

НЕФТЕГАЗОВЫЙ ИНЖИНИРИНГ

**ОБЕРТО СЕРРА
ЛОРЕНЦО СЕРРА**

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН**

ТОМ I

**РЕГИСТРАЦИЯ ДАННЫХ
И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**



Оглавление

От редакционного совета серии	xxiii
Предисловие	xxv
Благодарности	xxvii
ГЛАВА 1. Основные понятия и определения	1
Введение	1
Определения	1
Источники информации	1
Обнажения	1
Информация о строении разреза	2
Цель геофизических исследований в скважинах	11
Задачи геологов	11
Задачи петрофизиков	13
Задачи сейсмиков-интерпретаторов	13
Задачи инженеров-разработчиков и технологов	13
Характеристики пород	14
Физические характеристики пород	14
Химические характеристики пород	14
Геологические характеристики пород	15
Петрофизические характеристики пород	16
Факторы, влияющие на петрофизические свойства	32
Распределение глин	36
Влияние распределения глин на петрофизические характеристики	40
Определение свойств пород по данным геофизических исследований в скважинах	40
Определение состава пород	41
Текстура и структура пород	44
Определение петрофизических параметров	47
Использование данных ГИС	53
Зависимость между геологическими характеристиками и параметрами ГИС	53
Список литературы	57
ГЛАВА 2. Принципы измерения физических параметров	61
Введение	61
Классификация методов исследования скважин	61
Естественные или самопроизвольные явления	61
Физические параметры, измеряемые в виде искусственных физических полей	61
Другие исследования	63
Оборудование для проведения геофизических исследований в скважинах	63
Каротажные и морские станции	64
Каротажный кабель	65
Изолирующая штанга	67
Нулевой потенциал («рыба»)	67
Геофизические приборы	67
Система передачи информации	68
Регистрирующая аппаратура	69
Компоновка зондов	69
Блок памяти зонда	70
Оборудование для каротажа во время бурения	70
Геофизические приборы	70
Частота дискретизации	71

Передача данных	71
Блок памяти	74
Преимущества каротажа во время бурения	75
Влияние геолого-технических условий на результаты измерений	76
Влияние ствола скважины	76
Конструктивные особенности геофизических зондов	81
Диаметр зонда	81
Компоненты прибора	81
Длина зонда	81
Геометрический фактор	82
Радиальный геометрический фактор	82
Суммарный радиальный геометрический фактор	82
Радиальная глубина измерения	83
Вертикальное разрешение	83
Соотношение радиальной глубины исследования и вертикального разрешения	87
Точка записи	87
Положение прибора в скважине	87
Скорость каротажа	88
Вращение прибора	89
Шаг дискретизации	90
Агрессивная среда	90
Калибровка прибора	90
Калибровка результатов исследования	91
Воспроизводимость	92
Формат записи геофизических исследований	93
Формат записи на диск	95
Формат записи на ленту	95
Передача данных	97
Список литературы	97
ГЛАВА 3. Основы электрических методов исследования скважин	99
Введение. Физические основы	99
Закон Ома	99
Уравнения Максвелла	99
Распространение электромагнитных волн	101
Другие свойства пород	102
Диапазон частот при электрических измерениях	102
Список литературы	103
ГЛАВА 4. Измерение удельного сопротивления горных пород	105
Введение	105
Принципы работы приборов	106
Принцип измерений	106
Нефокусированные большие зонды	106
Потенциал-зонд	106
Градиент-зонд и обращенный зонд	107
Линии тока	107
Точка записи (ноль глубины)	108
Радиус исследования	108
Поправка на скважинные условия и вмещающие породы	109
Форма кривых кажущегося сопротивления	109
Нефокусированные малые зонды	110
Принцип работы	110
Влияние скважины и вмещающих пород	111
Показания зондов	111
Фокусированные большие зонды	112
Принцип работы	112
Старые зонды бокового каротажа	113
Современные зонды бокового каротажа	117

Измерение сопротивления в обсаженном стволе	124
Измерение сопротивления в процессе бурения	127
Малые сфокусированные зонды микросопротивления	130
Микробоковой зонд (MLL, Microlaterolog)	130
Зонд исследования ближней зоны (PL, proximity log)	132
Микрозонд со сферической фокусировкой (MicroSFL, MSFL)	132
Зонд сопротивления в тонкослоистом разрезе (TBRT TM , Thin-Bed Resistivity)	132
Факторы, влияющие на показания зондов сопротивления	133
Влияние скважины и вмещающих пород	133
Геологические факторы, влияющие на сопротивление	133
Петрофизические факторы, влияющие на сопротивление	134
Область применения	134
Решение петрофизических задач	135
Решение геологических задач	135
Список литературы	136
ГЛАВА 5. Измерение проводимости пород	139
Введение	139
Принцип измерений	139
Геометрический фактор	140
Точка замера. Радиус исследования. Вертикальное разрешение	141
Фокусировка	143
Деконволюция (только для 6FF40)	144
Интегральные геометрические факторы	145
Скин-эффект	145
Приборы индукционного каротажа	146
Зонды индукционного каротажа на кабеле предыдущего поколения	146
Современные приборы индукционного каротажа	149
Приборы индукционного каротажа в процессе бурения (LWD)	152
Влияние среды на показания зондов	155
Влияние скважины и отклонения прибора	155
Мощность пласта и вмещающие породы	155
Проникновение	156
Окаймляющая зона	157
Угол наклона	157
Геологические факторы, влияющие на проводимость	158
Область применения	158
Индукционный или боковой?	158
Список литературы	158
ГЛАВА 6. Измерение распространения и затухания электромагнитных волн	161
Введение	161
Теоретические основы измерений	161
Определения	161
Поляризация	162
Принцип измерений	163
Приборы диэлектрического каротажа	164
Высокочастотные зонды	165
Расчет времени распространения и затухания	166
Шаг дискретизации	167
Контроль качества каротажа	167
Глубина исследования	167
Вертикальное разрешение	168
Среднечастотные зонды	168
Факторы, влияющие на показания зондов диэлектрического каротажа	169
Диаметр и форма ствола скважины	169
Промывочная жидкость	169
Дисперсия	170
Глинистая корка	170

Температура	171
Интерпретация	171
Потери энергии	171
Интерпретация в пластах, не поглощающих энергию: метод t_{p0}	172
Интерпретация в пластах, поглощающих энергию: метод СТА	172
Интерпретация показаний среднечастотных зондов	173
Геологические факторы, влияющие на показания зондов	173
Минералогический состав	173
Структура	174
Текстура	175
Пластовые флюиды	175
Область применения	175
Коллекторские свойства	176
Решение геологических задач	180
Список литературы	181
ГЛАВА 7. Измерение магнитной восприимчивости и полного магнитного поля	183
Введение	183
Геологическая основа метода	184
Магнетизм	184
Магнитное поле Земли	186
Намагничивание пород	188
Поведение намагничивающихся веществ	188
Виды приобретенных палеополей	189
Принцип измерений	191
Измерение магнитного поля	191
Измерение магнитной восприимчивости	192
Зонд GHMT	192
Зонд SUMT	193
Зонд NMRT	194
Интерпретация данных	195
Метод определения полярности и коэффициента C	196
Факторы, влияющие на показания зондов	197
Область применения	197
Датировка пород	197
Определение скорости осадконакопления	198
Определение литологии	198
Скважинное сканирование	199
Список литературы	199
ГЛАВА 8. Измерение потенциала самопроизвольной поляризации	201
Введение	201
Принцип измерений	201
Природа самопроизвольной поляризации	201
Возникновение электрокинетического потенциала	202
Образование электрохимического потенциала	205
Активность и концентрация ионов и удельное сопротивление	207
Статическая самопроизвольная поляризация	207
Амплитуда и форма кривой ПС	208
Диаметр скважины	208
Глубина зоны проникновения	208
Толщина пласта	208
Сопротивление пород	209
Плотные породы	209
Смещение и дрейф линии глин	210
Неравномерный профиль проникновения	210
Влияние пластов высокого сопротивления	212
Аномалии/помехи ПС	212
Влияние геологических параметров на показания ПС	213

Состав пород	213
Структура породы	213
Температура	214
Давление	215
Фации, комплексы и условия осадконакопления	215
Область применения	215
Список литературы	216
ГЛАВА 9. Основы исследований скважин ядерными методами	219
Введение	219
Термины и определения	219
Радиационное взаимодействие	221
Взаимодействие гамма-излучения с веществом	222
Образование пар	222
Эффект Комптона	222
Фотоэлектрический эффект	223
Детекторы гамма-излучения	223
Счетчик Гейгера – Мюллера	224
Ионизационная камера	224
Сцинтилляционный счетчик	224
Качество сцинтилляционного детектора	226
Полупроводниковые детекторы	226
Возможность проведения каротажа	228
Статистические вариации	228
Распределение Пуассона	228
Распределение Гаусса	228
Влияние времени задержки	229
Влияние скорости записи	230
Толщина пласта	231
Точка измерения	232
Погрешность измерений	233
Список литературы	233
ГЛАВА 10. Естественная радиоактивность	235
Определение	235
Основные понятия	235
α -излучение	235
β -излучение (β^+ или β^-)	235
γ -излучение	236
Радиоактивный распад	237
Радиоактивное равновесие	238
Единицы радиоактивности	238
Происхождение естественной радиоактивности пород	239
Минералы и горные породы, содержащие радиоактивные элементы	241
Калийсодержащие минералы и горные породы	241
Урансодержащие минералы и горные породы (таблица 10.8)	242
Торийсодержащие минералы и горные породы	245
Выводы	246
Список литературы	247
ГЛАВА 11. Измерение общей радиоактивности пород	249
Введение	249
Принцип измерений	249
Регистрируемые показания	249
Зонды	250
Единицы измерения	251
Точка записи	252
Глубина исследования	252
Вертикальное разрешение	252

Факторы, влияющие на показания гамма-каротажа	253
Статистические вариации	253
Скорость каротажа	253
Скважинные условия	253
Калибровка зондов	255
Применение	256
Определение литологии	256
Седиментология	256
Межскважинная корреляция	256
Выделение несогласий или трансгрессий	257
Тектонические элементы	257
Оценка глинистости пород-коллекторов	257
Контроль глубины отбора проб, интервала перфорации и оборудования для испытания скважин	259
Оценка профиля закачки	259
Список литературы	259
ГЛАВА 12. Спектрометрия естественного гамма-излучения	261
Введение	261
Принцип измерения	261
Зонды	262
Детекторы	265
Калибровка	267
Глубина исследования	269
Вертикальное разрешение	269
Скважинные условия и другие факторы, влияющие на показания зондов	269
Постоянная времени (вертикальное сглаживание), скорость записи, время задержки	269
Скважина	269
Положение зонда	270
Обсадная колонна	270
Толщина пласта	271
Геологические факторы, влияющие на показания зондов	271
Расчет содержания Th, U и K	271
Фильтрация	272
Области применения. Интерпретация	272
Оценка литологии	272
Межскважинная корреляция	280
Интерпретация несогласий	281
Идентификация разломов и стилолитов	281
Углеродородный потенциал	281
Идентификация магматических пород	281
Седиментология	282
Диогенез	284
Оценка уранового потенциала	285
Подход к оценке емкости катионного обмена	285
Выпадение радиоактивного осадка	285
Список литературы	285
ГЛАВА 13. Измерение плотности и фотоэлектрического индекса	287
Введение	287
Теоретические принципы измерений	287
Рождение электронно-позитронных пар	287
Комптоновское рассеяние	288
Фотоэффект	288
Исследования в скважинах	290
Измерение плотности	290
Принцип измерения	290
Уравнение затухания	290
Зависимость между электронной и общей плотностью	292
Измерение фотоэлектрического индекса	293

Принцип измерения	293
Источники гамма-излучения	294
Детекторы	294
Калибровка. Единицы измерения	294
Зонды	294
Геофизические приборы на кабеле	294
Приборы для исследования скважин в процессе бурения	300
Шаг записи	302
Глубина исследования	302
Вертикальное разрешение	303
Точка записи	303
Факторы, влияющие на показания зондов	303
Статистические отклонения	303
Скважина	303
Геологические факторы, влияющие на показания зондов	308
Глины	308
Вода	308
Углеводороды	309
Интерпретация плотностного каротажа	309
Определение фотоэлектрического индекса	310
Геологические факторы, влияющие на показания зондов	310
Состав породы	310
Структура породы	311
Толщина пласта	311
Температура	313
Давление	313
Условия осадконакопления. Эволюция секвенций	313
Области применения	313
Применение в геофизике	313
Петрофизическая оценка	313
Геологические приложения	314
Список литературы	317
ГЛАВА 14. Основы нейтронной физики	319
Введение	319
Определение	319
Классификация	319
Типы взаимодействия	319
Взаимодействие быстрых нейтронов	320
Упругое рассеяние	323
Фаза поглощения	325
Заключение	328
Сечения	328
Источники нейтронов	328
Химические источники нейтронов	329
Ускорители элементарных частиц	329
Детекторы нейтронов	330
Нейтронные методы исследования скважин	331
Список литературы	331
ГЛАВА 15. Измерение нейтронной пористости	333
Введение	333
Принцип измерения	333
Пространственное распределение нейтронов и гамма-излучение захвата	334
Типы зондов нейтронного каротажа	337
Зонды нейтронного каротажа по надтепловым нейтронам	337
Зонды нейтронного каротажа по тепловым нейтронам	338
Зонды нейтронного гамма-каротажа	339
Калибровка и единицы измерения	339

Зонды нейтронного каротажа	340
Зонды предыдущего поколения	340
Современные геофизические приборы на кабеле	342
Приборы нейтронного каротажа в процессе бурения	344
Характеристики зондов	346
Глубина исследования	346
Вертикальное разрешение	347
Точка записи	348
Факторы, влияющие на показания зондов	348
Элементный состав пород	348
Минеральный состав пород	349
Пористость	350
Влияние условий среды	352
Постоянная времени, скорость каротажа, мертвое время, толщина пласта	352
Скважинные условия	352
Заключение	353
Проникновение	353
Интерпретация	354
Приборы нейтронного каротажа предыдущего поколения (с калибровкой в единицах API)	354
Современные зонды нейтронного каротажа	355
Геологические факторы, влияющие на измерение водородного индекса	356
Литология и пластовые флюиды	356
Структура породы	356
Температура	356
Давление	356
Обстановки осадконакопления и смена литологических комплексов	356
Области применения	356
Список литературы	358
ГЛАВА 16. Спектрометрия наведенного гамма-излучения	361
Введение	361
Метод наведенного гамма-излучения	363
Взаимодействие быстрых нейтронов	364
Захват тепловых нейтронов	366
Активация тепловыми нейтронами	368
Приборы на кабеле предыдущего поколения	368
Хлор-каротаж	368
Компенсированный на глинистость хлор-каротаж (SCCL, shale compensated chlorine log)	370
Определение характеристик коллекторов по данным метода спектроскопии	371
Принципы измерения: метод окна	372
Зонд углеродно-кислородного каротажа	372
Метод взвешенных наименьших квадратов МНК (WLS, weighted least-squares). Зонд гамма-спектрометрии (GST, Gamma Spectrometer Tool)	375
Спектроскопия высокого разрешения (HRS)	383
Геохимический каротаж (зонд GLT*)	384
Современные зонды	386
Зонд спектроскопии элементного захвата (ECS*, Elemental Capture Spectroscopy)	387
Определение насыщенности коллекторов (зонд RST*, Reservoir Saturation Tool)	389
Мониторинг работы пласта (зонд RPM, Reservoir Performance Monitor)	391
Прибор многопараметрической спектроскопии (MSI, Multiparameter Spectroscopy Instrument)	392
Зонд импульсного спектрального гамма-каротажа (PSG TM , Pulsed Spectral Gamma)	392
Зонд мониторинга коллекторов (RWIT TM , Reservoir Monitor Tool)	392
Области применения	392
Решение геологических задач	392
Решение петрофизических задач	396
Список литературы	401
ГЛАВА 17. Измерение времени жизни тепловых нейтронов	405
Введение	405

Физические принципы измерений	405
Захват нейтронов	405
Диффузия нейтронов	407
Измерение плотности нейтронов	407
Измерение сечения захвата	407
Зонды предыдущего поколения	407
Импульсный нейтронный каротаж (NLL, Neutron Lifetime Log)	407
Приборы компании <i>Schlumberger</i>	408
Современные зонды	411
Двойной импульсный* зонд TDT* (Dual-Burst* TDT*)	411
Зонд импульсного нейтронного каротажа для определения литологии (TMD-L TM , Thermal Multigate Decay-Lithology)	411
Зонд PDK-100	412
Технические характеристики зондов	412
Скорость записи	412
Длина зонда	413
Вертикальное разрешение	413
Глубина исследования	413
Единицы измерения	413
Точка записи	413
Калибровка	413
Факторы, влияющие на кривую Σ	414
Твердая фракция или матрица (Σ_{ma})	414
Пористость: флюиды	415
Влияние условий среды на показания зондов	417
Сигнал от скважины	417
Диффузия	418
Конфигурация скважины	418
Проникновение	418
Постоянная времени, скорость каротажа, толщина пласта и вертикальное разрешение	419
Геологические факторы, влияющие на показания Σ	419
Состав породы	419
Структура породы	419
Температура	419
Давление	419
Пористость	419
Области применения	420
Петрофизика	420
Геология	424
Примечание	424
Список литературы	424
ГЛАВА 18. Измерения методом ядерного магнитного резонанса	427
Введение	427
Механизмы релаксации	430
Релаксация на поверхности зерен породы	430
Релаксация за счет молекулярной диффузии в присутствии градиента магнитного поля	431
Объемная релаксация в жидкости	431
Заключение: основные положения процесса релаксации	431
Зонды	432
История создания приборов ЯМР-каротажа	432
Зонд NMT-C	432
Современные зонды	435
Геологические факторы, влияющие на показания ЯМР	442
Минералогический состав: глины	442
Жидкости	442
Структура	442
Температура	442
Области применения	442

Петрофизика	443
Геология	448
Замечания о влиянии глинистости на T_2	449
Список литературы	451
ГЛАВА 19. Основы акустических методов исследования скважин	453
Введение	453
Источники-преобразователи акустических волн	453
Одиночный источник	453
Дипольный источник	454
Квадрупольные источники	454
Акустические сигналы	454
Период	455
Частота	455
Длина волны	456
Акустические волны	456
Упругие или объемные волны	456
Поверхностные волны	457
Форма волны	457
Распространение акустических волн в скважине	458
Акустические приемники	459
Упругие свойства горных пород	459
Скорость звуковых волн	460
Распространение звуковой волны. Отражение и преломление	460
Акустический импеданс	461
Коэффициент отражения	461
Интерференция волн: дисперсия	462
Акустические свойства	464
Список литературы	464
ГЛАВА 20. Измерение времени пробега акустических волн	465
Историческая справка	465
Принцип измерения	465
Акустический зонд с компенсацией на влияние скважины (BHC, BoreHole Compensated)	467
Современные зонды на кабеле	469
Зонд акустического каротажа большой длины (LSS*, Long Spacing Sonic)	469
Многозондовый акустический каротаж* (ASS, Array-Sonic* Service)	469
Дипольный акустический сканер поперечных волн (DSI*, Dipole Shear Sonic Imager)	471
Низкочастотный дипольный зонд (LFDT TM , Low Frequency Dipole Tool)	473
Мультипольный акустический каротаж (Multipole Acoustic Logging Service)	473
Мультипольная установка акустического каротажа (MAC, Multipole Array Acoustilog SM)	473
Перекрестная мультипольная акустическая установка (XMAC SM , Cross-Multipole Array Acoustilog)	474
Приборы каротажа в процессе бурения	474
Обработка формы сигнала данных каротажа на кабеле	474
Цифровая обработка первого вступления (DFMD, Digital First Motion Detection)	475
Обработка когерентности интервального времени (STC)	475
Обработка дипольного волнового сигнала	475
Компенсация на влияние скважины	475
Факторы, влияющие на результаты измерений	476
Литология	477
Пористость и тип флюида	477
Температура и давление	477
Структура	478
Влияние условий среды на показания акустического каротажа	480
Растяжение времени пробега	480
Пропуск цикла	480
Резкое уменьшение Δt	481
Скважина	481

Интегрирование времени пробега	482
Интерпретация	483
Изменение масштаба акустического каротажа	485
Области применения	487
Геология	488
Петрофизика	490
Геофизика	491
Определение упругих свойств горных пород	491
Список литературы	494
ГЛАВА 21. Измерение амплитуды и затухания акустического сигнала	497
Введение	497
Теоретические причины затухания	497
Потеря тепловой энергии	497
Перераспределение энергии	497
Причины затухания сигнала в скважине	499
Открытый ствол	499
Обсаженные скважины	500
Измерение затухания	500
Контроль качества цементирования скважин (АКЦ/СВЛ)	501
Коэффициент затухания	504
Закон затухания в открытом стволе	505
Фазокорреляционные диаграммы (ФКД)	505
Выделение трещин	508
Влияние на запись объемных волн	508
Влияние на запись волн Стоунли	510
Список литературы	513
ГЛАВА 22. Сейсмические методы исследования скважин	515
Введение	515
Принцип измерения	515
Продольное ВСП	516
Непродольное ВСП	516
Уровенное ВСП	517
ВСП методом вертикального луча	517
ВСП вблизи соляных куполов	518
ВСП с использованием бурового долота в качестве источника колебаний или сейсмические измерения в процессе бурения	518
ВСП на поперечных волнах	518
Зонды	519
Прибор для регистрации сейсмических данных в скважине (SAT*, Seismic Acquisition Tool)	519
Регистрация данных	521
Обработка данных	521
Многозондовый сейсмический сканер (ASI*, Array Seismic Imager)	523
Комбинируемый сейсмический зонд (CSI*, Combinable Seismic Imager)	523
Области применения	523
Список литературы	526
ГЛАВА 23. Структуры и текстуры осадочных пород	529
Введение. Основные принципы геологии	529
Стратиграфия, описание текстуры и структуры	529
Пласты, слои и прослои	529
Поверхности напластования	530
Классификации и описание текстур осадочных горных пород	530
Несогласия	535
Структуры, сформированные под действием напряжений	536
Складки	537
Разломы	539
Трещины	542

Инtruзии	543
Геометрическое представление структурных элементов	543
Стереографическая сетка	543
Разрезы	545
Аксонометрия	546
Структура породы	546
Элементы структуры	547
Список литературы	549
ГЛАВА 24. Наклонометрия и сканирование стенок скважин. Регистрация, интерпретация и области применения	
Введение	551
Теоретические основы метода	551
Универсальный инклинометр GPIT	553
Инклинометрия	553
Отклонение глубин и скоростей	554
Диаметр скважины	555
Глубина исследования (электрический диаметр)	555
Наклонометры на кабеле	555
История метода	556
Двойной наклонмер	556
Высокоразрешающий наклонмер (HDT, High Resolution Dipmeter Tool)	559
Зонды с шестью рычагами	560
Наклонмер OBDT* для непроводящей среды	560
Скважинные сканеры на кабеле	561
Микроимиджи сопротивления	561
Электрические сканеры на кабеле	568
Акустические скважинные сканеры для каротажа на кабеле	570
Скважинный акустический телевизор (BHTV, BoreHole Televiewer)	570
Акустический телесканер* (Acoustic TeleScanner)	573
Ультразвуковой высокоразрешающий скважинный сканер (UBI*, Ultrasonic Borehole Imager)	573
Скважинный сканер STAR	574
Периферический скважинный сканер CBIL™ (Circumferential Borehole Imaging Log)	574
Зонд CAST-V	575
Зонд магнитной восприимчивости	575
Видеозапись в скважине	575
Приборы записи имиджей во время бурения	575
Сопротивление на долоте (зонд RAB*, Resistivity-At-the-Bit)	575
Зонд ADN	578
Система приборов VISION	578
Сопоставление имиджей, полученных тремя разными методами	579
Обработка данных наклонмеров и скважинных сканеров	580
Введение	580
Коррекция исходных данных	581
Коррекция на скорость и глубину	581
Коррекция силы тока	583
Выравнивание усиления и смещения — коррекция на неработающие датчики	583
Масштабирование (калибровка сопротивления)	584
Электрические эффекты, влияющие на показания наклонмеров и сканеров на каждом уровне	584
Нормализация	586
Обработка данных наклонмера	588
Коррекция глубины на скорость зонда	588
Прослеживание событий	589
Определение наклона по данным имиджей	603
Расчет наклона в ручном режиме	603
Математическое вычисление наклона	603
Определение наклона с использованием рабочей станции	603
Расчет наклона по данным акустических методов	605
Расчет наклона на каротажной станции	605

Программа CYBERDIP*	605
Программа MSDIP	605
Расчет наклона по данным RAB в режиме реального времени	606
Представление результатов определения наклона пластов	606
Визуализация данных наклономера	606
Визуализация электрических имиджей	611
Визуализация акустических имиджей	613
Визуализация имиджей ядерных исследований	613
Горизонтальные скважины	613
Другие методы обработки исходных данных	613
SYNDIP	615
Программа VorTex	615
Классификация объектов	621
Классификация поверхностей	621
Области применения	624
Увязка по глубине и ориентировка керна	624
Информация о скважине	627
Эффективность применения имиджей	629
Список литературы	629
Дополнительная литература	631
ГЛАВА 25. Измерение температуры	635
Введение	635
Принцип измерений	637
Дискретное измерение температуры	637
Непрерывное измерение температуры	639
Области применения	640
В открытом стволе	640
В обсаженных скважинах	641
Список литературы	642
ГЛАВА 26. Измерение диаметра скважины с помощью каверномера	643
Введение	643
Принцип измерения	643
Зонды	643
Механические измерения	643
Акустические измерения	644
Электрические измерения	645
Геологические факторы, влияющие на величину диаметра скважины	646
Области применения	646
ГЛАВА 27. Отбор керна приборами на кабеле	649
Введение	649
Зонды	649
Боковой стреляющий грунтонос	649
Механический сверлящий грунтонос	650
Области применения	651
ГЛАВА 28. Отбор проб и измерение давления	653
Введение	653
Испытатели пластов	653
Испытатели пластов предыдущего поколения	653
Современные приборы	658
Области применения пробоотборников	663
Список литературы	666
ГЛАВА 29. Место и роль исследований скважин в оценке нефтегазового потенциала	669
Список литературы	670

ГЛАВА 30. Выбор комплекса ГИС	671
Введение	671
Комплекс ГИС в поисково-разведочных скважинах	672
Комплекс ГИС в эксплуатационных скважинах	672
Грубообломочные коллекторы	672
Незрелые песчаники	672
«Зеленые песчаники»	673
Тонкослоистые коллекторы	673
Трещиноватые и кавернозные карбонаты	673
Низкоомные продуктивные песчаники	673
Туфогенные песчаники	673
Коллекторы в магматических породах	673
Общая рекомендация	673
ГЛАВА 31. Методы оперативной интерпретации материалов ГИС	675
Введение	675
Контроль качества исходных данных	675
Повторные замеры	676
Коррекция исходных данных	677
Влияние скважинных условий	678
Влияние конструкции прибора	679
Изменение скорости записи	682
Увязка по глубине: построение сводного планшета	682
Выделение коллекторов	686
Породы с очень высоким удельным сопротивлением (> 600 Ом·м)	686
Пласты с переменным сопротивлением	686
Определение литологии	690
Визуализация литологии средствами «Платформы Экспресс»*	690
Визуализация каротажных кривых	691
Интерпретация на основе анализа кросс-плотов	691
Оценка пористости	699
Определение характера насыщения	700
Выделение продуктивных интервалов	701
Определение характера насыщения	707
Определение насыщенности	708
Определение подвижности углеводородов	709
Метод F-MOP	710
Метод отношения сопротивлений	711
Определение пористости и газонасыщенности в условиях незаполненного ствола	713
Комбинация плотностного и нейтронного методов	713
Комбинация плотностного и электрического методов	713
Комбинация плотностного, нейтронного и электрических методов	714
Определение сопротивления пластовой воды	714
Расчет по данным ПС	714
Расчет с использованием R_{wa}	714
Использование кросс-плота сопротивления	714
Использование зависимости $R_{(MLL \text{ или } MSFL)}/R_{\text{deep}}$ или R_{wa} от гамма-излучения	715
Расчет по графику зависимости отношения $R_{(MLL \text{ или } MSFL)}/R_{\text{deep}}$ от глубины	716
Расчет по зависимости «пористость – сопротивление»	716
Оценка глинистой составляющей пород	716
Распределение глин	717
Общее содержание (объем) глин	720
Оценка маломощных коллекторов	721
Оценка трещиноватых пород	721
Оценка кавернозных пород	721
Оценка пород с включениями стилолитов	722
Определение наклона пластов	724
Интерпретация данных ГИС в горизонтальных скважинах	725
Выделение интервалов недоуплотненных пород	727

Выделение несогласий	728
Выделение повторных серий и опрокинутых или лежащих объектов	729
Другие области применения	730
Выделение морских и континентальных глин	730
Измерение зернистости: обстановки осадконакопления	732
Определение пластового давления	734
Расчет объема цемента	735
Комплексование с сейсмическими данными	737
Список литературы	737
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Контроль качества материала	739
Введение	739
Калибровка	739
Теория калибровки	741
Типы заключений по калибровке	743
Проверка заключения по калибровке	743
Контроль глубины	744
Основное оборудование	744
Выбор разрывного усилия	744
Контроль скорости записи	745
Требования к приборам на кабеле компании <i>Schlumberger</i>	745
Повторная запись	750
Общие рекомендации по проведению работ	751
Обязанности представителя компании (супервайзера)	751
Подготовка к проведению каротажа	752
Действия перед началом каротажа	752
Калибровка до и во время спуска в скважину	753
Калибровка на забое и в процессе записи	754
Отбор бокового керна	754
Проверка качества каротажных диаграмм	754
Проверка заголовка каротажной диаграммы и качества печати	755
Нумерация записей	756
Отчеты по завершению каротажных работ	756
Заключение о проведении работ	757
Список литературы	757
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Единицы измерения	759
ПРИЛОЖЕНИЕ С. Основные символы и обозначения	769
ПРИЛОЖЕНИЕ D. Словарь	775