

Ф. Джарри Лусиа

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГО-
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ КАРБОНАТНОГО
КОЛЛЕКТОРА

Интегрированный подход



БИБЛИОТЕКА

НЕФТЯНОГО ИНЖИНИРИНГА

Ф. Джерри Лусиа

**ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГО-
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ КАРБОНАТНОГО
КОЛЛЕКТОРА**

Интегрированный подход

Перевод с английского
Е. М. Синевой

Под редакцией
О. А. Ботвиновской, Ю. В. Меркушкиной, С. В. Охотиной,
А. А. Тверитнева и В. М. Яценко



БИБЛИОТЕКА

НЕФТЯНОГО ИНЖИНИРИНГА

УДК 622.27
ББК 33.36
Л862

Интернет-магазин
MAIHESES

<http://shop.rcd.ru>

- физика
- математика
- биология
- нефтегазовые технологии

Лусиа Ф. Дж.

Построение геолого-гидродинамической модели карбонатного коллектора: интегрированный подход. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ижевский институт компьютерных исследований, 2010. — 384 с.

Одним из важнейших условий добычи нефти и газа из карбонатных коллекторов является описание трехмерного распределения петрофизических свойств с целью повышения качества прогноза фильтрации флюида с помощью компьютерного моделирования. В настоящей книге особое внимание уделяется природе горных пород как фактору интегрирования геологических, петрофизических и геостатистических методов построения модели продуктивного пласта, применимой для загрузки в программный комплекс для симуляции притока флюида. Второе издание книги содержит новую главу, посвященную методам построения модели и демонстрирующую новые примеры моделирования коллекторов различного типа — известняковых, доломитовых и коллекторов со взаимосвязанно-каверновым поровым пространством. Также переработаны и дополнены главы, в которых рассматриваются основные петрофизические свойства, структурно-текстурные/петрофизические взаимосвязи, связи «кern–ГИС» и секвентная стратиграфия.

ISBN 978-5-93972-880-5

ББК 33.36

© Springer-Verlag, 1999, 2007

© Перевод на русский язык:

Ижевский институт компьютерных исследований, 2010

© Оформление серии, ОАО «НК «Роснефть», 2010



<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| От редакционного совета | 13 |
| Предисловие к русскому изданию | 15 |
| Предисловие | 17 |
| ГЛАВА 1. Петрофизические свойства пород | 20 |
| 1.1. Введение | 20 |
| 1.2. Пористость | 20 |
| 1.3. Проницаемость | 25 |
| 1.4. Размер пор и флюидонасыщенность | 29 |
| 1.5. Относительная проницаемость | 39 |
| 1.6. Резюме | 43 |
| Литература | 44 |
| ГЛАВА 2. Классификация структурно-текстурных особенностей горных пород | 46 |
| 2.1. Введение | 46 |
| 2.2. Терминология и классификация порового пространства | 47 |
| 2.3. Структурно-текстурная/петрофизическая классификация | 51 |
| 2.3.1. Классификация межчастичного порового пространства | 51 |
| 2.3.2. Классификация кавернового порового пространства | 54 |
| Поровое пространство изолированных каверн | 55 |
| Взаимосвязанно-каверновое поровое пространство | 56 |
| 2.4. Соотношения между структурно-текстурными особенностями пород и их петрофизическими характеристиками | 56 |
| 2.4.1. Соотношения между межчастичной пористостью и проницаемостью | 56 |
| Структурно-текстурные особенности известняков | 56 |
| Структурно-текстурные особенности доломитов | 62 |
| Сравнение известняков и доломитов | 66 |
| Оценка проницаемости | 67 |
| 2.4.2. Соотношения между структурно-текстурными особенностями пород, пористостью и водонасыщенностью | 71 |
| 2.4.3. Структурно-текстурные/петрофизические классы | 73 |
| 2.4.4. Петрофизические свойства изолированно-кавернового порового пространства | 76 |

| | |
|--|------------|
| 2.4.5. Петрофизические свойства взаимосвязанно-кавернового порового пространства | 80 |
| 2.5. Резюме | 82 |
| Литература | 87 |
| ГЛАВА 3. Геофизические исследования скважин | 91 |
| 3.1. Введение | 91 |
| 3.2. Исследование керна | 91 |
| 3.3. Анализ керна | 92 |
| 3.4. Построение и анализ зависимостей «кern–ГИС» | 94 |
| 3.4.1. Методика построения зависимостей «кern–ГИС» | 94 |
| 3.4.2. Гамма-каротаж | 95 |
| 3.4.3. Скважинные условия | 97 |
| 3.4.4. Вычисление пористости по данным нейтронного и плотностного каротажа | 99 |
| 3.4.5. Литология | 106 |
| 3.4.6. Акустический каротаж | 107 |
| 3.4.7. Методы определения сопротивления | 115 |
| 3.4.8. Сканирование пласта | 124 |
| 3.5. Определение проницаемости по данным ГИС | 126 |
| 3.6. Начальная водонасыщенность | 128 |
| 3.7. Резюме | 129 |
| Литература | 133 |
| ГЛАВА 4. Структуры осадконакопления и петрофизика | 136 |
| 4.1. Введение | 136 |
| 4.2. Свойства карбонатных осадков | 137 |
| 4.3. Секвенс-стратиграфический каркас | 145 |
| 4.3.1. Высокочастотные циклы | 147 |
| 4.3.2. Высокочастотные секвенции | 157 |
| 4.4. Пример | 160 |
| 4.5. Резюме | 165 |
| Литература | 167 |
| ГЛАВА 5. Построение моделей пласта и их импорт в программные гидродинамические симуляторы | 170 |
| 5.1. Введение | 170 |
| 5.2. Геостатистические методы | 173 |
| 5.2.1. Вариография | 173 |
| 5.2.2. Условное моделирование | 175 |
| 5.3. Масштабы изменчивости и осредненные свойства | 177 |
| 5.4. Моделирование коллекторских свойств разреза Лойер-Каньон методом аналогии | 188 |
| 5.4.1. Введение | 188 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 5.4.2. | Создание модели | 188 |
| 5.4.3. | Структурно-текстурные слои фильтрации | 192 |
| 5.4.4. | Экспериментальное моделирование процессов фильтрации | 193 |
| 5.5. | Методика построения геолого-гидродинамической модели | 198 |
| 5.6. | Резюме | 208 |
| | Литература | 210 |
| ГЛАВА 6. | Известняковые коллекторы | 213 |
| 6.1. | Введение | 213 |
| 6.2. | Цементация, уплотнение и избирательное выщелачивание | 216 |
| 6.2.1. | Цементация карбонатом кальция | 216 |
| 6.2.2. | Уплотнение | 220 |
| 6.2.3. | Избирательное выщелачивание | 221 |
| 6.2.4. | Влияние диагенеза на распределение петрофизических свойств | 224 |
| 6.3. | Примеры известняковых коллекторов | 227 |
| 6.3.1. | Месторождение Честер (Оклахома, США), Миссисипский ярус | 227 |
| 6.3.2. | Меловые отложения месторождения Тубарао, шельф Бразилии | 228 |
| 6.3.3. | Молдиковый грейнстоун пермского возраста, горы Гвадалупе (США) | 234 |
| 6.3.4. | Меловая залежь месторождения Идд-эль-Шарги (Катар, Ближний Восток) | 235 |
| 6.3.5. | Верхнедевонские рифовые постройки, Альберта (Канада) | 244 |
| | Литература | 248 |
| ГЛАВА 7. | Доломитовые коллекторы | 252 |
| 7.1. | Введение | 252 |
| 7.2. | Доломитизация | 253 |
| 7.2.1. | Гидрологические модели | 253 |
| 7.2.2. | Доломитизация и петрофизические свойства | 256 |
| 7.2.3. | Распределение доломитов | 267 |
| 7.2.4. | Кальцитизация доломитов | 268 |
| 7.3. | Эвапоритовая минерализация | 269 |
| 7.3.1. | Кальцитизация ангидрита и гипса | 272 |
| 7.4. | Примеры месторождений — доломитовые и известняковые коллекторы | 273 |
| 7.4.1. | Коллекторы Ред Ривер, штаты Монтана и Северная Дакота (США) | 274 |
| 7.4.2. | Девонская залежь месторождения Эндрюс Саут, Западный Техас (США) | 277 |
| 7.4.3. | Площадь Харад месторождения Гавар | 278 |

| | |
|---|-----|
| Вертикальная последовательность седиментационных структур | 279 |
| Описание структурно-текстурных особенностей и петрофизические свойства | 280 |
| Привязка кривых ГИС | 282 |
| Расчет вертикальных профилей петрофизических свойств | 284 |
| Построение модели коллектора | 284 |
| 7.5. Примеры месторождений с доломитовыми коллекторами | 286 |
| 7.5.1. Коллектор Сан-Андрес, месторождение Семинол, округ Гейнс, Техас | 287 |
| Вертикальная последовательность седиментационных структур | 287 |
| Описание структурно-текстурных особенностей и петрофизические свойства | 290 |
| Привязка данных ГИС | 294 |
| Расчет вертикальных профилей петрофизических свойств | 297 |
| Построение модели коллектора | 298 |
| Моделирование процессов фильтрации | 303 |
| 7.5.2. Залежь в свите Клир Форк месторождения Саут Уоссон | 305 |
| Вертикальная последовательность седиментационных структур | 306 |
| Описания структурно-текстурных особенностей и петрофизических свойств | 307 |
| Нормализация данных ГИС и керна | 312 |
| Расчеты вертикальных профилей петрофизических свойств | 314 |
| Построение модели коллектора | 315 |
| Гидродинамическая модель | 316 |
| 7.5.3. Коллектор в свите Клир Форк на месторождении Фаллертон | 320 |
| Вертикальная последовательность седиментационных структур | 320 |
| Описание структурно-текстурных особенностей и петрофизические свойства | 325 |
| Нормализация различных структурно-текстурных особенностей пород, седиментационных структур и данных ГИС | 329 |
| Расчет вертикальных профилей петрофизических свойств | 332 |
| Построение обобщающей модели месторождения | 334 |
| Гидродинамическую модель фильтрации | 336 |
| Литература | 338 |

| | |
|---|-----|
| ГЛАВА 8. Коллекторы с каверново-связанным типом пор | 344 |
| 8.1. Введение | 344 |
| 8.2. Мелкомасштабные явления выщелачивания, обрушения (смятия) и формирования микротрещин | 346 |
| 8.2.1. Влияние на петрофизические свойства | 347 |
| 8.2.2. Коллекторы с системой мелкомасштабных взаимосвязанных каверн | 348 |
| Коллектор в свите Грейбург, месторождение Саут Коуден | 348 |
| 8.3. Крупномасштабное выщелачивание, обрушение и формирование трещиноватости | 353 |
| 8.3.1. Влияние на распределение петрофизических свойств | 358 |
| 8.3.2. Коллекторы, характеризующиеся крупномасштабным взаимосвязанно-каверновым поровым пространством | 362 |
| Месторождения, приуроченные к свите Сан-Андрес, Западный Техас | 362 |
| Коллектор Миссисипского возраста, месторождение Элк Бэйсин | 366 |
| Месторождения, приуроченные к свите Элленбургер нижнеордовикского возраста | 368 |
| Месторождения, приуроченные к рифам силурийского возраста | 373 |
| Литература | 375 |
| Предметный указатель | 378 |