

Т.Дарлинг

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН


PREMIUM
ENGINEERING


www.technopress.ru
technopress



Серия «Промышленный инжиниринг»

Тоби Дарлинг

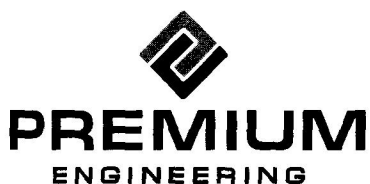
**ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН**

*Перевод с английского
под редакцией
к. т. н. Султанова Т. А.*

Москва

ООО «Премиум Инжиниринг»

2011



УДК 550.832
ББК 26.34
Д 14

Это издание опубликовано по соглашению с Elsevier INC и Technopress Ltd.

Дарлинг Тоби

Д 14 Практические аспекты геофизических исследований скважин / Перевод с английского. — М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2011. — 400 с., ил. — (Промышленный инжиниринг).

ISBN 978-5-903363-20-9

Автор на основе многолетнего опыта работы в нефтегазовых компаниях освещает широкий круг вопросов, связанных с современными методами геофизических исследований скважин и интерпретацией результатов исследований. В издании рассматривается навигация наклонных и горизонтальных скважин, каротаж в процессе бурения, увязка каротажных и сейсмических данных исследований, ядерно-магнитный каротаж.

Особо ценной является методика оценки экономической целесообразности проведения специальных исследований скважин в различных условиях.

Характерной особенностью издания является ее практическая направленность. Каждый раздел книги содержит тестовые примеры, позволяющие глубже понять изложенный материал.

Издание предназначено для персонала нефтегазовых компаний, проектных институтов, преподавателей и студентов вузов.

УДК 550.832
ББК 26.34

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

This edition of Well Logging and Formation Evaluation by Toby Darling is published by arrangement with Elsevier INC of 200 Wheeler Road, 6th Floor, Burlington, MA01803, USA a statement naming the Author and asserting the Author(s)' moral rights to be named as author(s) of the Work in all publications of the work;
a statement that the translation was undertaken by Technopress Ltd.

ISBN 0-7506-7883-6 (англ.)
ISBN 978-5-903363-20-9

© Elsevier Inc, 2005. All rights reserved
© Technopress Ltd, 2008
© ООО «Премиум Инжиниринг», 2008
© ООО «Премиум Инжиниринг», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	Основы	1
1.1.	Терминология	1
1.2.	Основные типы геофизических исследований скважин	4
1.2.1.	Каротаж в процессе бурения (LWD).....	4
1.2.2.	Кабельный каротаж необсаженной скважины	6
1.2.3.	Кабельный каротаж обсаженной скважины.....	9
1.2.4.	Каротаж со спуском приборов на трубах	10
1.3.	Заключение контрактов на проведение геофизических исследований скважин	11
1.4.	Подготовка программы ГИС.....	13
1.5.	Оперативное принятие решений	16
1.5.1.	Неисправность каротажного зонда.....	16
1.5.2.	Прихват прибора	17
1.6.	Бурение с отбором керна	19
1.6.1.	Отбор керна	19
1.6.2.	Стандартный анализ керна	20
1.6.3.	Специальные анализы керна.....	21
1.6.4.	Ограничения исследований, основанных на отборе керна	23
1.7.	Анализ бурового раствора в полевых условиях (газовый каротаж)	24
1.7.1.	Описание бурового шлама	25
1.8.	Проблемы испытания скважин и добычи	27
2	Оперативная интерпретация каротажных данных	33
2.1.	Стандартный контроль качества каротажных данных	33
2.2.	Идентификация пласта-коллектора	35
2.3.	Идентификация типа флюидов и межфлюидных контактов	36
2.4.	Определение коэффициента пористости пласта	38
2.5.	Оценка нефтегазонасыщенности пласта	42
2.6.	Представление результатов оценки пористости и водонасыщенности	45

2.7.	Измерение пластового давления и отбор проб флюидов	48
2.8.	Определение проницаемости пласта.	52
3	Детальная интерпретация каротажных данных.	55
3.1.	Определение эффективной толщины песчаного коллектора.	55
3.2.	Определение коэффициента пористости коллектора.	57
3.3.	Определение коэффициента нефтегазонасыщенности методом Арчи	59
3.4.	Коэффициент проницаемости коллектора	61
4	Анализ пласта на основе взаимосвязи его насыщенности и высоты.	65
4.1.	Анализ капиллярного давления с использованием данных исследования керна	66
4.2.	Получение J -функций на основе данных каротажа.	70
5	Современные методы интерпретации данных геофизических исследований скважин	73
5.1.	Анализ характеристик глинистого песчаника	73
5.2.	Карбонаты	79
5.3.	Полиминеральные (статистические) модели	81
5.4.	Ядерный магнитный каротаж.	84
5.5.	Применение метода нечеткой логики.	93
5.6.	Тонкослоистый разрез	96
5.7.	Применение метода импульсного нейтронного гамма-каротажа.	101
5.8.	Анализ погрешностей	105
5.9.	Поправки за влияние ствола скважины.	110
6	Интеграция с методами сейсмических исследований.	113
6.1.	Метод синтетических сейсмограмм.	113
6.2.	Моделирование замещения флюида	119
6.3.	Моделирование акустического и упругого импеданса	121
7	Проблемы, связанные с механикой пород.	125
8	Ценность информации.	129
9	Определение долевого участия компаний в разделе недр	135
9.1.	Основы для определения долевого участия компаний	136
9.2.	Процедуры и сроки определения долевого участия	137
9.3.	Роль петрофизика в определении долевого участия компаний	141

9.3.1. Песчанистость.....	144
9.3.2. Пористость.....	145
9.3.3. Насыщенность.....	145
9.3.4. Межфлюидные контакты.....	145
10 Петрофизика и промысловая геология.....	147
10.1. Правильное чтение геологических карт.....	150
10.1.1. Основные понятия.....	150
10.1.2. Типы карт.....	152
10.1.3. Методы оконтуривания.....	152
10.1.4. Количественный анализ с применением карт.....	153
10.2. Основные геологические понятия.....	157
10.2.1. Терригенные породы.....	157
10.2.2. Карбонатные коллектора.....	160
10.2.3. Образование тектонических нарушений и деформация осадочных пород.....	162
10.2.4. Аномальное пластовое давление.....	165
11 Физические основы разработки месторождений.....	167
11.1. Основные соотношения, описывающие поведение газов.....	167
11.2. Поведение нефтей и жирных газов в условиях залежи.....	170
11.3. Материальный баланс залежи.....	174
11.4. Закон Дарси.....	175
11.5. Гидродинамические исследования скважины.....	177
12 Методы локализации ствола скважины.....	183
12.1. Методы магнитостатической локализации скважин.....	183
12.1.1. Намагниченность стали обсадных и буровых колонн.....	184
12.1.2. Интерпретация магнитных аномалий.....	185
12.1.3. Учет влияния магнитного поля Земли.....	188
12.1.4. Преобразование результатов измерений в систему координат скважины.....	189
12.1.5. Методы оперативной интерпретации.....	193
12.2. Методы электромагнитной локализации скважины.....	198
12.2.1. Принципы электромагнитной локализации скважин ..	198
12.2.2. Методы оперативной интерпретации.....	201
13 Проводка скважин.....	205
13.1. Отклонение скважины.....	205
13.2. Измерения в скважине.....	207
13.2.1. Анализ погрешностей определения местоположения ствола скважины.....	208

13.3. Геонавигация	209
13.4. Бурение горизонтальных скважин выше контакта флюидов...	216
13.5. Оценка коэффициента продуктивности длинных горизонтальных скважин	218
Приложение 1. Таблица данных тестовой скважины 1	221
Приложение 2. Дополнительные данные для полной оценки резервуара	229
Специальный анализ керна (SCAL)	230
Приложение 3. Решения к упражнениям	233
Глава 2. Оперативная интерпретация каротажных данных	233
Упражнение 2.1. Оперативный анализ каротажных данных. . .	233
Упражнение 2.2. Использование данных по давлению.	235
Глава 3. Камеральная интерпретация каротажных данных	237
Упражнение 3.1. Детальная интерпретация (скважина Test 1)	237
Глава 4. Анализ пласта на основе взаимосвязи его насыщенности и высоты.	242
Упражнение 4.1. Получение J -функции на основе данных ядерного анализа	242
Упражнение 4.2. Получение J -функции на основе данных каротажа	243
Глава 5. Современные методы интерпретации каротажных данных	244
Упражнение 5.1. Анализ характеристик глинистого песчаника	244
Упражнение 5.2. Применение нечеткой логики	246
Упражнение 5.3. Тонкие прослои	247
Упражнение 5.4. Пример применения метода импульсного нейтронного гамма-каротажа	248
Упражнение 5.5. Анализ погрешностей	248
Глава 6. Интеграция ГИС с методами сейсмического анализа	249
Упражнение 6.1. Применение метода синтетической сейсмограммы	249
Упражнение 6.2. Моделирование замещения флюида	249
Упражнение 6.3. Моделирование акустической жесткости ..	250
Глава 7. Проблемы, связанные с механикой пород	251
Упражнение 7.1. Определение эффективного давления	251
Глава 8. Ценность информации	251
Упражнение 8.1. Анализ дерева ошибок	251

Глава 9. Определение долевого участия компаний в разделе недр . . .	253
Упражнение 9.1. Оптимизация долевого участия компании . . .	253
Глава 10. Петрофизика и промысловая геология	254
Упражнение 10.1. Определение угла падения пласта	254
Упражнение 10.2. Построение графика «площадь-глубина». . .	254
Глава 11. Петрофизика и физические основы разработки месторождений	256
Упражнение 11.1. Определение плотности воздуха.	256
Упражнение 11.2. Изучение материального баланса недонасыщенного нефтяного коллектора	256
Упражнение 11.3. Радиальный поток пластового флюида . . .	256
Упражнение 11.4. Метод Хорнера.	256
Глава 12. Методы локализации скважин	258
Упражнение 12.1. Пример обработки данных, полученных при магнитостатической локализации . . .	258
Упражнение 12.2. Интерпретация данных, полученных методом электромагнитной локализации	262
Глава 13. Исследования и геонавигация в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах. . . .	263
Упражнение 13.1. Определение наклона пласта на основе диаграмм, полученных со смещением датчиков по высоте.	263

Приложение 4. Вспомогательные теоретические материалы по математике	265
A4.1. Интегральное и дифференциальное исчисление	265
A4.2. Спектральный анализ (анализ Фурье).	268
A4.3. Нормальное (Гауссово) распределение	270
A4.4. Векторная механика	271
A4.5. Теория вероятностей	272
A4.6. Применение метода наименьших квадратов и коэффициенты корреляции	276

Приложение 5. Сокращения и акронимы.	279
---	------------

Приложение 6. Полезные соотношения единиц и константы	285
Глубина	285
Объем	285
Давление/плотность.	285
Температура	285
Проницаемость	285

Вязкость	287
Концентрация	287
Преобразование забойных условий к устьевым	287
Удельное сопротивление минерализованных растворов в зависимости от температуры	287
Свойства некоторых распространенных пород.....	287
Приложение 7. Мнемоника, применяемая к приборам подрядчиками	289
Об авторе.....	371
Благодарности от автора	372
Библиография.....	373
Алфавитный указатель.....	377