Кафедра общей и прикладной геофизики

Курсовая работа по теории распространения сейсмических волн

тема:

Способы ввода и коррекции

кинематических поправок

Дубна, 2006

Содержание

Введение

Теоретическая часть

Ввод кинематических поправок

Расчет и коррекция исходных (априорных) кинематических поправок

Расчет кинематических поправок

Коррекция кинематических поправок

Определение кинематических поправок по профилю

Практическая часть

Параметры для процедуры NMO/NMI

Введение постоянного скоростного закона

Введение скоростного закона, предварительно сохраненного в базе данных проекта

Заключение

Список литературы

# Введение

***Сейсмическая разведка (сейсморазведка)*** является одним из ведущих геофизических методов исследования структуры, строения и состава горных пород. Сейсмические исследования земной коры являются общепризнанным способом ее изучения; в настоящее время сейсморазведка достигла весьма высокого уровня совершенства. Внутри нее сформировалось много различных направлений и модификаций, которые в силу сложившейся в геофизической литературе терминологической практики получили название *методов*. Общее число методов сейсморазведки весьма велико, однако, на производстве фактически широко используется лишь ограниченное их число.

Сейсмические методы широко используются при решении задач *региональной геологии*, *поисках и разведки различных твердых полезных ископаемых*, при выполнении разнообразных *инженерно-геологических изысканий*. Однако особенно широко и эффективно сейсморазведка используется при поисках и разведке месторождений *нефти и газа*.

Возможность использования сейсмической разведки для решения вышеперечисленных задач основана на том факте, что разные горные породы, как правило, имеют *различные скорости распространения упругих волн*. Такое различие в скоростях распространения упругих волн, в сочетании с дифференциацией горных пород по другим физическим свойствам (плотности, пористости и др.), создает приятные предпосылки для возникновения на границах разных геологических образований процессов *отражения и/или преломления* упругих волн. В соответствии с названием этих процессов в сейсморазведке существует два основных метода — *метод отраженных волн (МОВ) и метод преломленных волн (МПВ)*.

***Метод отраженных волн*** основан на изучении особенностей распространения упругих волн, отразившихся от границы раздела двух геологических слоев, различающихся по своим физическим свойствам. Измеряя времена пробега упругой волны от источника до нескольких точек наблюдения на поверхности земли, в процессе последующей обработки этих данных можно получить представление как о пространственном положении отражающей границы (глубине ее залегания, угле наклона и т.д.), так и о некоторых свойствах среды, лежащей выше отражающей границы.

Основным современным вариантом реализации МОВ является ***метод общей глубинной точки (МОГТ)***, предложенный в США в 1950 г. У. Г. Мейном. *Его основой являются*: сложные системы многократных перекрытий, сортировка исходных трасс в сейсмограммы ОГТ по принципу принадлежности их к общей средней точке (середина расстояния источник — приемник), расчет и ввод статических и кинематических поправок, последующее суммирование трасс сейсмограмм ОГТ в одну суммотрассу для каждой общей средней точки. Полученная совокупность суммотрасс для общих средних точек представляется главный результат МОГТ — временной разрез МОГТ.

Принципиальные достоинства МОГТ заключаются в том, что в процессе получения временных разрезов существенно ослаблены как регулярные (кратные и обменные), так и нерегулярные волны-помехи. Обработка данных МОГТ выполняется на ЗВМ по сложным и разветвленным графам, что представляет высокие требования к быстродействию и памяти используемых ЭВМ.

Процедура ввода кинематических поправок решающим образом влияет на качество суммирования и, следовательно, на качество получаемых временных разрезов. Априорная информация о разрезе, необходимая для введения кинематических поправок, всегда известна лишь приближенно. Поэтому на последующих этапах обработки возникает необходимость проведения коррекции вводимых кинематических поправок.

В данной курсовой работе рассмотрены этапы ввода и коррекции кинематических поправок в системе RadExPro.

# Теоретическая часть

## Ввод кинематических поправок

Как уже говорились выше, отраженная от границ волна подходит к приемникам в моменты времени, зависящие от удаления приемника от источника. Эти временные задержки корректируются таким образом, чтобы времена прихода отраженной волны на всех трассах стали одинаковыми и равными двойному времени пробега, которое наблюдалось бы на трассе с нулевым удалением (т.е. при совмещенном положении приемника и источника).

Нежелательный побочный эффект ввода кинематических поправок проявляется в деформации (растяжении) сейсмического сигнала. В результате ввода этих поправок все дельта-импульсы, соответствующие коэффициентам отражения, должны сдвинуться на свои правильные времена для нулевого удаления. Вообще говоря, величина требуемого сдвига непрерывно меняется от отсчета к отсчету вдоль трассы в соответствии с формулой расчета кинематической поправки. На реальных трассах вместо дельта-импульсов присутствуют сейсмические волновые импульсы, в отсчеты которых при вводе кинематических поправок вносятся разные временные сдвиги. В результате, как показано на *рис. 1*, форма импульса искажается. Этот эффект становится ярко выраженным при большой скорости изменения кинематической поправки (величина самой поправки здесь роли не играет) и обычно проявляется на больших удалениях и малых временах. Локальные зоны растяжения наблюдаются иногда и на больших временах при резком скачке скорости.

Как видно на *рис. 1*, кинематические поправки нельзя округлять до целого числа отсчетов, не рискуя недопустимо исказить форму импульса, т. е. здесь необходима интерполяция. Важную роль играет качество интерполяции, особенно на тех участках, где ввод кинематических поправок приводит к сильному растяжению импульсов.

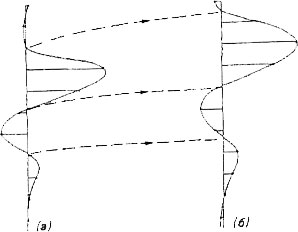


Рис. 1. Искажение сигнала при вводе кинематических поправок — фрагмент трассы до (а) и после (б) ввода поправок.

Растяжение временной шкалы при вводе кинематических поправок накладывает ограничения на минимальное время регистрации отражений от дна и мелких границ. Эти ограничения зависят от применяемой системы наблюдений. Так, при обычной глубине сейсмической приемной косы и удалении от источника 250 м отражения с двойными временами пробега, меньшими 200-300 мс, для интерпретации будут практически непригодны. Недостоверными будут как времена, так и форма таких отражений. Кстати, это может происходить и по другим причинам, например ввиду преобладания энергии преломленных или прямых волн, а также из-за больших углов подхода волн к приемной группе. При использовании приемной косы с высокой разрешающей способностью при удалении 50 м от источника отражения со временами прихода больше 30 мс обычно не искажаются.

Растяжение импульса, отраженного от неглубокого дна, оказывается наиболее сильным в случае, когда придонный слой характеризуется высокой скоростью и скорость суммирования быстро растет с глубиной. Чтобы на разрезе не искажалась конфигурация дна и придонных границ, задают заведомо завышенную скорость суммирования. Для защиты от подавления неглубоких отражений при суммировании с помощью мьютинга сокращают кратность суммирования в этой зоне до единичной. Такой компромиссный подход дает в результате правильную картину пространственного расположения структурных особенностей, но неправильную их привязку по времени.

## Расчет и коррекция исходных (априорных) кинематических поправок

### Расчет кинематических поправок

Методика расчета и коррекция кинематических поправок являются наиболее разработанной процедурой цифровой обработки. Это связанно с особой важностью данной процедуры при накапливании по ОГТ.

Ввод кинематических поправок в сейсмограммы ОГТ осуществляют с целью трансформации осей синфазности однократно — отраженных волн в линии = const, где — двойное время пробега волны по лучу, нормальному к границе раздела. Выражение, определяющее кинематическую поправку для данной точки приема с абсциссой , имеет вид:



,



где — время вступления отраженной волны в точку приема с абсциссой .



,



где — эффективная скорость распространения волны до данной точки отражения; — угол наклона границы раздела.



Величина называемая фиктивной скоростью, определяет точность расчета кинематической поправки. Поскольку на начальном этапе обработки сведения о величинах и весьма приближенны, значения и определяются с погрешностями. Поэтому в практике обработки предусматриваются два этапа определения кинематических поправок.



На *первом этапе* рассчитывают исходные (априорные) кинематические поправки на основе априорных данных о модели среды. При этом получают грубую оценку кинематической поправки. Сейсмическая запись в расчете исходных кинематических поправок не участвует.



На *втором этапе* выполняют коррекцию исходных кинематических поправок с использованием сейсмограмм, базирующуюся на способах разновременного криволинейного анализа по вееру гипербол (парабол). Суть криволинейного анализа заключается в переборе значений и поиске данных, при которых максимизируется результат преобразования по заданному оператору обработки.



В результате находят либо дополнительные кинематические поправки, дающие в сумме с исходными скорректированную поправку, либо полную кинематическую поправку , обеспечивающую оптимальный эффект суммирования. Учитывая, что определение скорректированных кинематических поправок осуществляют в процессе многократного преобразования совокупности сейсмограмм с использованием достаточно сложных операторов, уже на этом начальном этапе обработки возникает необходимость в оптимальном построении алгоритма.



В большинстве сейсмогеологических ситуаций исходную кинематическую поправку рассчитывают по формуле для нормального приращения годографа ОГТ отраженной волны в однородной среде с горизонтальными границами раздела:



;



здесь либо эффективная , либо средняя скорость.



Различие между и искомой величиной определяется разницей между принятой для расчета скоростью и скоростью . В реальных условиях на скорость оказывает влияние угол наклона, слоистость среды и криволинейность границы. Недостаточное знание всех этих характеристик и особенностей их изменения по линии профиля приводит к погрешностям определения кинематических поправок.



Функцию обычно задают в виде ломаной линии значениями и в узловых точках. Значения для промежуточных времен определяют на основе линейной интерполяции. Поэтому интервалы выбирают из условия, при котором погрешность расчета исходной кинематической поправки на крайнем канале , обусловленная погрешностью , не превышает шага квантования . Такое задание априорной информации о скоростях применяют после коррекции кинематических поправок, когда найдены оптимальные значения кинематической поправки растет с увеличением абсциссы точки приема и обычно убывает с ростом . Поскольку на практике сейсмограмма представляет собой совокупность отсчетных значений, заданных с шагом квантования кинематическую поправку также рассчитывают с заданным шагом. Поэтому интервалы между изломами кривой выбирают из условия, при котором погрешность расчета , обусловленная отклонением реальной кривой от аппроксимирующей ее прямой, не превышает шага квантования . Иногда исходные кинематические поправки рассчитывают с использованием более сложных моделей сред. При этом рассматривают как нормальное приращение годографа, т. е. условие предполагают справедливым.



Поправки рассчитывают с точностью до шага квантования исходной записи. Это позволяет зависимость для данного канала сейсмограмм ОГТ с абсциссой на всем интервале представить в виде ступенчатой функции *(рис. 2)*, у которой каждое последующее значение изменяется на заданный шаг .

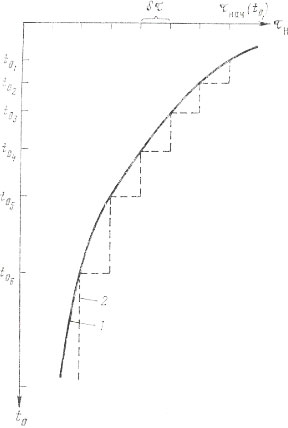


Рис. 2 Ступенчатая функция

Исходя из условия дискретности ввода кинематической поправки, а также из того, что с ростом времени совокупность поправок для всех значений можно заменить поправкой для начального и таблицей времен , на которых поправка последовательно уменьшается на шаг . Поэтому исходные кинематические поправки целесообразно рассчитывать не в цикле обработки для каждого отсчетного значения , а заранее. Таблицы значений , и пикетов профиля, которым соответствуют принятые для расчета значения , запоминаются на магнитной ленте, поскольку при последующей обработке к ним могут неоднократно обращаться.



### Коррекция кинематических поправок

Скорректированные кинематические поправки определяют на основе разновременного анализа сейсмограммы ОГТ по вееру гипербол (парабол), пересекающихся на трассе с абсциссой . Схематически процесс такого анализа сводится к следующему. Задают набор из значений , в пределах которого заключено значение фиктивной скорости для искомой волны. Для каждого значения по формуле:



рассчитывают годографы ОГТ отраженной волны на базе, равной базе наблюдения. Суммируя отсчетные значения вдоль рассчитанных годографов, преобразуют сейсмограмму ОГТ в — канальную суммоленту ОГТ. Параметром каждой трассы суммоленты является принятое для ее расчета значение .



Во всех случаях, когда , сигналы суммируют с фазовыми сдвигами. Только при наблюдается синфазное суммирование. В результате на суммоленте регулярная волна реализуется в виде разрастания амплитуд с максимумом при . Выделив на реализации разрастания максимум, находят искомое значение , по которому рассчитывают искомую кинематическую поправку .



Рассматриваемый принцип принят за основу в различных рабочих алгоритмах, различающихся использованием более помехоустойчивых, нежели простое суммирование, операторов разновременного криволинейного анализа, который с целью минимизации времени счета выполняют не непрерывно повремени, как это делают при получении суммоленты, а в дискретных точках (вертикальные спектры) с шагом (обычно через 25—100 мс), либо на фиксированных для каждой сейсмограммы ОГТ временах , соответствующих линии горизонта на временном разрезе (горизонтальные спектры). Вместе с тем, все разновидности способов определения скорректированных кинематических поправок основаны на разновременном анализе по вееру гипербол (парабол).



Применение более сложных, нежели обычное суммирование, операторов приводит к более сложным преобразованиям отсчетных амплитуд, совпадающих с тем или иным гиперболическим направлением. Это делают для того, чтобы в условиях, когда возможен амплитудный и фазовый разброс сигналов, осложненных взаимной интерференцией регулярных волн, не формировались ложные максимумы разрастаний.

В практике обработки применяют несколько способов разновременного анализа, в каждом из которых можно использовать тот или иной оператор максимизации с целью поиска кинематической поправки. Различие в способах определяется характером используемой сейсмической записи (введены или не введены исходные кинематические поправки), варьируемыми параметрами и объемом одновременно преобразуемой информации.

*Первый способ* заключается в разновременном анализе сейсмограммы ОГТ по пучку гипербол, заданных таким образом, чтобы образующаяся в результате непрерывного по преобразования трасса суммоленты (если применяется оператор суммирования) удовлетворяла условию .



*Второй способ* — разновременный анализ сейсмограмм ОГТ по вееру гипербол, сдвиг между которыми на крайнем канале есть величина постоянная. Этот способ анализа наиболее широко используют в различных алгоритмах определения скорректированных кинематических поправок.



*Третий способ* заключается в разновременном анализе по набору парабол второй степени. Если в сейсмограмму ОГТ были введены исходные кинематические поправки, годограф отраженной волны трансформируется в параболу второй степени. Следовательно, разновременной анализ сейсмограммы, скорректированной исходными (априорными) кинематическими поправками, может быть реализован по вееру парабол второй степени. Веер парабол задают таким образом, чтобы обеспечивался постоянный сдвиг на крайнем канале сейсмограммы между двумя соседними линиями анализа. Данный способ имеет серьезные ограничения, связанные с искажением сигналов в процессе ввода исходных кинематических поправок.



*Четвертый способ* — совместное преобразование совокупности сейсмограмм ОГТ. Помехоустойчивость всех описанных выше способов определения скорректированных кинематических поправок при заданном фазовом и амплитудном разбросе сигналов вдоль фронта волны растет с ростом числа каналов на сейсмограмме ОГТ. В то же время число каналов равно кратности прослеживания. Поэтому во многих ситуациях точность определения оказывается недостаточной для последующей обработки и интерпретации. Помехоустойчивость повышают путем совместного преобразования совокупности сейсмограмм, соответствующих последовательности рядом расположенных общих глубинных точек.



### Определение кинематических поправок по профилю

Густота точек по профилю (площади), для которых находятся скорректированные кинематические поправки, определяется сейсмогеологическими условиями изучаемого района. В сложных условиях (криволинейные несогласно залегающие границы раздела, большие углы падения) скорость может резко менять свою величину на сравнительно небольших участках профиля. В этом случае шаг по профилю между точками OГT, для которых находится зависимость сокращается до 0,5—1,0 км. В более простых ситуациях шаг может равняться 1,5— 3,0 км. На основании найденных в дискретных точках профиля значений строят сеточную модель кинематических поправок, представляющую собой таблицу . В промежуточных точках по осям и значения определяют на основании линейной интерполяции.



# 

# Практическая часть

Пакет RadExPro+ предназначен для обработки многоканальных сейсмоакустических данных на компьютерах, работающих под управлением операционной системы MS Windows. По структуре и интерфейсу пакет близок к наиболее распространенным пакетам обработки, таким как PROMAX, GEOVECTUR, IXL, OMEGA и пр. Включенные в его состав процедуры позволяют осуществлять основные операции с данными, характерные для систем обработки данных:

* ввод данных, записанных в различных форматах, включая произвольный, задаваемый пользователем. При этом реализованы дополнительные возможности, позволяющие автоматически определять количество трасс в файле и шаг по профилю;
* интерполяцию данных на регулярную сеть наблюдений, что может быть использовано, например, для объединения различных файлов данных в один профиль;
* математическую обработку и анализ данных;
* визуализацию результатов с широким набором возможностей;
* для получения твердых копий изображений может быть использовано любое стандартное печатающее устройство, лазерные или струйные принтеры, плоттеры (необходимо наличие драйвера устройства для Windows от производителя).

## Параметры для процедуры NMO/NMI

Модуль позволяет, используя функцию скорости, рассчитать и ввести кинематические поправки в отсчеты трасс ОГТ путем линейной интерполяции. При активации модуля появляется окно, содержащее две вкладки: **Velocity** и **NMO**.

На вкладке **NMO**задаются параметры расчета кинематических поправок:

* **NMO** — выберите эту опцию, если необходимо ввести кинематические поправки в отсчеты трасс.
* **NMI** — выберите эту опцию, если необходимо произвести скоростную инверсию, т.е. к сейсмограммам с введенными кинематическими поправками применить обратный кинематический закон.
* **Mute percent** — параметр мьютинга в процентах. Растяжение трасс после применения **NMO** является нежелательным, но неизбежным результатом. Необходимо задать параметр мьютинга в процентах, для того, чтобы все данные, растянувшиеся более, чем на заданное количество процентов, были обнулены.

На вкладке **Velocity** сгруппированы параметры задания скоростного закона:

Скоростной закон можно задать тремя способами:

* активировав опцию **Single velocity function** (скоростной постоянный закон), задать его вручную. Порядок записи следующий:

*время:скорость,время-время:скорость и т.д.*

Скорости здесь задаются в м/с.

* активировав опцию **Get from file**, задать скоростной закон из файла. Для этого, нажав **Browse…**, выберите нужный файл в открывшемся стандартном диалоговом окне.
* активировав опцию **Database** — **picks**, задать скоростной закон, предварительно сохраненный в базе данных проекта. Для этого, нажав кнопку **Browse…**, выберите нужный объект базы данных в открывшемся стандартном диалоговом окне.

В поле **Velocity type** (тип скорости) необходимо указать тип скорости:

− **RMS** — среднеквадратичная,

− **Interval** — интервальная.

Кнопки **Save template** и **Load template** предназначены для сохранения текущих параметров модуля в шаблоне в базе данных проекта и загрузки параметров из предварительно сохраненного шаблона, соответственно.

Как уже говорилось выше, кинематические поправки используются для получения временных разрезов. Рассмотрим два способа задания кинематических поправок в RadExPro:

1. задав скоростной закон вручную (**Single velocity function**);
2. задав скоростной закон, предварительно сохраненный в базе данных проекта (**Database** — **picks**).

## Введение постоянного скоростного закона

Зададим два скоростных закона:

1. интервал времени 0-100 мс, а скорость 1,5 км/с *(рис. 5)*;
2. интервал времени 0-100 мс, скорость 1,7 км/с.

Так же для получения временного разреза здесь необходимо после ввода поправок активировать модуль Ensemble stack, в котором производится суммирование всех трасс потока в одну трассу. Каждый отсчет трассы на выходе будет являться комбинацией соответствующих отсчетов трасс на входе. При активации модуля появляется окно, в поле **Mode**, которого необходимо выбрать способ суммирования трасс. Выберем способ **Mean** - значения отсчетов суммируются и делятся на общее число суммированных отсчетов.

В итоге получим два временных разреза для скорости 1,5 км/с *(рис. 8)* и 1,7 км/с

## Введение скоростного закона, предварительно сохраненного в базе данных проекта

Для получения временных разрезов таким способом можно проводить пикирование скоростей с подавлением кратных волн или с их усилением. Все это проводится при помощи процедуры **Velocity Analysis**.

1. Пикирование с усилением кратных волн
2. Пикирование с подавлением кратных волн

Поочередно сохраним данные по каждому из двух вариантов пикирования в базе данных проекта

После проведения пикирования и сохранения данных в базе данных проекта, на вкладке Velocity окна процедуры NMO/NMI выбераем не опцию **Single velocity function**, а **Database** — **picks**, далее нажав кнопку **Browse…**, выбераем нужный нам объект базы данных.

В результате получаем два временных разреза:

Видим, что при усилении кратных волн лучше прослеживается граница на 50 мс, как и при задании постоянного скоростного закона для скорости 1,7 км/с.

# Список литературы

* Сейсморазведка. Справочник геофизика / Под ред. И.И. Гурвича, В.П. Номоконова. — М.: “Недра”, 1981. — 464с.
* Сейсморазведка. Учебное пособие / Гайнанов В. Г. — М.: Издательство МГУ, 2005. — 149 с.
* Анализ данных сейсморазведки. Учебное пособие для студентов вузов / Бондарев В. И., Крылатков С. М. — Екатеринбург.: Издательство УГГГА, 2002. — 212с.