

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к русскому переводу . . . . .	7
<b>Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ В КУРС ОБУЧЕНИЯ</b> . . . . .	<b>9</b>
1.A. Философия сейсмической интерпретации . . . . .	9
<i>Четыре этапа интерпретации</i> . . . . .	11
<i>Расширение спектра задач интерпретации</i> . . . . .	13
1.B. Исторический обзор . . . . .	13
1.C. Основные принципы . . . . .	17
1.D. Цель курса обучения . . . . .	19
<b>Раздел 2. ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД</b> . . . . .	<b>21</b>
2.A. P- и S-волны, плотность и коэффициент Пуассона . . . . .	21
2.B. Составление региональных и локальных трендов изменений свойств пород . . . . .	25
<i>Сопоставление уровня поверхности моря и дна моря как исходных уровней приведения</i> . . . . .	29
<i>Эффективное давление</i> . . . . .	31
<i>Трендовые кривые скорости и плотности для песчаника и глины</i> . . . . .	33
2.C. Эмпирические взаимосвязи скорости и плотности . . . . .	37
<i>Зависимость скорости от плотности по Гарднеру</i> . . . . .	37
<i>Преобразование скорость–пористость по Уайлли</i> . . . . .	39
<i>Преобразование скорость–пористость по Раймеру–Ханту–Гарднеру</i> . . . . .	43
<i>Преобразование скорость–пористость–объем глины по Хану</i> . . . . .	44
<i>Преобразования VP –VS по Кастанье</i> . . . . .	45
2.D. Взаимосвязи модулей объемного сжатия . . . . .	49
<i>Модели модулей Фойгта, Ройса и Хилла — оценка <math>K_{\text{та}}</math></i> . . . . .	50
<i>Модель модуля порового флюида по Вуду — оценка <math>K_{\text{fl}}</math></i> . . . . .	51
<i>Оценка свойств порового флюида по Бацлю и Вангу</i> . . . . .	53
<i>Коэффициент Био</i> . . . . .	53
2.E. Теории распространения волн . . . . .	55
<i>Уравнение Гассмана</i> . . . . .	57
<i>Контроль за процессом флюидозамещения</i> . . . . .	61
<i>Обобщение информации — Пример моделирования путем флюидозамещения</i> . . . . .	63
2.F. К геологическим основам через подход Ансти . . . . .	67
<b>Раздел 3. АМПЛИТУДА ОТРАЖЕННОЙ ВОЛНЫ</b> . . . . .	<b>70</b>
3.A. Амплитуда нормально падающей волны . . . . .	70
<i>Вопросы полярности</i> . . . . .	70
<i>Коэффициенты отражения и прохождения</i> . . . . .	71
3.B. Геометрические аспекты амплитуды . . . . .	75
<i>Импульсы, отраженные от геологических границ</i> . . . . .	75
<i>Характеристики отражений от тонких пластов и градиентных сред</i> . . . . .	78
<i>Эффекты от небольших площадок и небольших объектов</i> . . . . .	79
<i>Искажения амплитуды, фазы и времени пробега</i> . . . . .	81
<i>Интерференция от нескольких границ</i> . . . . .	83
3.C. Зависимость амплитуды от угла падения . . . . .	83
<i>Границы раздела жидкость–жидкость</i> . . . . .	85
<i>Границы раздела между твердыми веществами</i> . . . . .	89
<i>Границы раздела между твердыми веществами — Резкие скоростные границы</i> . . . . .	91
<i>Границы раздела между твердыми веществами — Слабые скоростные границы</i> . . . . .	93

3.D. Линейная аппроксимация уравнения Цепритца . . . . .	95
<i>Модель свойств горных пород . . . . .</i>	95
<i>Анализ уравнений Бортфельда . . . . .</i>	97
<i>Связь AVO-параметров с модулями горных пород . . . . .</i>	99
<i>Линейные аппроксимации уравнения Цепритца . . . . .</i>	101
<i>Зависимость от угла по Шуи . . . . .</i>	102
<i>Моделирование: сопоставление точных и приближенных решений . . . . .</i>	107
3.E. Линейно-аппроксимированное уравнение с анизотропией . . . . .	109
<i>Свойства анизотропной среды . . . . .</i>	109
<i>Измерение и применение . . . . .</i>	111

#### **Раздел 4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ . . . . . 113**

4.A. Классификация и идентификация углеводородов в 1970-е годы . . . . .	113
<i>Качественный анализ сейсмических амплитуд . . . . .</i>	117
4.B. Классификация AVO-аномалий и идентификация углеводородов . . . . .	117
4.C. Полевые примеры AVO-эффектов, классы 1, 2, 3. . . . .	121
<i>Класс 3. Яркое пятно . . . . .</i>	121
<i>Класс 2. Инверсия фазы . . . . .</i>	123
<i>Класс 1. Тусклое пятно . . . . .</i>	128
4.D. Итоговая информация об индикаторах углеводородов . . . . .	129
<i>Индикаторы углеводородов . . . . .</i>	131

#### **Раздел 5. БЫСТРЫЕ ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ . . . . . 133**

5.A. Построение кроссплотов в рамках уравнения Шуи . . . . .	135
<i>Наблюдения Кофода . . . . .</i>	135
<i>Графическое решение уравнения Шуи . . . . .</i>	137
5.B. Прогнозирование AVO-эффектов по каротажным кривым . . . . .	141
5.C. Калибровка свойств пород для сейсмических данных, полученных на глубоководных площадях . . . . .	145
<i>Имеющиеся данные . . . . .</i>	145
<i>Характер изменения скорости и плотности — литология и давление . . . . .</i>	147
<i>Характер изменения скорости и плотности — крайние литологические разности . . . . .</i>	150
<i>Кроссплот свойств пород крайних литологических разностей . . . . .</i>	153
<i>Аномальные литологии . . . . .</i>	153
<i>Заключение . . . . .</i>	154

#### **Раздел 6. AVO-АТРИБУТЫ: ГРАДИЕНТ И ИНТЕРСЕПТ . . . . . 157**

6.A. Распознавание поровых флюидов по коэффициентам отражения . . . . .	157
<i>Чувствительность наклона и интерсепта к изменениям порового флюида . . . . .</i>	159
<i>Флюидный фактор по Смиту и Гидлоу . . . . .</i>	160
<i>Дискриминатор поровых флюидов Лямбда-Ро . . . . .</i>	161
<i>Другие соотношения коэффициента отражения . . . . .</i>	161
<i>Анализ отношения Аномалия/Фон . . . . .</i>	163
<i>Отношение A/B для классов 1, 2 и 3 . . . . .</i>	165
6.B. Кроссплоты для прогнозирования состава пород и поровых флюидов . . . . .	167
<i>Кроссплоты свойств пород . . . . .</i>	167
<i>Кроссплоты коэффициентов отражения . . . . .</i>	170
6.C. Построение кроссплотов сейсмических AVO-атрибутов . . . . .	174
<i>Получение кривых интерсепта и наклона . . . . .</i>	174
<i>Точность AVO-инверсий для интерсепта и наклона . . . . .</i>	175
<i>Построение кроссплотов сейсмических AVO-атрибутов с ограниченным частотным диапазоном . . . . .</i>	176
<i>Построение кроссплотов сейсмических разрезов . . . . .</i>	180
<i>Комментарии по поводу построения кроссплотов</i>	

сейсмических атрибутов . . . . .	181
6.D. Погрешности в оценке наклона и интерсепта . . . . .	184
Статистическая корреляция интерсепта и градиента . . . . .	184
Влияние остаточной кинематики на оценки интерсепта и градиента . . . . .	185
Упругий импеданс . . . . .	189

**Раздел 7. ПРИМЕРЫ . . . . . 193**

7.A. Класс 3 — Литологическая идентификация . . . . .	193
7.B. Класс 3 — Урса: глубоководное месторождение в Мексиканском заливе . . . . .	195
Привязка к скважине . . . . .	197
Анализ амплитуд . . . . .	201
7.C. Класс 2 — Поворот осей и составление кроссплотов . . . . .	205
Стратиграфическая модель . . . . .	205
Полевые данные из Мексиканского залива . . . . .	209
Комментарии . . . . .	213
7.D. Класс 2 — Идентификация порового флюида с использованием анизотропной кинематики . . . . .	215
Введение . . . . .	215
Хроностратиграфические и литостратиграфические отражения . . . . .	216
Петрофизическая модель . . . . .	216
Каротажные данные . . . . .	219
Анизотропный эффект . . . . .	219
Полевые данные . . . . .	223
Обсуждение . . . . .	223
Заключение . . . . .	224
7.E. Класс 1 — Идентификация порового флюида: анизотропная кинематика и моделирование . . . . .	224
Введение . . . . .	225
Глубоководный турбидитный комплекс нефтегазоносных пород . . . . .	225
Обсуждение . . . . .	232

**Раздел 8. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ КОММЕНТАРИИ И ПЛАНЫ  
НА БУДУЩЕЕ . . . . . 233**

8.A. Вторая эра интерпретации амплитуд . . . . .	233
8.B. Необычные аномалии амплитуд . . . . .	237
8.C. Основные проблемы, которые предстоит решить . . . . .	241
Территории, трудные для геологоразведочных работ . . . . .	241
Задачи на будущее . . . . .	243
Заключительные комментарии . . . . .	244

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . . 245**