

I. Введение в построение сейсмических изображений

- Понятие о сейсмическом изображении, его отличия от временного разреза. Значение построения изображений в процессе сейсмической обработки.
- Искажения на временных разрезах. Сейсмический снос. Дифракция. Необходимость миграции для устранения этих эффектов.
- Модель взрывающихся границ. Пример с гаванью.
- Понятие о миграции как о суммировании по дифракционным кривым. Физическое обоснование
- Понятие о миграции как о суперпозиции по окружностям. Физическое обоснование
- Вывод уравнения миграции. Проверка уравнения миграции на примере.

II. Основы теории упругости и физики волновых процессов

- Понятия смещения, напряжения, деформации
- Закон Гука. Тензор упругости и его запись в виде матрицы. Физический смысл компонент матрицы упругости C_{ijkl}
- Волновое уравнение для одномерного случая
- Волновое уравнение для однородной идеально-упругой изотропной среды
- Решение волнового уравнения: сейсмическое моделирование. Численное решение (метод конечных разностей) и аналитическое решение в приближении бесконечной частоты (лучевой метод).
- Лучевой метод решения волнового уравнения. Уравнение эйконала как решение волнового уравнения при $\omega = \infty$. Понятия волнового фронта, луча. Принцип Гюйгенса. Параметр луча. Трассирование лучей. Эффекты в сложных средах: многозначность волновых фронтов, каустики, зоны тени

III. Миграция Кирхгофа

- Понятие функции Грина. Годограф дифрагированной волны
- Апертура миграции. Её связь с максимальным наклоном отражающих границ.
- Принципиальный граф (алгоритм) миграции Кирхгофа после суммирования
- Эквивалентная операция – расчёт изохрон («окружностей») и распределение амплитуд вдоль них. Понятие оператора миграции (отклика). Напоминание о конструктивной и деструктивной интерференции.
- Миграционный шум – «улыбки миграции».
- Глубинная миграция и временная миграция.
- Временная миграция по кривым лучам.
- Двумерная и трехмерная миграция

IIIa. Миграция Кирхгофа до суммирования

Временная миграция:

- Понятие о сейсмограммах (разрезах) общего удаления.
- Вид функции Грина (годографа дифр. волны) в случае ненулевого удаления.
- Вид оператора миграции (эллипсоид/эллипс). Его физический смысл.
- Алгоритм миграции Кирхгофа до суммирования. Бинирование по удалениям. Регуляризация.

Глубинная миграция:

- Вид функции Грина для латерально-неоднородной среды
- Вид оператора миграции

Преимущества и недостатки миграции Кирхгофа

IV. Построение скоростной модели для миграции

- Сейсмические скорости. Интервальные, пластовые, эффективные, средние, среднеквадратические, скорости NMO, скорости миграции.
- Свойства скоростной модели для временной миграции, глубинной миграции.
- Виды моделей: слоистая (постоянная скорость, градиентный слой), сеточная, гибридная. Соответствующие им геологические объекты.
- Характерные размеры сетки модели
- Вертикальный спектр скорости.
- Горизонтальный спектр скорости
- Спектры эффективных скоростей, интервальных скоростей.

Создание начальной модели

- Инверсия по Диксу (с ограничениями/без). Неустойчивость.
- Когерентная инверсия
- Структурно-независимое построение модели
- Интерполяция скоростей из скважин

Необходимость учёта статических поправок. Длиннопериодная, короткопериодная статика.

Построение модели от «плавающего уровня».

Уточнение модели

- Анализ остаточной кинематики. Горизонтальные и вертикальные спектры остаточных кинематических поправок
- Томографическое уточнение. Сеточная и послойная томография.

V. Построение анизотропных скоростных моделей

Введение в сейсмическую анизотропию

- Элементы тензора упругих параметров. Вид тензора для изотропной среды
- TI-среды. Вид тензора для VTI-среды, HTI-среды.
- Среды TTI, орторомбические.
- Скорости в VTI-средах. Параметры Томсена. Аппроксимация скоростей в предположении о слабой анизотропии.
- Физический смысл параметров Томсена. Волновой фронт Р-волны в VTI-среде.
- Геологические причины анизотропии. Масштабный эффект. Квазианизотропия.

Влияние анизотропии на отражённые волны

- Модель с одной горизонтальной границей. Эллиптический и неэллиптический случаи. Годограф отражённой волны (формула). Параметр Алхалифы-Цванкина.
- Горизонтально-слоистая анизотропная модель. Эффективные параметры анизотропии
- Горизонтально-слоистая изотропная модель. Негиперболичность годографа из-за искривления лучей - выглядит как анизотропия.

Построение VTI-анизотропных скоростных моделей для миграции

- Временная миграция. Алгоритм определения скоростей и параметра неэллиптичности анизотропии
- Глубинная миграция. Построение начальной изотропной модели, задание начальной модели параметров анизотропии, уточнение модели.
- Несоответствие скоростей «сейсмических» и «вертикальных».

VI. Beam-миграция

Лучевая миграция

1. Нулевое удаление:
 - Расчёт угла выхода луча по наклону отражения на разрезе
 - Миграция отражающего элемента в среде с постоянной скоростью
 - Среда с переменной скоростью: трассирование луча
 - Анизотропный случай. Закон Снеллиуса. Трассирование лучей в анизотропных средах.
2. Ненулевое удаление
 - Способы расчёта траекторий от источника до отражения
 - Особенности трёхмерного случая

Миграция Гауссовых пучков

- Преобразование в область t-p. Увеличение размерности пространства данных:
 $A(x, 2h, t) \rightarrow S(x, 2h, t, p)$
- Понятие пучка лучей – «жирного луча», гауссового пучка
- Алгоритм beam-миграции
- Результат миграции одного элемента спектра t-p, $p=\text{var}$, $t=\text{var}$
- Сравнение с миграцией Кирхгофа. Принципиальные отличия

Миграция в области углов падения и отражения. Рефлексионные и дирекционные сейсмограммы. Разделение волнового поля на зеркальную и рассеянную составляющие.

VII. Методы, основанные на полном решении волнового уравнения

Введение

- Принцип изображения Клаербоута (the imaging principle)
- Продолжение волновых полей
 - Погружение приёмников
 - Обращение времени
- Миграция в обратном времени. Пример миграции одной наклонной границы.
- Особенности миграции в обратном времени, требования к скоростной модели