

**Возможности восстановления параметров анизотропии по сейсмическим данным**  
**Анисимов Руслан Гурьевич**  
**Яндекс.Терра (ООО «Сейсмотек»), Москва**

Требования к информативности сейсморазведки и точности глубинных построений возрастают. Если раньше от специалистов требовалось получить мигрированные данные во временном масштабе, то сегодня глубинная миграция стала почти стандартом. Самое важное отличие между ними заключается в том, что, при получении результата во временном масштабе, геофизиков главным образом интересует качество получаемого изображения. При этом его корректность остается за пределом поля интересов, так как эту задачу решают уже интерпретаторы путем привязки к данным скважин. С глубинной миграцией дело обстоит совсем иначе, ведь, переходя к расчётам в масштабе глубин, геофизик претендует не только на качество изображения среды, но также и на корректность глубинных построений, ведь от них будут зависеть не только сами глубинные построения как таковые, но в том числе и последующий учёт динамических параметров. И с этим обычно возникают проблемы, которые все решают по-разному. Основными причинами возникновения таких проблем являются недоучёт неоднородностей типа включений или градиента сейсмических скоростей, а также анизотропия реальных сред. Здесь мы сконцентрируем внимание на анизотропии скоростей.

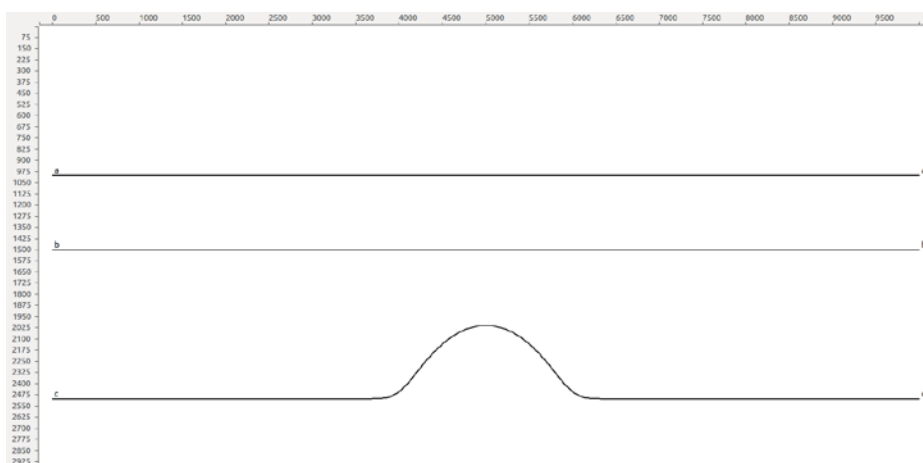
Стандартный граф обработки сейсмических данных включает в себя гиперболический анализ скоростей суммирования. Обычно данные хорошо описываются гиперболами до тех пор, пока исследуемая среда устроена очень просто и в наличии нет данных с большими разносами и широким азимутом наблюдений, то есть, другими словами, когда у нас недостаточно данных для корректного решения обратной задачи. Проблему существенной негиперболичности годографов все решают по-разному, и зачастую она может быть связана с анизотропией реальной среды. Для её учёта очень часто используют приближённую формулу годографа для анизотропной горизонтально-слоистой среды. Описав таким образом поле данных, обычно дальше все сводят к построению первоначальной модели с последующей анизотропной томографией и попыткам спрямить мигрированные глубинные развёртки до суммирования. В данном случае критерием корректности глубинных построений является спрямлённость глубинных сейсмограмм. В отсутствии скважинных данных и, соответственно, возможности выполнить проверку, данный подход является разумным. Но когда появляется скважинная информация, то в случае сложной среды, скорее всего, обнаружатся невязки.

На сегодняшний день промышленным стандартом описания анизотропных сред является модель Томсена. Эта модель описывает трансверсально-изотропные среды и определяется тремя параметрами: скоростью,  $\epsilon$  и  $\delta$ . При этом все также помнят, что важную роль играет ориентация оси симметрии и на основании этого выделяют четыре класса анизотропии: VTI, HTI, STI и TTI. С последней, как правило, никто не работает, на практике используя в основном VTI и HTI. Предположение об ориентации оси является хорошим приёмом при попытке описать и спрямить негиперболический годограф. И, в действительности, этим стоило бы ограничиться. Но, тем не менее, зачастую полученные параметры такого годографа используются для получения параметров анизотропии и выполнения глубинных построений. В таком случае рассчитывать на корректность глубинных изображений не стоит, потому что даже при таком "сильном предположении" о вертикальности оси анизотропии, в рамках пластовой модели можно привести множество вариантов эквивалентных моделей горизонта, таких, что рассчитанные времена отраженных волн будут с достаточной точностью попадать в исходные данные. Данную неоднозначность

*Анисимов Руслан Гурьевич,*  
*Яндекс.Терра (ООО «Сейсмотек»), Москва*

можно попытаться разрешить благодаря привлечению априорной информации, под которой в рамках нашего исследования мы подразумеваем знание положения кровли и подошвы анизотропного слоя. Использование информации о границе является вполне оправданным. Но даже точное знание отражающей границы не всегда может помочь в определении параметров анизотропии и выполнении корректных глубинных построений. Продемонстрируем этот факт на примере.

Рассмотрим простую трёхмерную модель, состоящую из трёх слоёв (рис. 1). Первый горизонт является изотропным и однородным, скорость в нём 2000 м/с. Второй горизонт является анизотропным со скоростью, равной 2500 м/с, эpsilon 0.15, дельта 0.0 и осью анизотропии, наклоненной вдоль направления оси X под углом 30 градусов от вертикали. Третья граница представляет собой образование типа «купол» со скоростью 3000 м/с в настиляющей толще.



*Рис. 1 Сечение исходной модели вдоль оси x*

Как видно, ось анизотропии выбрана со значительным наклоном. Теперь сделаем предположение, что нам известны все параметры модели, кроме параметров анизотропии второго слоя. При этом положение всех отражающих границ мы также считаем известным. Зададимся, как это зачастую делают на практике, вертикальной осью анизотропии и определим такие параметры Томсена, которые позволят наилучшим образом отобразиться в наблюдаемые времена отраженных волн от подошвы данного слоя. На рис. 2 представлен расчётный функционал, который использовался для определения искомых параметров анизотропии. Мы видим локализованный экстремум, который позволяет с полной уверенностью выбрать параметры эpsilon и дельта, равные 0.11 и 0.12 соответственно, что совершенно не соответствует исходным параметрам модели. При этом необходимо отметить, что среднее отклонение от расчётного годографа в исходной модели составляет меньше одной миллисекунды.

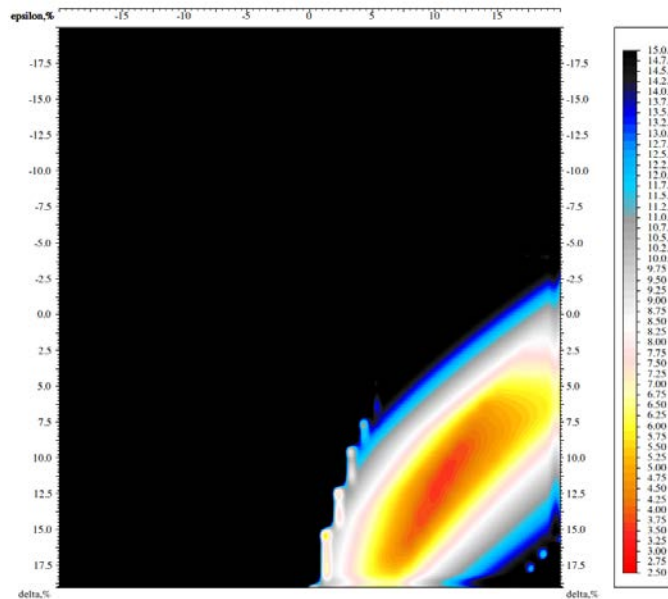


Рис. 2 Функционал качества попадания в данные

Произведём миграцию синтетических данных в исходной и полученной моделях. Как видно из рис. 3, качество миграции идентичное и изображение границ получено в правильном положении. Данное обстоятельство говорит нам о том, что мы получили эквивалентные модели с точки зрения отображения их в одни и те же данные, при этом параметры анизотропии второго слоя значительно отличаются, а самое главное, существенно отличается пространственная ориентация оси симметрии. На рис. 4 показана часть мигрированного купола в обеих моделях. Мы видим, что пренебрежение осью симметрии во второй модели привело нас к горизонтальному сносу данных. Размер сноса составляет порядка 50 метров при глубине горизонта, равной 2000 метров. Значительная ли это ошибка? Скорее всего, можно сказать, что нет. Но необходимо всегда иметь в виду данный факт. Более значительным является то обстоятельство, что, ограничив параметры анизотропии, лишь вертикальной осью симметрии, мы получили существенно иные значения этих параметров. Поэтому одним из главных выводов будет являться то, что интерпретировать такие параметры нужно с очень большой осторожностью.

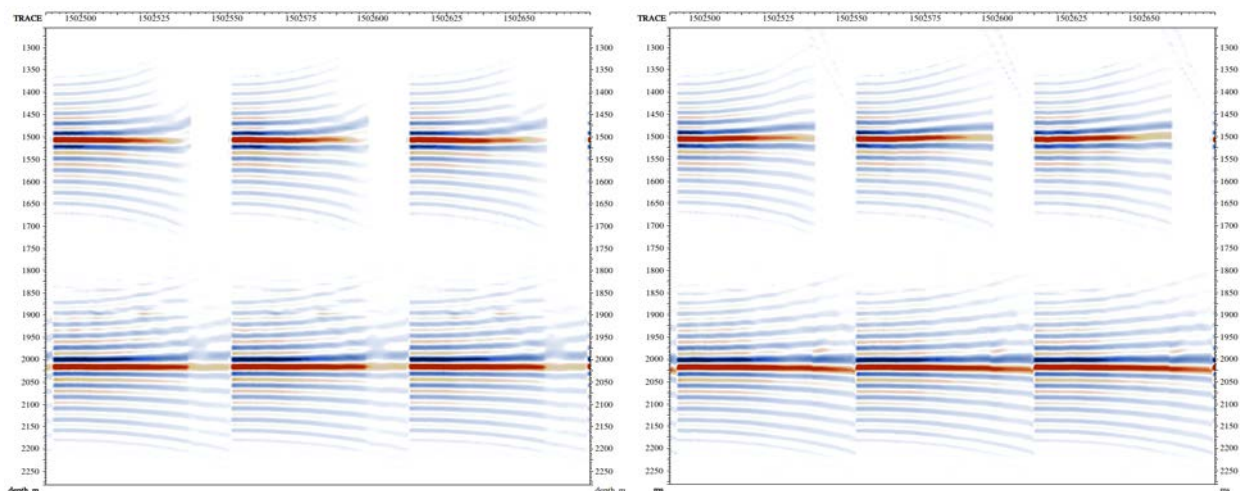
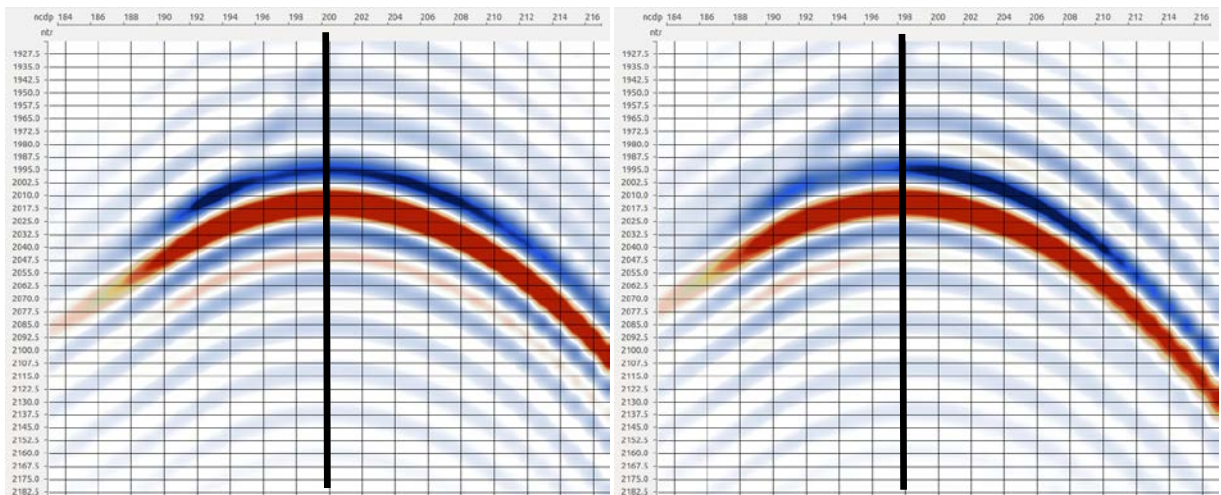


Рис. 3 Пример глубинных сейсмограмм до суммирования в центральной части площади. Слева – в исходной модели, справа – в эквивалентной.

Анисимов Руслан Гурьевич,  
Яндекс.Терра (ООО «Сейсмотек»), Москва



*Рис. 4 Горизонтальный снос данных в процессе миграции. Слева - миграция в исходной модели, снос отсутствует. Справа – результат миграции в эквивалентной модели, произошёл горизонтальный снос данных на расстояние порядка 50 метров.*

### Список литературы

1. Глоговский В.М., Лангман С.Л. Свойства решения обратной кинематической задачи сейсморазведки. // Технологии сейсморазведки, 1/2009 – Москва, 2009 – 10 с.
2. Лангман С.Л., Анисимов Р.Г. Построение пластовой глубинно-скоростной модели в сложных средах // Тезисы конференции «Тюмень-2015»
3. Фиников Д.Б., Анисимов Р.Г., Лангман С.Л., Силаенков О.А., Шалашников А.В. Возможности расширения класса пластовых моделей при решении обратной кинематической задачи // 12-й семинар «Синтез современных геотехнологий – ключ к объективному познанию недр»
4. Анисимов Р.Г. Восстановление параметров анизотропии в локально однородной пластовой модели по кинематике отражённых волн // Тезисы конференции «Геомодель-2014»

*Анисимов Руслан Гурьевич,  
Яндекс.Терра (ООО «Сейсмотек»), Москва*