Для решения данной задачи существует множество хорошо зарекомендовавших себя методов, основанных на решении обратной задачи методами оптимизации. Недостаток существующих методов – необходимость трассировки луча из пункта возбуждения в пункт приема через неизвестную среду. Идея предлагаемого метода заключается в продолжении поля падающей прямой волны во внутренние точки пространства опираясь на годограф первых вступлений и распределение скоростей вдоль ствола скважины при заданном общем угле наклона среды. Далее, на основе продолженного поля времен решается обратная кинематическая задача, и полученное волновое поле суммируется в трассу однократных отражений. Данные преобразования выполняются при варьируемых углах наклона и поворота пластовой модели. Далее необходимо проинтерпретировать полученный набор трасс однократных отражений, руководствуясь следующим правилом – чем больше амплитуда в трассе на данной глубине, соответствующей определенным углам поворота, тем точнее произошло суммирование и, следовательно, тем точнее варьируемый угол описывает реальную среду. Далее найденные значения можно просуммировать в одну трассу. Таким образом, одновременно с решением задачи нахождения углов залегания пластов, можем получить трассу однократных отражений, соответствующую разно-наклонной модели среды.

## Математическая постановка и решение

В рамках решения данной задачи будет рассматриваться следующая модель среды: среда предполагается наклонно слоистой с плоскими границами и описывается набором глубин пластов  $h$ , скоростей  $v$  (в пределах одного слоя скорость считается постоянной), углом наклона границ  $\varphi$  и углом места  $\theta$  (азимут) (рис.1).

Задача продолжения поля времён в трехмерном пространстве, имея только один профиль наблюдений, сама по себе является довольно сложной и неоднозначной, поэтому целесообразно упростить задачу, редуцировав её к двумерной. Для этого необходимо осуществить преобразование координат, при котором границы раздела пластов (плоскость  $\pi$ ) станут параллельны некоей плоскости  $xoy$  абсолютной системы координат  $\{x, y, z\}$  с началом отсчета в точке  $o$ , где  $o$  – устье скважины.

Новую систему координат обозначим  $\{x, y, z\}$ , а ее связь со старой будет иметь вид

$(x, y, z)^T = A(\varphi, \theta)(x, y, z)^T$ . Поскольку в выбранной модели среды ее свойства в пределах слоя не меняются, становится возможным следующее преобразование

скважины с сохранением расстояний пункт взрыва – пункт приема: построение образа скважины в плоскость  $\xi oz$ , содержащей точку  $s$  (ПВ) и ось  $oz$ . (рис. 2, 3). Образом

скважины будет являться кривая  $\{\xi(z), z \in [0, h]\}$ , где

$\xi(z) = \sqrt{x_0^2 + y_0^2} - \sqrt{(x(z) - x_0)^2 + (y(z) - y_0)^2}$ , где  $(x_0, y_0)$  – координаты пункта возбуждения.

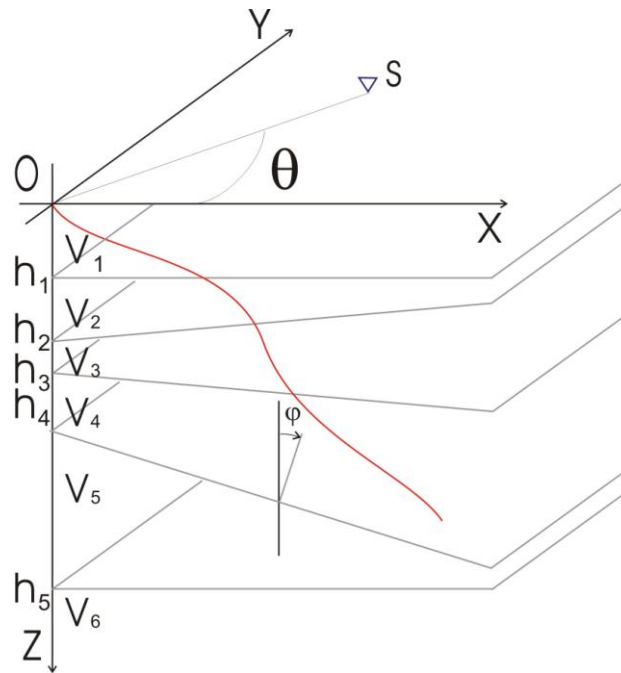


Рис1. Трехмерная модель среды

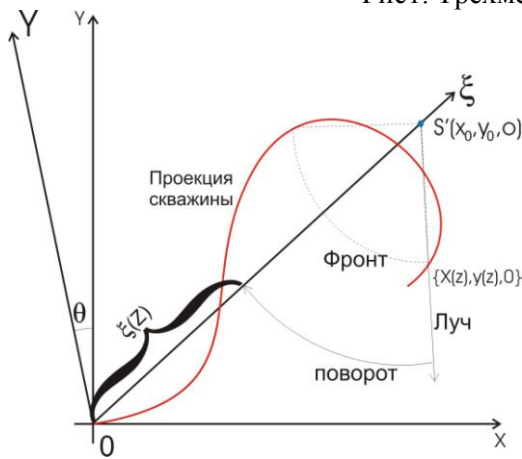


Рис.2 проекция лучей и скважины на плоскость  $x O y$

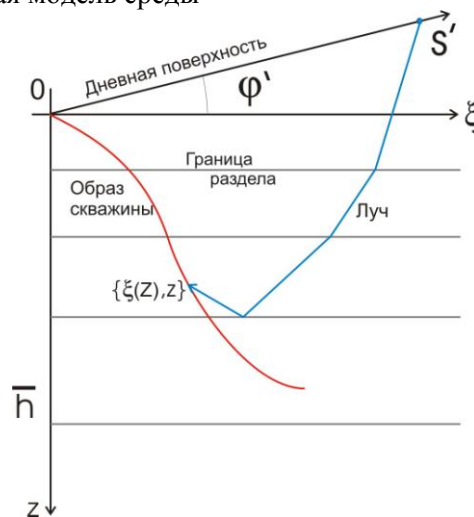


Рис.3 построение образа скважины в плоскость  $\xi O z$

После того, как исходная задача сведена к случаю двумерной плоскопараллельной модели среды, рассчитывается поле отраженных волн  $u_{\varphi, \theta}(z, t)$  на скважине, которое сравнивается с зарегистрированным полем  $u(z, t)$  с целью минимизации по  $\varphi$  и по  $\theta$  при фиксированном  $h$  функционала невязки

$$J(\varphi, \theta, h) = \int_{t(h)-\delta}^{t(h)+\delta} \int_{h-\Delta}^{h+\Delta} \|u_{\varphi, \theta}(z, t) - u(z, t)\|_{\mathbb{R}^3}^2 dz dt. \quad \text{Раскрывая подинтегральное}$$

выражение

$$J(h, \varphi, \theta) = \int_{t_-, h_-}^{t_+, h} \|u\|_{\mathbb{R}^3}^2 d\xi dt + \int_{t_-, h_-}^{t_+, h} \|u_{\varphi\theta}\|_{\mathbb{R}^3}^2 d\xi dt - 2 \int_{t_-, h_-}^{t_+, h} (u, u_{\varphi\theta})_{\mathbb{R}^3} d\xi dt =$$

получим

$$= I(h) - 2 \int_{t_-, h_-}^{t_+, h} (u, u_{\varphi\theta})_{\mathbb{R}^3} d\xi dt = I(h) - 2K(h, \varphi, \theta).$$

В силу

построения  $I(h)$  слабо зависит от  $\varphi$  и  $\theta$ , следовательно задача сводится к максимизации  $K(h, \theta, \varphi)$ . В результате находим как функции  $\varphi(h)$ ,  $\theta(h)$ , определяющие искомые углы наклона и азимута, так и функцию

$$K(\varphi, \theta, h) = \int_{t(h)-\delta}^{t(h)+\delta} \int_{h-\Delta}^h (\mathbf{u}_{\varphi(h), \theta(h)}(z, t), \mathbf{u}(z, t))_R dz dt$$

которая является мерой наличия на

данной глубине отражающей границы [1,2,3,4].

### Результаты

Предложенная методика неоднократно опробована на модельных и реальных данных и хорошо себя зарекомендовала (рис. 4, 5, 6).

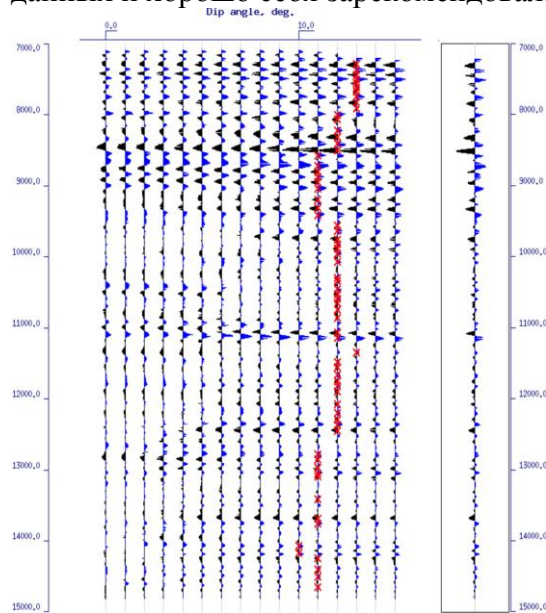


Рис. 4 Набор трасс однократных отражений для различных углов наклона модели с фиксированным азимутом (направление пункт взрыва – пункт приема).

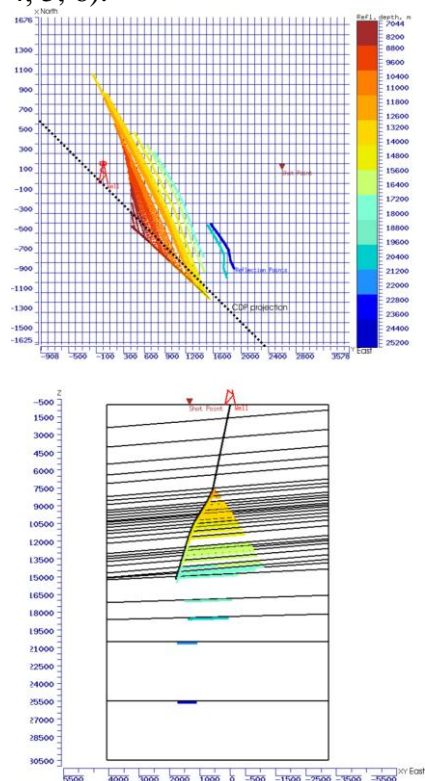
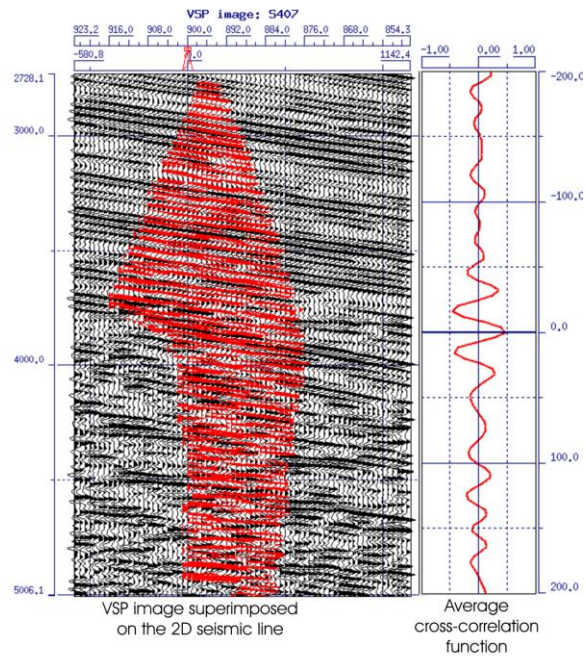


Рис. 5 Построенная по результатам интерпретации DIPSCAN разнонаклонная модель среды с модельными точками отражения.



Total relative shift of the VSP section: 1411ms  
 Maximum correlation coefficient: 0.46

Рис. 6 Изображение среды, построенное по разнонаклонной модели среды совмещенное с изображением ОГТ.

#### Список литературы

1. Табаков А.А., Баев А.В., Баранов К.В., Яковлев И.В., 2004, Методика DIPSCAN изучения околоскважинного пространства: Технологии сейсморазведки, 1, 62-65.
2. Барков А.Ю., Табаков А.А., Баев А.В., Баранов К.В., Яковлев И.В., 2004, Технология DIPSCAN на отраженных и падающих обменных волнах при определении