

КОРРЕКЦИЯ СТАТИЧЕСКИХ ПОПРАВОК ПО МЕТОДИКЕ “ПОЛИКОР” ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СОВМЕЩЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-СКВАЖИННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.В. Копчиков, А.А. Табаков**, В.Н. Ференци*, В.Л. Елисеев***

**ООО «ГЕОВЕРС», **ОАО «ЦГЭ»*

Аннотация

В статье рассматривается альтернативный метод оценки статических сдвигов при обработке данных совмещенных поверхностно-скважинных наблюдений “ПОЛИКОР”, использующий четырехфакторную модель, учитывающую кинематические сдвиги, сдвиги за наклон горизонтов, а также поправки за пункт возбуждения (ПВ) и пункт приема (ПП). На основе проведенных модельных экспериментов демонстрируется помехоустойчивость метода и возможность его применения для контроля качества исходных сейсмограмм ОГТ. Показано, что при расчете поправок за ПВ и ПП практически исключается зависимость точности их определения от величин исходных статических сдвигов (что верно для широкого диапазона значений). Одним из преимуществ предлагаемого итерационного алгоритма является отсутствие необходимости в предварительной оценке скоростей.

Summary

“POLYCOR” is an alternative method of static shifts estimation in integrated surface-downhole surveys data processing. It is based on four-factor model of time shifts. This model includes kinematical shifts, dip shifts and shot point (SP) / observation point (OP) statics. Model experiment was performed. “POLYCOR” method features high noise immunity and provides a tool for quality control of raw data. Accuracy of SP and OP statics determination in practice does

not depend on shifts values (for wide range of shifts values). When using this non-iterative method it is not necessary to involve a priori estimation of velocity.

1. Введение

Метод общей глубинной точки (ОГТ), предложенный Г. Мейном как эффективное средство ослабления многократных волн, в процессе своего развития позволил выявить важные для сейсморазведки преимущества системы многократных перекрытий, обеспечивающий решение таких задач, как получение скоростной модели среды, позволяя определять пластовые скорости с точностью, необходимой для оценки физических свойств пород.

Одной из основных при обработке данных ОГТ является процедура коррекции статических поправок. Неучет искажающего влияния на форму годографа регистрируемых волн зоны малых скоростей (ЗМС), а также рельефа местности вдоль линии наблюдения отрицательным образом сказывается практически на всех дальнейших этапах обработки и интерпретации. При совместных наблюдениях 2D+ВСП, 3D+ВСП (Баранов , 2004) эта проблема также является актуальной, хотя статические поправки за неоднородность условий возбуждения могут быть оценены по годографу первых вступлений глубинного зонда. При этом вопрос о коррекции статики за пункт приема остается открытым.

При оценке статических поправок в методе ОГТ, как правило, используется четырехфакторная модель временных сдвигов, учитывающая кинематические сдвиги, сдвиги за наклон горизонтов, а также поправки за пункт возбуждения (ПВ) и пункт приема (ПП). Стандартный общепринятый подход к решению задачи оценки статических поправок заключается в расчете относительных сдвигов между трассами и решении системы уравнений, обеспечивающей разделение факторов и оценку поправок за ПВ и ПП.

Совместное влияние четырех факторов на сдвиги между сейсмическими трассами, нередко приводит к неустойчивости получаемых решений и, как следствие, необходимости проведения дополнительных итераций. Сходимость же такой процедуры напрямую зависит от качества исходного материала (отношение сигнал/шум) и величин исходных статических сдвигов (Копчиков, 2005).

Алгоритм коррекции статических поправок “ПОЛИКОР” предлагает неитеративную схему решения задачи оценки статических сдвигов за ПВ и ПП, обеспечивая при этом высокую помехоустойчивость. Специфика подхода, реализованного в алгоритме “ПОЛИКОР”, позволяет применять его для решения еще одной задачи, возникающей на начальном этапе обработки данных наземной сейсморазведки – контроля качества исходных сейсмограмм. В статье будут рассмотрены перечисленные выше применения алгоритма, а также проиллюстрированы результаты его работы на основе проведенных модельных экспериментов.

2. Описание метода

Впервые метод оценки статических сдвигов “ПОЛИКОР” был предложен в 1979 г. (Табакон А.А., Камышев Э.Н.), но результаты эффективности применения и оценки помехоустойчивости метода опубликованы не были.

Идея метода основывается на многократном расчете рядов корреляционных функций (отсюда и название метода – “POLYCOR” – сокращение от английского polycorrelation) и последующего их накопления, с поочередным исключением влияния друг на друга определяемых параметров – статических поправок за ПВ и ПП.

Рассмотрим профиль наблюдений наземной сейсморазведки состоящий из m сейсмограмм (ПВ), каждая из которых содержит по n каналов записи сейсмоприемников (ПП). Такая система наблюдений, изображенная на обобщенной плоскости показана на *рис. 1*.

На первом этапе алгоритма производится расчет рядов корреляционных функций первого порядка между трассами равных удалений для каждой из пар соседних сейсмограмм. На *рис. 1* такие пары трасс показаны стрелками. В полученных рядах корреляционных функций первого порядка сдвиги максимумов не зависят от скоростного разреза, так как в их расчете участвуют только градиенты скоростей. Значения этих сдвигов являются суммой относительных статических поправок за ПВ и ПП. Результат работы первого этапа алгоритма – ряды корреляционных функций первого порядка для трасс одинаковых удалений изображены на *рис. 2а*.

На втором этапе рассчитываются ряды корреляционных функций второго порядка между рядами первичных корреляционных функций. Между последними определяются и вносятся относительные сдвиги и производится их накапливание. Это осуществляется по следующей схеме.

Рассмотрим первую пару первичных корреляционных функций: на *рис. 2а* ее составляют ряды $\Phi_{1,2}$ и $\Phi_{2,3}$. ФВК второго порядка вычисляются для каждой из пар трасс, соответствующих одинаковому положению сейсмоприемников на рельефе, как это показано на *рис. 2а*., где ряды корреляционных функций первого порядка расположены со смещением друг относительно друга, а корреляции между ними рассчитываются в строго горизонтальном направлении. Взаимное смещение рядов первичных корреляционных функций обусловлено выбранной системой наблюдений. Таким образом, по построению, в полученных рядах корреляционных функций второго порядка сокращается влияние поправок за ПП и наклон горизонтов.

По накопленному ряду корреляционных функций второго порядка (*рис. 2б*) определяется и вносится сдвиг между рассматриваемой парой рядов первичных корреляционных функций, которые, после внесения сдвига, накапливаются в один. Затем процесс повторяется. В качестве следующей пары берутся полученный накопленный ряд и ряд, следующий по порядку (в нашем случае $\Phi_{3,4}$), и т. д.

В результате получаем накопленный ряд корреляционных функций первого порядка (*рис. 2в*), в которых сокращено влияние поправок за ПВ и наклоны горизонтов.

Статические поправки за ПВ определяются по максимумам накопленных функций взаимной корреляции второго порядка, а за ПП – по максимумам накопленных функций взаимной корреляции первого порядка. Для вычисления поправок необходимо провести интегрирование соответствующих наборов сдвигов.

3. Эксперименты на модельных данных

Для подтверждения эффективности, а также исследования особенностей предлагаемого алгоритма оценки статических сдвигов был проведен ряд экспериментов на модельных данных.

Для горизонтально-слоистой модели (*рис. 3а*) были рассчитаны синтетические сейсмограммы ОГТ. Пример такой сейсмограммы изображен на *рис. 3б*. Статические сдвиги генерировались случайным образом и вносились в каждую из сейсмограмм синтетического профиля. Разброс статических сдвигов, как за ПВ, так и за ПП составил в среднем 50 мс. Образец одной из синтетических сейсмограмм с внесенной статикой изображен на *рис. 3в*.

Были проведены три эксперимента, с целью оценки статических сдвигов за ПВ и ПП для различных модельных данных. В качестве основы всех трех экспериментов выступал синтетический профиль ОГТ, состоящий из 12 сейсмограмм по 48 сейсмоприемников каждая с внесенной априорно известной случайной статикой. Произвольный участок описываемого профиля изображен на *рис. 4а*.

Первый эксперимент заключался в восстановлении статических поправок по данному профилю, в отсутствие каких-либо помех. Целью эксперимента было доказательство фактической возможности определения искомым статических сдвигов предлагаемым методом. В результате применения алгоритма “ПОЛИКОР” восстановленные сдвиги

оказались практически идентичными априорно заданным, а среднеквадратическая погрешность их оценки составила: за ПВ – 0,12 мс, а за ПП – 0,63 мс. Результаты эксперимента представлены на *рис. 5а*, где сопоставлены графики восстановленных (красным) и априорно заданных (черным) статических сдвигов за ПВ (левый график) и ПП (правый график). По горизонтали на графиках откладываются величины статических сдвигов, а по вертикали – номера ПВ и ПП соответственно.

Целью второго эксперимента являлась проверка помехоустойчивости предлагаемого метода. В полученный синтетический профиль добавлялись фоновые шумы различной интенсивности. Для каждого из полученных вариантов профиля решалась задача определения статических сдвигов и оценивалась погрешность. Были рассмотрены варианты для фона белого шума с интенсивностью, варьирувавшейся от 0 до 30% энергии исходного сигнала сейсмической трассы. На *рис. 4б* изображен произвольный фрагмент синтетического профиля с внесенным в него фоновым шумом интенсивностью в 30% от энергии исходного сигнала. Результат восстановления статических сдвигов по такому профилю представлен на *рис. 5б*. Погрешность оценки статических поправок в данном случае составила 0,69 за ПВ и 1,39 за ПП соответственно. Также было проведено сравнение зависимости погрешностей определения искомым статических сдвигов от уровня интенсивности внесенного шума. Результат сравнения оформлен в виде графика и изображен на *рис. 5г*.

Третий эксперимент был посвящен применению метода “ПОЛИКОР” для контроля качества исходных сейсмограмм. С этой целью в полученный синтетический профиль были внесены помехи, уровень интенсивности которых превышал уровень полезного сигнала. Помехи вносились следующим образом. Одна из сейсмограмм профиля была полностью зашумлена, то есть шум добавлялся к сигналу каждого сейсмоприемника выбранного ПВ. Также, шум вносился в сигнал одного из сейсмоприемников для всех сейсмограмм профиля, причем таким образом, чтобы для любой рассмотренной

сейсмограммы этот ПП находился на одинаковом удалении. Результат такого моделирования демонстрирует фрагмент синтетического профиля, изображенного на *рис. 4в*. Все это позволило смоделировать ситуации “неблагополучного” взрыва – в первом случае и неисправного сейсмоприемника – во втором. При решении задачи оценки статических сдвигов в рассмотренных условиях, уже на этапе расчета рядов взаимно-корреляционных функций первого порядка (*рис. 2а*), визуально можно выявить “некачественные” сейсмотрассы (*рис. б*), а также, алгоритмически, на основе энергетической фильтрации амплитуд рядов первичных корреляционных функций, провести отбраковку плохо коррелирующих сигналов. На *рис. 5в* представлен результат оценки статических сдвигов для данного эксперимента. Погрешность расчета статических поправок составила 0,15 за ПВ и 0,64 за ПП.

4. Заключение

Анализ результатов, полученных в ходе проведенных модельных экспериментов, позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Алгоритм метода “ПОЛИКОР” не основан на итеративном процессе, что во многом повышает устойчивость получаемых с помощью него решений.
- 2) Для оценки статических поправок за ПВ и ПП не требуется предварительная оценка скоростного разреза.
- 3) Метод предоставляет возможность независимой оценки статических поправок за ПВ и ПП, то есть точность определения поправок за ПВ не зависит от значений исходных статических сдвигов за ПП, а точность определения поправок за ПП, в свою очередь, не зависит от значений исходных статических сдвигов за ПВ.
- 4) Наличие в сигнале белого шума в меньшей степени сказывается на надежности и точности работы алгоритма, за исключением начального и конечного

участков профиля с неполнократной системой наблюдений или фоновых шумов, превышающих уровень полезного сигнала.

- 5) Особенности метода позволяют осуществлять контроль качества исходных сейсмограмм.

Перечисленные выше особенности предлагаемого метода представляют актуальным его дальнейшее развитие и применение для эффективного решения задач оценки и коррекции статических поправок при обработке данных наземной сейсморазведки.

Литература

1. Баранов К.В., Бикеев В.С., Стариков Н.В., Табаков А.А. Результаты применения методик “3D+ВСП локальный проект” и “2D+ВСП локальный проект” в условиях Западной Сибири. Технологии сейсморазведки, №1, С. 19-22, 2004.
2. Копчиков А.В. Модельные исследования эффективности коррекции статических поправок в методе ОГТ по системе “ПОЛИКОР”. Тезисы докладов международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов “Геофизика 2005”, С. 133-135, 2005.

Список иллюстраций

1. Схема расчета функций взаимной корреляции первого порядка для трасс одинаковых удалений.
2. Общая схема работы алгоритма “ПОЛИКОР”. а – ряды корреляционных функций первого порядка; б – накопленные ряды корреляционных функций второго порядка; в – накопленные ряды корреляционных функций первого порядка.
3. Исходные данные для модельных экспериментов. а – исходная горизонтально-слоистая модель; б – синтетическая сейсмограмма; в – синтетическая сейсмограмма со случайными значениями статических сдвигов за ПВ и ПП.
4. Синтетические профили. а – случайная статика за ПВ и ПП (эксперимент 1); б – тест на помехоустойчивость алгоритма (эксперимент 2); в – тест на применение алгоритма для контроля качества исходных сейсмограмм (эксперимент 3).
5. Статические поправки, рассчитанные алгоритмом “ПОЛИКОР”. а – эксперимент 1; б – эксперимент 2; в – эксперимент 3; г – график зависимости погрешности оценки статических поправок от уровня интенсивности фонового шума в исходных сейсмограммах.
6. Ряды корреляционных функций первого порядка в эксперименте 3. а – влияние неисправного сейсмоприемника; б – влияние зашумленной сейсмограммы.