**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 ω = ∞. 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 P-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.

1. 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) → S(x,2h,t,p)
* Понятие пучка лучей – «жирного луча», гауссового пучка
* Алгоритм beam-миграции
* Результат миграции одного элемента спектра t-p, p=var, t=var
* Сравнение с миграцией Кирхгофа. Принципиальные отличия

Миграция в области углов падения и отражения. Рефлекционные 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