

Кинематико-динамическое преобразование в задаче коррекции статических поправок

*Р.Т. Давлетханов** (ООО «Сейсмотек»), *С.Л. Лангман* (ООО «Сейсмотек»), *О.А. Силаенков* (ООО «Сейсмотек»)

Введение

Практически для всех районов сейсмических исследований, выполняемых на суше, характерно наличие зоны малых скоростей (ЗМС) в сочетании с переменным рельефом земной поверхности, которые искажают сейсмическую информацию, приходящую от глубинных целевых горизонтов. Для устранения их искажающего влияние с давних пор широко используют ввод статических поправок, которые равны разности действительного времени регистрации волны и расчетного времени ее прихода при условии, что точки возбуждения и приема колебаний находятся на линии приведения.

Пересчет волнового поля на линию приведения основан на том, что из-за сильного контраста скоростей выше и ниже подошвы ЗМС отраженные волны распространяются вертикально в интервале линия наблюдения – линия приведения независимо от удаления источник-приемник. Это предположение выполняется достаточно строго только в отношении пробега волн в толще ЗМС. Поэтому линию приведения стараются расположить как можно ближе к подошве ЗМС, т. к. в противном случае кинематика отраженных волн оказывается искаженной. А для пересчета волнового поля на произвольную линию приведения уже используют более корректные методы компенсации (например, продолжение волнового поля). Ограничиваться только продолжением волнового поля затруднительно по причине отсутствия точной глубинно-скоростной модели на начальном этапе и негладкой формы годографа, обусловленной наличием высокочастотной (ВЧ) статики в исходных данных.

Целью данной работы является демонстрация нового подхода к коррекции статических поправок, когда на линии приведения годограф отраженных волн существенно не гиперболичесен. Новый подход основан на применении кинематико-динамического преобразования, реализованного в пакете PRIME компании ООО «Сейсмотек».

Кинематико-динамическое преобразование

Кинематико-динамическое преобразование представляет собой способ определения кинематики отраженных волн. Он основан на технологии прослеживания годографов волн в глубинной области по сейсмограммам, полученным в результате миграции равноудаленных данных [1, 4]. Суть кинематико-динамического преобразования состоит в том, что данные подвергают миграции в некоторой глубинно-скоростной модели, прослеживают горизонты в глубинной области по сейсмограммам общей точки изображения (ОТИ), получают годографы отраженных волн в глубинной области, а затем решают прямую кинематическую задачу, получая годографы отраженных волн во временной области (Рисунок 1). Здесь важно то, что глубинно-скоростная модель может быть задана весьма приблизительно, прослеживание в глубинной области существенно облегчается по сравнению с временной, даже если параметры пластовых скоростей весьма далеки от истинных.



Рисунок 1. Кинематико-динамическое преобразование.

Если предположить, что миграция данных для удаления l была проведена с использованием некоторой априорной (неправильной) модели, то синфазность $t(x)$ в области времен (где x – координата вдоль профиля в 2D случае) перейдет в соответствующую ей синфазность $z(x)$ в глубинной области. Поскольку исходная глубинная модель была задана неверно, то и ось синфазности $z(x)$ не будет соответствовать реальной отражающей границе. Однако если в исходной неправильной модели решить прямую кинематическую задачу от фиктивной границы $z(x)$ для удаления l , то найденные времена «попадут» во времена исходного временного разреза.

Таким образом, сложная задача корреляции горизонта во временной области сводится к более простой корреляции его в глубинной области с последующим решением прямой кинематической задачи. Из опыта известно, что даже при миграции в самой простой модели (однослойной среде со скоростью равной средней скорости до отражающей границы) корреляция горизонта в глубинах сильно проще, нежели во временах.

Постановка задачи

Допустим, что от некоторого отражающего горизонта зарегистрированы волны с временами прихода t_{ij} для позиций i источника и j приемника. При этом эти времена не удовлетворяют никакой пластовой модели. Предположим, что удалось подобрать некую пластовую модель среды с временами отраженных волн \tilde{t}_{ij} от тех же горизонтов, минимально отличающимися от наблюдаемых. Тогда $\Delta_{ij} = \tilde{t}_{ij} - t_{ij}$ и есть искомый статический сдвиг. При этом считаем, что остаточная статическая поправка связана только с пунктом возбуждения (ПВ) и пунктом приема (ПП), т. е. используем двухфакторную модель остаточных временных сдвигов:

$$\Delta_{ij} = s_i + r_j, \quad (1)$$

где s_i и r_j – остаточные статические поправки за i -тый ПВ и j -тый ПП соответственно. Отказ от широко распространенной четырехфакторной модели статических поправок обусловлен тем, что добавка к s_i и r_j медленно меняющихся структурного (ошибка в описании линии t_0) и кинематического (ошибка в описании годографа) членов ухудшает обусловленность системы уравнений. Исчерпывающий анализ сложностей, возникающих при работе с четырехфакторной моделью, имеется в [2, 3, 5]. Их отсутствие не значит, что их не учитывают – они целиком определяются пластовой моделью среды, которая определяет времена \tilde{t}_{ij} . Учет априорной информации, без которой невозможна коррекция длиннопериодной статики, переносится на этап построения пластовой модели среды.

Предлагаемая методика

Из опыта известно, что хотя наличие ВЧ статики и не позволяет построить сколь-нибудь удовлетворительные временные разрезы (накопить сумму), тем не менее, при миграции от рельефа когерентная часть записи (низкочастотная) все-таки накапливается, что дает возможность проследить горизонт в глубинной области. Построив такую модель, возвращаются к коррекции статики для получения качественного глубинного изображения. При этом для коррекции низкочастотной и среднечастотной составляющих статических поправок используют всю имеющуюся скважинную информацию. Учет этой информации возможен как на этапе решения системы уравнений (1) так и при построении макромоделей (пластовой модели) среды.

Предлагается следующая методика коррекции статических поправок:

1. Ввод в исходные данные априорных статических поправок, редуцирующих наблюдения к подошве ЗМС.
2. Миграция от рельефа сейсмограмм в некоторой априорной глубинно-скоростной модели (как простейший вариант – в однослойной среде со скоростью равной средней скорости до отражающей границы).
3. Прослеживание «годографов» на мигрированных сейсмограммах в простейшей параметрической форме (гиперболической).
4. Решение специфической прямой задачи: определение времен прихода сигналов по прослеженным глубинным годографам.
5. Построение «эталона» на основе найденной кинематики.
6. Определение сдвигов между исходными трассами и эталонными.
7. Решение системы уравнений (1) по оцененным сдвигам и ввод вычисленных поправок в исходные данные.
8. После проведения первого этапа коррекции статических поправок снова повторяется процедура миграции, прослеживание годографов и т. д. Если при этом по оцененному временному полю решается обратная кинематическая задача, и модель среды уточняется, то набор статических сдвигов обеспечивает преобразование зарегистрированных времен t_{ij} в \tilde{t}_{ij} , удовлетворяющие полученной пластовой модели.

Т. е. правильным результатом работы коррекции статических поправок будут данные со скорректированной только ВЧ статикой и подготовленная модель замещения верхней части разреза. Эта модель должна быть согласована со всеми имеющимися скважинными данными и иной априорной геологической информацией.

Опробование методики на модельных данных

Данная технология с незначительными изменениями была опробована на модельных данных (эталон не строился по исходным сейсмическим трассам, для его формирования использовался импульс такой же формы, как и в модельных данных). Моделирование сейсмограмм производилось в глубинно-скоростной модели, представленной на Рисунке 2 (а и б). Первый горизонт представляет собой подошву ЗМС. Главной особенностью модели является сложный рельеф подошвы ЗМС – на пикете 2850 м имеется впадина глубиной 100 м при ширине в 500 м.

Одна из сейсмограмм ОСТ, полученная в результате кинематического моделирования, изображена на Рисунке 2 (в). Она соответствует наблюдениям на подошве ЗМС. На Рисунке 2 (г) та же сейсмограмма, но осложненная независимыми для ПВ и ПП случайными равномерно распределенными на интервале (-20; 20) мс статическими подвижками. Т. е. наихудший возможный (но то же время и самый редкий) случай сдвига, обусловленного только статикой, между отражениями от одной границы – это сдвиг в 80 (!) мс. Именно их и требуется скорректировать.

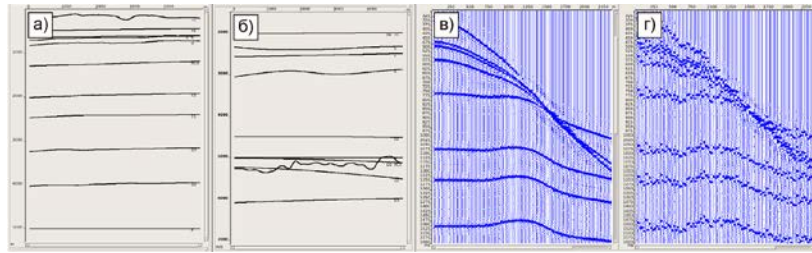


Рисунок 2. Глубинно-скоростная модель: глубины (а) и пластовые скорости (б). Пример соответствующей ей синтетической сейсмограммы ОСТ: без ВЧ подвижек (в) и осложненная ВЧ статикой (г).

Т. е. правильным результатом работы коррекции статических поправок будут данные со скорректированной только ВЧ статикой и подготовленная модель замещения верхней части разреза. Эта модель должна быть согласована со всеми имеющимися скважинными данными и иной априорной геологической информацией. Успешный результат коррекции статических поправок можно видеть на Рисунке 3 и Рисунке 4.

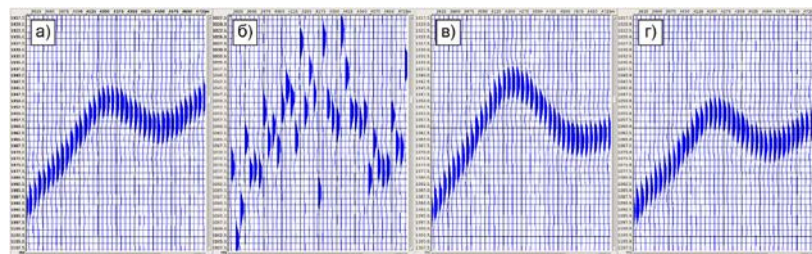


Рисунок 3. Сопоставление фрагментов равноудаленных данных (75 м): а) исходные, не осложненные ВЧ подвижками; б) «испорченные» ВЧ статикой; в) осложненные ВЧ статикой после одной итерации коррекции статических поправок; г) после двух итераций.

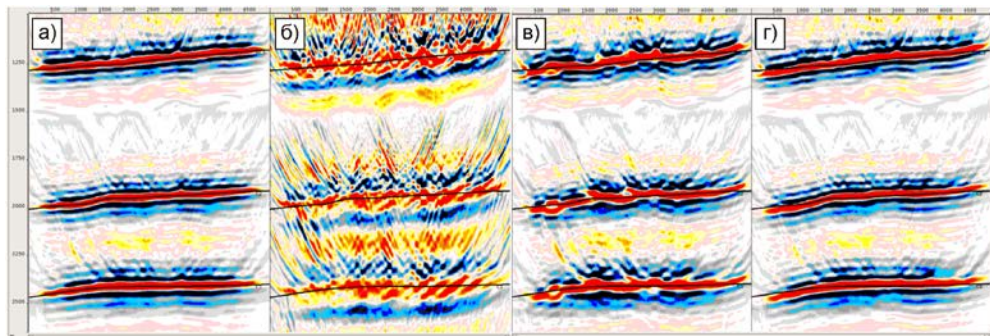


Рисунок 4. Сопоставление фрагментов суммарных мигрированных глубинных разрезов, полученных при глубинной миграции в адекватной модели из Рисунка 1 равноудаленных данных (от 50 м до 3025 м) аналогичных тем, что изображены на Рисунке 3.

Выводы

В ходе проведенной работы было выяснено, что кинематика, полученная прослеживанием сигналов в глубинной области по данным, искаженным статикой, позволяет получить поправки удовлетворительного качества. Именно в этом и заключается главное новшество предлагаемой методики, реализованной в программном пакете PRIME.

Литература

1. Глоговский В.М., Мешбей В.И., Цейтлин М.И., Лангман С.Л. Кинематико-динамическое преобразование сейсмической записи для определения скоростного и глубинного строения среды. // Сборник докладов второго научного семинара стран-членов СЭВ по нефтяной геофизике. Том 1. Сейсморазведка. – Москва, 1982.
2. Глоговский В.М., Хачатрян А.Р. Коррекция статических поправок в сейсморазведке МОГТ на нефть и газ. – М.: ВНИИОЭНГ, 1986. – Обзорная информация. Серия «Нефтегазовая геология и геофизика». Выпуск 13.
3. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнеерсон М.Б. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. Современные технологии. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 227 с.
4. Лангман С.Л., Силаенков О.А. Кинематико-динамическое преобразование – инструмент параметризации волнового поля. // Тезисы 13-й научно-практической конференции «Геомодель 2011». – Геленджик, 2011.
5. Сысоев А.П. Прикладные задачи компенсации неоднородности верхней части разреза при обработке и интерпретации сейсмических данных. – Новосибирск: ИНГГ им. А.А. Трофимука СО РАН, 2011. – 90 с. – Библиотека журнала «Технологии сейсморазведки».