

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Допущено учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по нефтегазовому образованию
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 130503 «Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений» направления
130500 «Нефтегазовое дело»*

Тюмень
ТюмГНГУ
2010

УДК 622.279.23

ББК 33.361

Р 17

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор В. К. Федорцов
кандидат физико-математических наук, профессор Б. Б. Квеско

Авторы: А. К. Ягафаров, И. И. Клещенко, Г. П. Зозуля,
Ю. В. Зейгман, М. К. Рогачев, Г. А. Шлеин

Р 17 **Разработка** нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / А. К. Ягафаров, И. И. Клещенко, Г. П. Зозуля и др. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2010. – 396 с.
ISBN 978-5-9961-0326-3

В учебном пособии приведены основные сведения о развитии нефтегазовой промышленности в России, происхождении нефти и газа, ключевые понятия о нефтегазоносных толщах, комплексах горных пород, их механических и физических свойствах, типах коллекторов нефти, газа и воды и формах ловушек углеводородов. Даны основные понятия о фильтрационно-емкостных свойствах коллекторов (ФЕС), строении порового пространства и их насыщении, взаимодействии фаз с поровой поверхностью и перемещении пластовых флюидов в пласте. Обоснованы основополагающие принципы проектирования разработки нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений, методы воздействия на прискважинную зону продуктивных пластов и залежей для повышения продуктивности и нефтеотдачи нефтегазовых пластов. Рассмотрены проблемы фазовых состояний и превращений углеводородных систем в залежах различных типов. Приведены методы контроля разработки месторождений и технологии подготовки нефти и газа.

Для студентов направления 130500 «Нефтегазовое дело», обучающихся для получения степени бакалавров и магистров, а также подготовки дипломированных специалистов по специальностям 130304 «Геологические основы разработки нефтяных и газовых месторождений», 130201 «Геофизические методы исследования скважин», 130504 «Бурение нефтяных и газовых скважин» и 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

УДК 622.279.23

ББК 33.361

ISBN 978-5-9961-0326-3

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет», 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	8
1.1. Происхождение нефти.....	8
1.2. Происхождение газа.....	10
1.3. Месторождения-гиганты	12
1.4. Этапы развития нефтяной и газовой промышленности России...	13
2. ГЕОЛОГО – ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ И СВОЙСТВА НАСЫЩАЮЩИХ ИХ ФЛЮИДОВ	21
2.1. Свойства горных пород, коллекторов и пластовых жидкостей	21
2.2. Зависимость проницаемости коллекторов от насыщенности их пластовыми флюидами	50
2.3. Физические свойства нефтей.....	62
2.4. Физические свойства углеводородных газов	73
2.5. Свойства пластовых вод.....	81
2.6. Молекулярно-поверхностные свойства системы «нефть - газ - вода - порода».....	93
3. РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	100
3.1. Проектирование разработки нефтяных месторождений	101
3.2. Силы, действующие в продуктивном пласте	102
3.3. Режимы работы залежей	103
3.4. Размещение нагнетательных скважин и расчеты процессов нагнетания	104
3.5. Выделение эксплуатационных объектов на многопластовых нефтяных месторождениях.....	109
3.6. Методика оценки годовых отборов нефти при объединении нескольких продуктивных пластов в один эксплуатационный объект.....	112
3.7. Принципиальные особенности проектирования технологических систем разработки	116
3.8. Системы разработки и принципы выбора метода искусственного воздействия на пласт	120
3.9. Размещение скважин основного фонда	131
3.10. Определение необходимого числа резервных скважин	135

3.11. Системы разработки нефтяных месторождений с поддержанием пластового давления	141
3.12. Физические основы вытеснения нефти водой	148
3.13. Построение геолого-технических моделей нефтяных и газовых месторождений	153
3.13.1. Цифровая геологическая модель	154
3.13.2. Цифровая фильтрационная модель	169
3.13.3. Рекомендации по организации работ по созданию и использованию постоянно действующих геолого-технических моделей (ПДГТМ)	185
3.14. Геологические модели многопластовых объектов в процессе разработки нефтяной залежи	187
3.15. Выбор режимов работы скважин и ГТМ по управлению процессом разработки	198
3.16. Прогноз процесса разработки с помощью адаптированной адресной фильтрационной модели	200
3.17. Исследование изменения пористости и проницаемости во времени и использование результатов в расчетах запасов	203
4. НЕФТЕОТДАЧА ПЛАСТОВ	209
4.1. Основные положения	209
4.2. Нефтеотдача пластов	211
4.3. Нефтеотдача при различных условиях дренирования залежей	212
4.4. Обобщенная схема вытеснения нефти и газа водой	214
4.5. Малые темпы разработки месторождений, повышающие конечную нефтеотдачу пластов	225
4.6. Высокие темпы отбора, увеличивающие нефтеотдачу пластов	225
4.7. Оптимальные темпы разработки	225
4.8. Темп разработки, не влияющий на нефтеотдачу пласта	226
5. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАЗВЕДОЧНЫХ И ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН	227
5.1. Классификация методов воздействия на прискважинную зону пластов	227
5.2. Критерии выбора объектов интенсификации притоков нефти и газа	227
5.3. Интенсификация притоков из низкопроницаемых нефтенасыщенных коллекторов	229
5.4. Способ кислотного воздействия на прискважинную зону пласта	231
5.5. Гидравлический разрыв пласта	232

5.6. Виброциклические методы воздействия на прискважинную зону пласта	235
6. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ.....	237
6.1. Классификация современных методов увеличения нефтеотдачи пластов	237
6.2. Гидродинамические методы повышения нефтеотдачи	240
6.3. Уплотнение сеток скважин в процессе разработки месторождений	242
6.4. Форсированные отборы жидкости	244
6.5. Тепловые методы увеличения нефтеотдачи пластов.....	246
6.6. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи пластов	248
6.7. Техногенные факторы, влияющие на доизвлечение остаточных запасов нефти	263
6.8. Газовые методы повышения нефтеотдачи.....	266
6.9. Применение пенных систем при добыче нефти	276
7. ПОДДЕРЖАНИЕ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ.....	284
7.1. Моделирование технических гидравлических систем поддержания пластового давления	287
7.2. Система подготовки и закачки воды в продуктивные пласты	290
8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	294
8.1. Фазовые состояния и превращения углеводородных систем	294
8.2. Условия залегания углеводородов в недрах	297
8.3. Типы газовых залежей.....	299
8.4. Расчет фазовых равновесий углеводородных смесей	301
8.5. Компонентоотдача газовых и газоконденсатных месторождений	306
8.6. Основные принципы проектирования разработки газовых и газоконденсатных месторождений	308
8.7. Особенности разработки газовых и газоконденсатных месторождений	312
8.8. Прогнозирование добычи газа и конденсата.....	317
8.9. Повышение конденсатоотдачи нефтегазоконденсатных залежей	320
8.10. Методы изучения газоконденсатной характеристики месторождения	321
8.11. Оценка начальных и текущих запасов газа по материалам анализа разработки	325

8.12. Разработка новых методов геолого- гидродинамического моделирования газовых залежей.....	327
8.13. Критерии оптимизации размещения кустов эксплуатационных скважин.....	331
8.14. Совершенствование методов газогидродинамического моделирования режимов работы газовых скважин	339
8.15. Промысловая подготовка газа.....	345
9. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫТЕСНЕНИЯ ГАЗА ВОДОЙ ПРИ УПРУГОВОДОНАПОРНОМ РЕЖИМЕ.....	350
10. ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ СИСТЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА ПРОЦЕССОМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	352
10.1. Понятие системного контроля	352
10.2. Этапность и периодичность исследований и их комплексирование.....	354
10.3. Решение задач системного контроля с помощью комплексных исследований	377
10.4. Планирование и организация системы мониторинга разработки месторождения	381
11. СИСТЕМООБРАЗУЮЩАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИ ГЕОМОНИТОРИНГЕ И ГЕОМОДЕЛИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ.....	387
11.1. Принципы интерпретации и динамического анализа результатов промыслово-геофизического контроля	387
11.2. Задачи системообразующей интерпретации и динамического анализа в промыслово-геофизическом контроле	391
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	393

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие посвящено разработке нефтяных и газовых месторождений: теоретическим основам сложнейших технологических процессов выработки запасов нефти и газа. В пособии приведены основные понятия о нефтегазоносных толщах, комплексах, горных породах, их механических и упругих свойствах, типах коллекторов нефти, газа и воды и формах ловушек углеводородов. Даны основные сведения о происхождении нефти и газа, об основных этапах развития нефтяной и газовой промышленности в СССР и России, фильтрационно-емкостных и механических свойствах коллекторов (ФЕС), строении порового пространства и их насыщении.

Приведены данные о физических свойствах нефти, газа, пластовых вод и их взаимодействии с поровой поверхностью коллекторов и перемещении пластовых флюидов в пласте. Изложены основные принципы проектирования нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений, выбора эксплуатационных объектов, объединения нескольких продуктивных пластов в один эксплуатационный объект.

Даны основные понятия по подсчету запасов нефти и газа и определения коэффициента нефтеотдачи пластов. Рассмотрены методы воздействия на прискважинную зону продуктивных пластов и залежи для повышения продуктивности и нефтеотдачи нефтегазовых пластов. Освещены вопросы фазовых состояний и превращений углеводородных систем в залежах различных типов. Приведены технологии по подготовке нефти и газа на нефтяных и газовых промыслах к последующей транспортировке скважинной продукции.