

# Оглавление

От редакционного совета . . . . .	35
Благодарности . . . . .	36
Благодарность за использование графических материалов . . . . .	37
Примечание к графикам, сделанным от руки . . . . .	42
<b>Часть I. Гидродинамическое моделирование пластов с нелетучей нефтью (самый распространенный метод)</b>	
<b>ГЛАВА 1. Введение . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>Таинство гидродинамического моделирования . . . . .</b>	<b>45</b>
Проверка качества . . . . .	45
Широта технологии . . . . .	46
Значимость гидродинамического моделирования . . . . .	47
Распознавание образов . . . . .	47
Концептуальная модель . . . . .	48
Геологические модели . . . . .	48
Модель изменяется со временем . . . . .	49
Опасность применения . . . . .	50
Предыдущий опыт . . . . .	50
Ошибки и неудачи . . . . .	50
Управление рисками . . . . .	51
Демография отрасли . . . . .	52
<b>Цели книги . . . . .</b>	<b>52</b>
Конкретные цели . . . . .	52
Содержание книги . . . . .	53
Сложные вопросы . . . . .	54
<b>Гидродинамическое моделирование на протяжении всего цикла разработки пласта . . . . .</b>	<b>54</b>
Анализ геологии . . . . .	54
Анализ показателей разработки пласта . . . . .	55
Канадские примеры . . . . .	62
Открытая информация . . . . .	62
Заключение . . . . .	64
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>64</b>
<b>ГЛАВА 2. Математическое обоснование . . . . .</b>	<b>65</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>65</b>

Подробный вывод формул и уравнений . . . . .	66
Закон сохранения вещества (определение) . . . . .	66
Уравнение состояния, или PVT-свойства (определение) . . . . .	67
Уравнение фильтрации: закон Дарси (определение) . . . . .	67
Понятие тензора (ограничение) . . . . .	69
Применение девятиточной схемы (ограничение и альтернативное построение) . . . . .	69
Составление матричного решения (определение) . . . . .	70
Погрешности и дискретизация в пространстве (ограничение) . . . . .	72
Анализ чувствительности сетки (практические навыки) . . . . .	72
Погрешности и дискретизация по времени, то есть временные шаги (ограничение) . . . . .	72
Турбулентное течение (ограничение, альтернативная формула) . . . . .	73
Псевдодавления (ограничение и альтернативная формулировка) . . . . .	74
Строение матрицы (уравнения и практические знания) . . . . .	74
Устойчивые члены матриц (формулировка) . . . . .	76
Явные и неявные решения (определение и практические знания) . . . . .	76
Внутренний и внешний циклы (определение) . . . . .	77
Многофазные системы (определение) . . . . .	77
Учет изменений относительной фазовой проницаемости (определение) . . . . .	78
Метод Ньютона–Рафсона (определение) . . . . .	79
Материальный баланс (практические знания) . . . . .	79
Фронтальное вытеснение (недостаток) . . . . .	80
Теория Бакли–Левретта (формулировка) . . . . .	81
Взвешивание проводимостей (формулировка) . . . . .	81
Влияние разных методик: взвешивание в направлении, противоположном движению потока (ограничение/формулировка) . . . . .	81
Капиллярное давление (ограничение) . . . . .	84
Фундаментальные проблемы (ограничение) . . . . .	85
Устойчивость одномерного вытеснения в методе IMPES (ограничение/практические знания) . . . . .	86
Одномерная дисперсия (ограничение/практические знания) . . . . .	88
Максимальная точность (практические знания) . . . . .	88
Адаптивный неявный метод (практические знания) . . . . .	88
Общая блок-схема процесса моделирования (формулировка) . . . . .	89
Управление временным шагом (практические знания) . . . . .	91
Оптимизация дискретизации по времени (практические знания) . . . . .	91
Аналитические уравнения притока (формулировка) . . . . .	92
Уравнение Писмана (формулировка/ограничение) . . . . .	93
Сравнение явных и неявных скважин (формулировка/практические знания) . . . . .	95
Восстановление давления (ограничение) . . . . .	95
Анизотропия . . . . .	95
Ограничения, связанные со скин-фактором (ограничение/практические знания) . . . . .	96
Несовершенство вскрытия пласта перфорацией (ограничение/практические знания) . . . . .	96
Многофазный поток в скважинах (ограничение) . . . . .	96

Отображение в гидродинамической модели скважин, добывающих много- фазную смесь флюидов (практические знания) . . . . .	97
Детальные исследования скважин (практические знания) . . . . .	97
Альтернативные способы уменьшения количества ячеек модели (практи- ческие знания) . . . . .	98
Управление скважинами (формулировка/практические знания) . . . . .	101
Матричные решатели: численные (формулировка) . . . . .	101
Прямое исключение (формулировка) . . . . .	102
Итерационные решатели (формулировка) . . . . .	104
Ускорение (формулировка) . . . . .	105
Управление решателями со стороны пользователя (практические знания) . . . . .	106
Выбор главного элемента матрицы (формулировка и практические знания) . . . . .	107
Объяснение демпфирования . . . . .	108
Заключение . . . . .	108
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>ГЛАВА 3. Геология, петрофизика и слоистость . . . . .</b>	<b>111</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>111</b>
Однородность . . . . .	111
Происхождение нефти и газа . . . . .	112
Нефть и газ нижних меловых отложений Западной Канады . . . . .	112
<b>Геологические модели . . . . .</b>	<b>115</b>
Береговой бар Хоудли . . . . .	116
Определение параметров коллектора . . . . .	122
Средства отображения . . . . .	123
Структурная геология . . . . .	128
Западно-Канадский осадочный бассейн . . . . .	130
Знакомство с залежью . . . . .	135
<b>Точки зрения геолога и разработчика . . . . .</b>	<b>137</b>
Геофизика (интерпретация данных сейсморазведки) . . . . .	138
Петрофизика (интерпретация данных ГИС) . . . . .	139
Обработка каротажных данных . . . . .	139
Необходимые данные . . . . .	140
Специальный анализ керна . . . . .	140
Затрудненный анализ . . . . .	141
Качественные показатели . . . . .	142
Расчет проницаемости . . . . .	144
Газонефтяной и газоводяной контакты . . . . .	144
Геологическое строение небольших залежей: слоистость . . . . .	145
Определение слоистости . . . . .	146
Коллектора, которые не поддаются описанию . . . . .	150
Вертикальная проницаемость . . . . .	151
Разломы . . . . .	151
Механизмы формирования ловушки . . . . .	152
Тектонически экранированные ловушки . . . . .	153
Глины . . . . .	169
Глинистые линзы . . . . .	171

Заключение . . . . .	171
Цитируемые источники . . . . .	174
<b>ГЛАВА 4. Комплексный подход и геостатистика . . . . .</b>	<b>177</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>177</b>
<b>История геостатистики . . . . .</b>	<b>178</b>
Большие пакеты программ . . . . .	178
Комплексный командный подход . . . . .	179
Геостатистические расчеты . . . . .	179
Пласт и его моделирование . . . . .	180
Поэтапный метод . . . . .	181
Основной подход: объекты или распределение . . . . .	181
Сравнение методов усреднения и моделирования . . . . .	182
Статистика . . . . .	182
Произвольные допущения . . . . .	182
Независимость переменных . . . . .	183
Пространственные отношения . . . . .	184
Основная идея кригинга . . . . .	187
Фундаментальная концепция моделирования . . . . .	188
Настройка модели . . . . .	189
Последовательность выполнения работы . . . . .	190
Практический пример: пласт МакМюррей на северо-востоке Альберты . . . . .	191
Ограничения и недостатки геостатистики . . . . .	193
Заключение . . . . .	194
Цитируемые источники . . . . .	195
<b>ГЛАВА 5. Анализ показателей эксплуатации пласта . . . . .</b>	<b>196</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>196</b>
Концептуальная модель . . . . .	196
Примеры ошибок в интерпретации . . . . .	197
Режимы вытеснения . . . . .	197
Анализ показателей эксплуатации . . . . .	198
Графики добычи . . . . .	198
Графики давления . . . . .	205
Эксплуатационные осложнения . . . . .	229
Проведение испытаний . . . . .	230
Сложности с интерпретацией . . . . .	230
Организация испытания скважин . . . . .	231
Перспективы гидродинамических исследований скважин . . . . .	231
Повторная обработка результатов ГДИС . . . . .	232
Распознавание шаблонов: расклейка на стене . . . . .	232
Обработка восстановления давления на симуляторе . . . . .	233
Программы для обработки восстановления давления . . . . .	233
Представление данных о давлении при настройке моделей на историю разработки . . . . .	234
Заключение . . . . .	235

<b>ГЛАВА 6. PVT-свойства пластовых флюидов: отбор данных</b> . . . . .	<b>236</b>
<b>Введение</b> . . . . .	<b>236</b>
Однократное разгазирование . . . . .	237
Дифференциальное разгазирование . . . . .	238
Фактический процесс разгазирования в пласте . . . . .	238
Разгазирование флюида по многоступенчатой схеме сепарации . . . . .	239
Характерные корректировки PVT-данных . . . . .	240
Поправки PVT-данных на условия сепарации . . . . .	240
Отрицательные значения газосодержания . . . . .	241
Недавняя публикация . . . . .	242
Нагреватели . . . . .	243
Опыт вычислений методом материального баланса . . . . .	243
Эмпирическое наблюдение . . . . .	244
Настройка уравнений состояния (УС) . . . . .	246
Комплексное разгазирование . . . . .	246
Встроенное в симулятор комплексное разгазирование . . . . .	247
Обоснованность применения скорректированных данных . . . . .	248
Корреляционные зависимости для определения свойств нефти . . . . .	250
Точность корреляционных зависимостей . . . . .	251
Пределы применимости моделей нелетучих нефтей . . . . .	251
Форма PVT-кривых . . . . .	255
PVT-свойства газов . . . . .	255
Газоконденсатные системы . . . . .	256
«Красные» флюиды . . . . .	258
Представительные пробы . . . . .	259
Глубинные пробы . . . . .	260
Способы отбора проб . . . . .	261
Отбор проб в условиях послепритока . . . . .	263
Проверка глубинных проб в лабораторных условиях . . . . .	264
Проверка в лабораторных условиях проб, отобранных на сепараторе . . . . .	264
Состав . . . . .	264
Равновесие . . . . .	265
Некоторые лабораторные осложнения . . . . .	265
Лабораторное оборудование . . . . .	268
Воспроизведение пластовых условий . . . . .	268
Материальный баланс . . . . .	269
Использование лабораторных газов . . . . .	275
Программа лабораторных испытаний . . . . .	276
Кто-то и Некто . . . . .	276
Изменения состава . . . . .	277
Влияние силы тяжести на равновесные состояния . . . . .	278
Причины резкого изменения состава . . . . .	279
Системы с большими градиентами состава . . . . .	280
Влияние искривленной поверхности раздела . . . . .	280
Системы с тепловой диффузией . . . . .	281
Изменение давления насыщения нефти с глубиной . . . . .	282
Таблица отбора данных . . . . .	284

Графики для проверки качества проб нефти . . . . .	285
Графики для проверки свойств газа . . . . .	286
Отбор данных по газоконденсатным пробам . . . . .	288
Сопоставление данных . . . . .	289
Непротиворечивость данных . . . . .	290
Преимущество экспериментов с использованием разгазирования при постоянном составе . . . . .	291
Как отличить летучие нефти от газоконденсатных систем? . . . . .	293
Какие данные правильные? . . . . .	295
Ввод PVT-данных по нефти . . . . .	295
Требования к непротиворечивости исходных данных . . . . .	297
Ввод переменного давления насыщения . . . . .	298
Ввод PVT-свойств газов . . . . .	298
Расширение таблиц PVT для прогнозирования закачки воды . . . . .	298
Точки изгиба промысловых данных . . . . .	299
Плотность нефти . . . . .	299
Вязкость нефти . . . . .	299
Вязкость газа . . . . .	300
Объемный коэффициент пластовой воды . . . . .	301
Вязкость воды . . . . .	303
Сжимаемость воды . . . . .	304
Заключение . . . . .	305
<b>Цитируемые источники</b> . . . . .	<b>307</b>

## **ГЛАВА 7. Капиллярное давление и относительная проницаемость: отбор**

<b>данных</b> . . . . .	<b>309</b>
<b>Введение</b> . . . . .	<b>309</b>
Результаты специализированных лабораторий . . . . .	310
Капиллярное давление . . . . .	311
Поверхностное натяжение . . . . .	311
Подъем жидкости в капиллярных трубках . . . . .	312
Горизонтальное смещение: пайка . . . . .	312
Процессы дренирования и пропитки . . . . .	313
Породы-коллекторы . . . . .	313
Поправки . . . . .	314
Предупреждение относительно поправок к капиллярному давлению . . . . .	314
Поверхностное натяжение «нефть–вода» . . . . .	315
Поверхностное натяжение газ–нефть . . . . .	318
Измерение капиллярного давления . . . . .	318
Капиллярные силы и насыщение связанной водой . . . . .	322
Промысловые наблюдения . . . . .	323
<i>Гидрогеология</i> . . . . .	324
Фильтрация в глинах . . . . .	325
Непрерывность водонасыщенности в поровом масштабе . . . . .	326
Устранение расхождения между данными капиллярного давления и данными, замеренными в промысловых условиях . . . . .	327
Погрешности в определении капиллярного давления . . . . .	327

Практические замечания . . . . .	329
История насыщения . . . . .	329
Противоточное дренирование . . . . .	329
Переходные зоны по каротажным данным . . . . .	331
Точка нулевого капиллярного давления . . . . .	333
Советы по применимости лабораторных данных . . . . .	333
Имеющиеся данные . . . . .	334
Специальный анализ керна . . . . .	334
Сведение данных по капиллярному давлению в таблицу . . . . .	335
<i>J</i> -функция Леверетта . . . . .	338
Влияние проницаемости . . . . .	338
Относительная проницаемость . . . . .	338
Подготовка образцов . . . . .	339
Измерение относительной проницаемости . . . . .	340
Влияние на насыщенность связанной водой . . . . .	342
Определение относительной проницаемости . . . . .	342
Построение кривой относительной проницаемости . . . . .	344
Остаточная нефтенасыщенность . . . . .	344
Насыщенность подвижной нефтью . . . . .	346
Варианты представления относительных фазовых проницаемостей . . . . .	346
Гидрофильные и гидрофобные породы . . . . .	347
Принятая терминология . . . . .	348
Гистерезис . . . . .	348
Подземные газохранилища . . . . .	348
Кривые разветвления: учет гистерезиса . . . . .	349
Анализ данных относительной проницаемости для двухфазной фильтрации . . . . .	350
Данные о насыщенности связанной водой . . . . .	350
Определение представительных образцов . . . . .	354
Построение графиков по лабораторным данным . . . . .	355
Нормирование кривых относительной проницаемости . . . . .	357
Каким графиком воспользоваться? . . . . .	357
Влияние на относительную проницаемость . . . . .	358
Испытания по заводнению или вытеснению . . . . .	359
Гидродинамическое моделирование для интерпретации испытаний по определению относительной проницаемости . . . . .	359
Капиллярные концевые эффекты . . . . .	360
Составные образцы керна . . . . .	361
Нефтепродукты (переработанная нефть, керосин) или пластовая нефть . . . . .	361
Смачиваемость . . . . .	361
Дегидратация глинистых минералов . . . . .	363
Разумная конфиденциальность . . . . .	364
Контроль качества . . . . .	364
Корреляционные зависимости . . . . .	365
Относительная проницаемость для системы «нефть–вода» . . . . .	365
Относительная проницаемость для системы «газ–нефть» . . . . .	369
Подбор кривой . . . . .	370
Данные по относительной проницаемости для трехфазной системы . . . . .	373

Трехфазный поток . . . . .	374
Корреляционные зависимости относительных проницаемостей для трех- фазной системы . . . . .	375
Вторая модель Стоуна . . . . .	376
Непротиворечивость входных данных . . . . .	377
Продление кривой $k_{гв}$ между $(1 - S_{ог})$ и $100\% S_w$ . . . . .	380
<i>Пожалуйста, никаких изломов</i> . . . . .	380
Степенные кривые . . . . .	380
Сжимаемость порового объема . . . . .	381
Кривые относительной проницаемости для газоконденсата и высоковязкой нефти . . . . .	384
Методика . . . . .	384
Заключение . . . . .	384
<b>Цитируемые источники</b> . . . . .	<b>385</b>
<b>ГЛАВА 8. Модифицированная относительная фазовая проницаемость и апскейлинг</b> . . . . .	<b>388</b>
<b>Введение</b> . . . . .	<b>388</b>
Вертикальное равновесие . . . . .	388
Относительная фазовая проницаемость по Херну . . . . .	391
Динамическая модифицированная относительная фазовая проницаемость . . . . .	393
Смит, Маттекс и Джэкс . . . . .	396
Кайт и Берри . . . . .	398
Криволинейные сетки (по линиям тока) . . . . .	400
Модифицированная относительная фазовая проницаемость для скважины . . . . .	401
Аналитический расчет . . . . .	403
Опасности применения модифицированной относительной фазовой про- ницаемости . . . . .	404
Опасности при использовании модифицированной относительной фазовой проницаемости для скважин . . . . .	405
Заключение . . . . .	406
<b>Цитируемые источники</b> . . . . .	<b>407</b>
<b>ГЛАВА 9. Инициализация</b> . . . . .	<b>408</b>
<b>Введение</b> . . . . .	<b>408</b>
Задание капиллярного давления . . . . .	408
Псевдокапиллярное давление . . . . .	409
Переходная зона с толщиной, сравнимой с размером ячейки . . . . .	409
Разукрупнение ячеек сетки . . . . .	411
Данные капиллярного давления . . . . .	411
Наклонные водонефтяные контакты . . . . .	412
Гидрогеология . . . . .	412
Неравновесная инициализация . . . . .	414
Учет динамического улавливания при разработке нефтегазовых залежей . . . . .	414
Ошибки моделирования . . . . .	417
Моделирование состояний динамического равновесия . . . . .	417



Закачка воды . . . . .	418
Гидрогеология . . . . .	422
Гидродинамические расчеты без учета работы скважин . . . . .	423
Заключение . . . . .	423
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>423</b>
<b>ГЛАВА 10. Интеграция данных и построение сетки . . . . .</b>	<b>424</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>424</b>
Интеграция . . . . .	424
<b>Данные . . . . .</b>	<b>425</b>
Недостающие данные . . . . .	425
Сравнение научных результатов с практическими . . . . .	425
<b>Вспомогательные исследования . . . . .</b>	<b>426</b>
Расчеты методом материального баланса . . . . .	426
<b>Цели . . . . .</b>	<b>426</b>
Важность поставленных целей . . . . .	426
Распространенные ситуации . . . . .	427
Критически важные вопросы . . . . .	428
Моделирование многофазных течений . . . . .	428
<b>Построение сетки . . . . .</b>	<b>429</b>
Реалистичные сетки . . . . .	429
Методические рекомендации общего характера . . . . .	430
Визуализация фильтрации пластовых флюидов . . . . .	430
Сетки неправильной формы . . . . .	430
Чувствительность к параметрам сетки . . . . .	431
Сетки с недостаточным количеством ячеек . . . . .	432
Два основных способа построения сетки . . . . .	434
Переходная зона (капиллярного давления) . . . . .	435
Влияние ориентации сетки . . . . .	435
Проверка на соответствие действительности . . . . .	436
Недостатки и ограничения симулятора . . . . .	438
Заключение . . . . .	438
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>439</b>
<b>ГЛАВА 11. Создание массива исходных данных . . . . .</b>	<b>441</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>441</b>
Обработка данных . . . . .	441
Создание файла исходных данных . . . . .	442
Описки и опечатки . . . . .	443
Сохранение резервных копий и массивов данных . . . . .	443
Логические принципы считывания массивов данных . . . . .	443
Определение размеров . . . . .	444
Ввод данных для гидродинамического моделирования . . . . .	445
Овладение компьютером . . . . .	445
ПК изнутри . . . . .	446
Системы Unix . . . . .	446

Работа с массивами данных для гидродинамического моделирования . . .	447
Утилиты (служебные программы) . . . . .	448
Системное пространство . . . . .	448
Условия разработки . . . . .	450
Проявите инициативу . . . . .	450
Параметры расчета . . . . .	450
Основной продукт . . . . .	450
Ввод данных по всем скважинам . . . . .	451
Расположение скважин по порядку . . . . .	451
Электронные таблицы . . . . .	451
Усреднение объемов добычи . . . . .	453
Заканчивание скважин . . . . .	453
Забойное давление . . . . .	454
Рабочие характеристики колонны НКТ . . . . .	454
Модели наземных сооружений . . . . .	454
Периодическая добыча . . . . .	456
<i>Включаемые файлы</i> . . . . .	458
Проверка на наличие ошибок и форматирование . . . . .	458
Характеристики скважин . . . . .	458
Спецификация выходных данных . . . . .	458
Вывод результатов адаптации модели . . . . .	459
Приведенное давление . . . . .	461
Элементы числового управления . . . . .	461
Заключение . . . . .	462
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>462</b>
<b>ГЛАВА 12. Адаптация модели . . . . .</b>	<b>464</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>464</b>
Описание пластов . . . . .	464
Противоречивые советы . . . . .	465
Кричлоу . . . . .	465
Мэтгакс и Далтон . . . . .	466
Взгляды автора . . . . .	467
Концептуальные модели . . . . .	469
От скважины в пласт: обратная сторона адаптации модели . . . . .	469
Применение компьютерной графики . . . . .	470
Цветные карандаши . . . . .	470
Метод проб и ошибок (последовательных приближений) . . . . .	471
Идите на крайности . . . . .	471
Упорядоченная методика . . . . .	471
Ускорение гидродинамических расчетов на модели . . . . .	471
Подробные комментарии . . . . .	472
Проницаемость . . . . .	473
Направленная проницаемость . . . . .	474
Пористость . . . . .	475
Мощность пласта . . . . .	475
Коэффициенты насыщенности . . . . .	475

Капиллярное давление . . . . .	476
PVT данные . . . . .	477
Сжимаемость . . . . .	478
Вязкость . . . . .	479
Кривые относительной проницаемости . . . . .	479
Данные о заканчивании отдельных скважин . . . . .	480
Геостатистическое моделирование . . . . .	481
Выходные данные адаптации модели . . . . .	481
Неполадки и сбои в программе . . . . .	482
Навыки устранения проблем . . . . .	482
Трудноустраняемые ошибки . . . . .	483
Последнее слово о неполадках . . . . .	484
Заключение . . . . .	485
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>486</b>
<b>ГЛАВА 13. Прогнозы . . . . .</b>	<b>487</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>487</b>
Вариант 1, вариант 2, вариант 3 и т. д. . . . .	487
Настройка . . . . .	487
Забойное давление . . . . .	488
Оптимизация добычи . . . . .	488
Стратегия настройки . . . . .	489
Темпы падения . . . . .	489
Регистрация изменений в настройке . . . . .	489
Систематическая ошибка . . . . .	491
Прогнозные дебиты скважин . . . . .	491
Базовый вариант . . . . .	493
Оценка возможности уплотнения сетки скважин . . . . .	493
Вариант с максимальной плотностью . . . . .	493
Результаты варианта с максимальной плотностью . . . . .	494
Критерии отбора . . . . .	494
Презентация для руководства . . . . .	494
Осуществление заводнения . . . . .	495
Проверка других возможных схем . . . . .	496
Давление закачки . . . . .	497
Система граничных условий режимов работы скважин . . . . .	497
Ограничение коэффициента компенсации отбора . . . . .	497
Ограничения . . . . .	498
Контроль рециркуляции . . . . .	498
Иерархическая структура . . . . .	498
Относительная проницаемость для нагнетательных скважин . . . . .	501
Математическая реализация . . . . .	502
Сложности, вызванные граничными условиями режимов работы скважин . . . . .	502
Высотные отметки . . . . .	502
Заключение . . . . .	503
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>504</b>

<b>ГЛАВА 14. Организация работ</b> . . . . .	<b>505</b>
<b>Введение</b> . . . . .	<b>505</b>
<b>Отчеты</b> . . . . .	<b>506</b>
Обмен информацией . . . . .	506
Качество . . . . .	507
Отчет по оценке качества моделирования . . . . .	507
Подход . . . . .	508
Повышение квалификации . . . . .	509
Процесс написания . . . . .	509
Содержание . . . . .	510
Графические выходные данные . . . . .	511
Большой объем выходных данных . . . . .	511
Какие разделы выходных данных заслуживают доверия? . . . . .	511
Заключение . . . . .	512
<b>Подбор программы и оборудования для гидродинамического моделирования</b> . . . . .	<b>513</b>
Компании, выпускающие компьютерные программы . . . . .	513
Научно-исследовательские организации . . . . .	515
Интегрированные консультационные компании . . . . .	516
Собственное программное обеспечение . . . . .	517
Где найти другие источники программного обеспечения? . . . . .	518
Локальные источники . . . . .	518
Компьютерное оборудование, программное обеспечение и периферийные устройства . . . . .	518
Выходные данные . . . . .	519
Сравнение персональных компьютеров и рабочих станций . . . . .	519
Программирование в формате с плавающей запятой и в целочисленном формате . . . . .	520
Сравнение архитектур RISC и CISC . . . . .	520
Мультипроцессоры . . . . .	521
Экономическая эффективность . . . . .	521
Техническое обслуживание . . . . .	523
Изменение производительности . . . . .	524
Зависимость от вычислительных платформ . . . . .	524
Трудноразрешимые проблемы . . . . .	524
Особенности . . . . .	525
Графика . . . . .	526
Геостатистика . . . . .	526
Испытание . . . . .	527
Организационные вопросы . . . . .	527
Заключение . . . . .	528
<b>Управление процессом</b> . . . . .	<b>528</b>
Выбор консультанта . . . . .	529
Подготовка тендерных предложений . . . . .	529
Вы можете не выиграть, оставаясь в рамках бюджета . . . . .	530
Недостаток информации . . . . .	530

Тендерные предложения от совместных предприятий . . . . .	531
Контракты . . . . .	531
Стоимость контракта . . . . .	533
Реалистичная стоимость . . . . .	533
Реалистичные ожидаемые результаты . . . . .	534
Упор на общие и административные расходы . . . . .	534
Ошибки . . . . .	534
Консультационные услуги — это отношения . . . . .	535
Встречи с заказчиком . . . . .	536
Заклучение . . . . .	536
<b>Проблемные области гидродинамического моделирования . . . . .</b>	<b>536</b>
Закачка газа . . . . .	537
Гравитационное разделение фаз . . . . .	537
Неоднородность и слоистость . . . . .	538
Решение постоянно возникающих проблем . . . . .	538
Междустатная нефтяная координирующая комиссия (Interstate Oil Compact Commission (IOCC)) . . . . .	539
Управление по энергетике и коммунальному хозяйству (Alberta Energy and Utility Board (AEUB)) . . . . .	539
Другие источники практического опыта . . . . .	541
Заклучение . . . . .	542
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>542</b>

## Часть II. Избранное для специалистов

### ГЛАВА 15. Композиционное моделирование: газоконденсатные залежи

<b>и залежи летучей нефти . . . . .</b>	<b>545</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>545</b>
Цели . . . . .	545
Кубические уравнения состояния (УС) . . . . .	546
Многокомпонентные системы . . . . .	548
Другие уравнения состояния . . . . .	548
Пакет для расчета уравнений состояния . . . . .	549
Точность уравнения состояния . . . . .	549
Применимость для двухкомпонентных смесей . . . . .	550
Настройка уравнений состояния . . . . .	550
Экстраполяционная настройка по ограниченным данным . . . . .	552
Влияние непредельных и ароматических углеводородов . . . . .	555
Термическое восстановление сульфатов . . . . .	556
Ограничения газохроматографии . . . . .	558
Влияние содержания ароматических соединений . . . . .	558
Изменения состава при отборе проб . . . . .	559
Газоконденсатные залежи . . . . .	561
Представление PVT-свойств . . . . .	562
Относительная проницаемость по газоконденсату . . . . .	563
Последствия выпадения конденсата в призабойной зоне . . . . .	563
Взаимодействие фаз . . . . .	565

Традиционные методы расчетов для газоконденсатных систем . . . . .	568
Чувствительность к дебиту газа . . . . .	568
Неоднородность пласта . . . . .	571
Общие рекомендации по отбору проб . . . . .	571
Современные методы исследования газоконденсата . . . . .	572
Влияние пониженного межфазного натяжения (МФН) . . . . .	573
Чувствительность к относительной фазовой проницаемости . . . . .	573
Влияние турбулентности потока . . . . .	575
Аналитическое решение . . . . .	575
Вязкость конденсата . . . . .	577
Анализ неустановившихся режимов притока . . . . .	577
Нефтяные и газовые залежи в околокритическом состоянии . . . . .	579
Недостаток исторических данных . . . . .	580
Технологическое оборудование . . . . .	581
Случай из практики: залежь летучей нефти . . . . .	581
Образование конуса воды . . . . .	582
Карта залежи . . . . .	582
Режимы разработки . . . . .	583
Чувствительность к объемам добычи . . . . .	587
Анализ . . . . .	587
Результаты прогнозных расчетов . . . . .	590
Заключение . . . . .	590
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>594</b>
<b>ГЛАВА 16. Скважины с трещинами гидроразрыва и горизонтальные</b>	
<b>скважины . . . . .</b>	<b>596</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>596</b>
Необходимость прямого моделирования трещин ГРП . . . . .	596
Горизонтальные скважины . . . . .	597
Предполагаемые режимы притока к горизонтальным скважинам и к скважинам с трещинами гидроразрыва . . . . .	597
<b>Скважины с трещиной гидроразрыва . . . . .</b>	<b>597</b>
Варианты моделирования трещин гидроразрыва . . . . .	597
Сложности, возникающие при моделировании трещин гидроразрыва . . . . .	599
Локальное измельчение сетки . . . . .	599
Закачка при давлении выше давления гидроразрыва . . . . .	599
Свойства трещин . . . . .	600
Дизайн гидроразрыва пласта . . . . .	600
Отчеты о проведении гидроразрыва . . . . .	601
Фактические размеры трещин . . . . .	601
Построение сетки . . . . .	602
Значения относительной проницаемости . . . . .	602
Модификации решателей . . . . .	602
<b>Горизонтальные скважины . . . . .</b>	<b>603</b>
Сложности, характерные только для моделирования горизонтальных скважин . . . . .	603
Аналитические уравнения горизонтальных скважин . . . . .	603

Конечные перепады давления в скважинах . . . . .	604
Влияние выработки запасов . . . . .	605
Измельчение сетки горизонтальных скважин . . . . .	605
Ориентация . . . . .	606
Волнистость траекторий . . . . .	606
<b>Практические примеры . . . . .</b>	<b>606</b>
Подход . . . . .	606
Пример: месторождение Додсленд . . . . .	607
Литология . . . . .	608
Анализ кернa . . . . .	608
Профили добычи . . . . .	608
Длительный период разработки в режиме естественного истощения . . . . .	609
Проведение гидроразрывов . . . . .	610
Построение сетки . . . . .	611
Палеонапряжение . . . . .	611
Месторождения, разрабатываемые методом заводнения . . . . .	612
Свойства сетки . . . . .	612
Многослойные пласты . . . . .	612
Кривые относительной проницаемости по Хёрну . . . . .	613
Измельчение сетки . . . . .	613
Разработка в естественном режиме истощения . . . . .	614
Влияние плотности сетки скважин . . . . .	614
Прогнозы результатов заводнения . . . . .	617
Чувствительность к слоистости . . . . .	617
Изменение газового фактора . . . . .	619
Начало заводнения . . . . .	619
Влияние закачки под давлением выше давления гидроразрыва . . . . .	619
Точность моделей . . . . .	620
Заключение по моделированию . . . . .	620
Выводы по результатам изучения участка месторождения Додсленд . . . . .	621
Практический пример: Дип Бейсин (Deep Basin) в Альберте (Канада) . . . . .	621
Определение PVT-свойств . . . . .	622
Построение модели . . . . .	626
Моделирование гидродинамических исследований скважин . . . . .	627
Результаты прогнозов . . . . .	630
Особенности практического примера по скважине месторождения Дип-Бейсин . . . . .	631
Практический пример: глауконитовый канал . . . . .	631
Образование конуса воды и газа . . . . .	632
Заключение . . . . .	632
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>633</b>
<b>ГЛАВА 17. Передовые технологии . . . . .</b>	<b>634</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>634</b>
Обзор текущей ситуации . . . . .	635
Материал по классическим методам смешивающегося вытеснения . . . . .	635
Начальные условия . . . . .	636

Цели . . . . .	638
<b>Смешиваемость и минимальное давление смешиваемости . . . . .</b>	<b>643</b>
Подбор кандидатов . . . . .	643
Аналогичные проблемы при закачке в пласт газа . . . . .	643
Расчетные кривые . . . . .	644
Уравнение состояния . . . . .	644
Диаграммы состояния тройных систем . . . . .	644
Сравнение режимов вытеснения с конденсацией и испарением . . . . .	645
Исследования способности нефти растворять газ при давлении выше начального давления насыщения . . . . .	648
Азот . . . . .	649
Сероводород . . . . .	649
<b>Подбор размеров оторочки . . . . .</b>	<b>649</b>
Диффузия . . . . .	649
Образование вязких пальцев . . . . .	650
Модели нелетучей нефти . . . . .	650
Модели псевдосмешивающегося заводнения . . . . .	650
Методы Ковалья и Тодда–Лонгстаффа . . . . .	651
Определение параметров смешения . . . . .	652
Композиционная модель . . . . .	653
Комбинированное композиционное моделирование . . . . .	653
Трубка тока . . . . .	653
Подбор методики . . . . .	654
Неоднородности . . . . .	654
<b>Коэффициент охвата . . . . .</b>	<b>654</b>
Продвижение фронта . . . . .	654
Испытания на тонких трубках . . . . .	655
Композиционное моделирование и относительная проницаемость . . . . .	658
Влияние истории изменения насыщенности . . . . .	659
Гравитационное расслоение . . . . .	661
Гравитационное разделение фаз . . . . .	661
<b>Экономический анализ . . . . .</b>	<b>662</b>
Модели, детализированные с учетом интересов заказчика . . . . .	662
Оптимизация растворителей . . . . .	662
Государственное стимулирование . . . . .	662
Риски . . . . .	663
<b>Мониторинг и надзор . . . . .</b>	<b>663</b>
Составы . . . . .	663
Закачка . . . . .	664
Трассеры . . . . .	664
Мониторинг с учетом расстановки скважин . . . . .	665
Заключение . . . . .	665
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>666</b>
<b>ГЛАВА 18. Трещиноватые пласты . . . . .</b>	<b>669</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>669</b>



Двойная пористость . . . . .	670
Двойная проницаемость . . . . .	671
Вложенные сетки . . . . .	671
<b>Классическая теория разработки трещиноватых пластов . . . . .</b>	<b>671</b>
Анализ трещиноватых пластов . . . . .	672
Механизмы вытеснения в трещиноватых пластах . . . . .	672
Основа теории: модель двойной пористости . . . . .	673
Функции переноса в анализе ГДИ на неустановившихся режимах . . . . .	673
Подтверждение выводов Уоррена и Рута по результатам анализа КВД . . . . .	674
Сеть прерывистых трещин (по Стрельцовой) . . . . .	675
Параметрический анализ расстояния между трещинами . . . . .	675
Параметрический анализ разницы в коэффициентах проницаемости . . . . .	677
Обсуждение параметрических исследований . . . . .	677
Подробный параметрический анализ показателей разработки . . . . .	679
Влияние многофазного перетока . . . . .	679
Заводнение трещиноватых нефтяных пластов . . . . .	681
Фактические результаты . . . . .	681
Чувствительность подробной модели к резкому изменению проницаемости . . . . .	681
Ряд несоответствий, или почему этого никто не заметил? . . . . .	682
Работа Аронофски и др. . . . .	683
Анализ падения добычи . . . . .	683
Двойная проницаемость (Фанг и Коллинз) . . . . .	683
Влияние расположения ствола скважины и большое расстояние между трещинами . . . . .	684
Скважины, вскрывающие трещины (при большом расстоянии между трещинами) . . . . .	685
Сопоставление непрерывного и дискретного моделирования . . . . .	686
Большинство трещиноватых пластов можно описать одинарной пористостью . . . . .	688
Пример механизмов вытеснения в многофазном газоконденсатном месторождении . . . . .	688
Аналитический вывод многофазного перетока . . . . .	688
Кривые фазовых проницаемостей и модифицированного капиллярного давления . . . . .	689
Реалистичные геометрии сетки . . . . .	690
Модель Каземи . . . . .	690
Дискретные блоки . . . . .	691
Моделирование трещин . . . . .	693
<b>Решение проблем непротиворечивости моделей . . . . .</b>	<b>694</b>
Геологическое строение . . . . .	696
Типы моделей . . . . .	696
Детальная сетка и моделирование трещин . . . . .	697
Экспериментирование . . . . .	697
Основные функции переноса: однофазный флюид . . . . .	698
Капиллярное давление пропитки . . . . .	698
Свойства породы для трещин . . . . .	699
Функции переноса: многофазный флюид . . . . .	699

Сходимость результатов гидродинамических исследований скважин с результатами интерпретации . . . . .	700
<b>Модель автора: трещинно-линзовидный пласт . . . . .</b>	<b>701</b>
Литология . . . . .	701
Фотографии керна . . . . .	701
Картаж керна . . . . .	701
Стандартный анализ керна . . . . .	702
Пример стандартного анализа керна из центральной части предгорья Альберты . . . . .	703
Керн из других районов . . . . .	704
Вабамун (Д-1) . . . . .	706
Сканирование стенок скважин . . . . .	707
Влияние структурного фактора . . . . .	707
Влияние картины распространения трещин . . . . .	708
Описание классических систем трещиноватости . . . . .	710
Физическое разрушение породы . . . . .	710
Чувствительность проводимости трещин к напряжению . . . . .	712
Выводы для моделирования . . . . .	715
Тектоническая обстановка . . . . .	715
Промысловые геофизические исследования . . . . .	717
Трещинно-линзовидная модель . . . . .	718
Метод Монте-Карло . . . . .	718
Построение сетки . . . . .	719
Модель пласта линзовидного строения с выпадением конденсата . . . . .	720
Ограничения представленной интерпретации гидродинамических исследований скважин на неустановившихся режимах . . . . .	720
Профили добычи . . . . .	721
Газовые факторы . . . . .	721
Относительная проницаемость «островка» . . . . .	722
Кривые восстановления давления при наличии конденсата . . . . .	723
Выводы по результатам использования трещинно-линзовидной модели пласта . . . . .	723
Доломитизация . . . . .	724
Характерные кривые гидродинамических исследований скважин . . . . .	725
Разработка линзовидных залежей . . . . .	725
Однородный пласт . . . . .	726
Модель пласта линзовидного строения . . . . .	726
Концентрические системы . . . . .	727
Описание пласта . . . . .	727
Выводы . . . . .	729
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>731</b>
<b>ГЛАВА 19. Моделирование теплового воздействия на пласт . . . . .</b>	<b>735</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>735</b>
Уровень развития технологии . . . . .	737
<b>Краткое описание основных процессов . . . . .</b>	<b>737</b>
Разработка на режиме истощения . . . . .	737

Площадная закачка пара (SF), циклическая (CSS) и метод парогравитационного дренажа (SAGD) . . . . .	738
Подземная испытательная установка (ПИУ) . . . . .	740
Открытая информация . . . . .	741
<b>Отличительные особенности моделирования теплового воздействия</b>	
<b>на пласты</b> . . . . .	741
Постановка задачи . . . . .	741
Другие источники . . . . .	742
Свойства пара . . . . .	742
Потери тепла . . . . .	742
Теплопроводность . . . . .	743
Теплоемкость . . . . .	745
Энтальпия . . . . .	745
Скрытая теплота парообразования . . . . .	745
Растворенный газ . . . . .	746
Равновесное соотношение фаз . . . . .	746
Зависимость вязкости от температуры . . . . .	747
Вязкость при повышенной температуре . . . . .	747
Вязкость, полученная по промышленным данным . . . . .	748
Измерения вязкости образцов . . . . .	749
Окисление . . . . .	749
Нагревание на начальном этапе SAGD . . . . .	750
Ограничение режимов работы скважин при применении технологии SAGD путем поддержания температуры ниже температуры конденсации . . . . .	751
Проницаемость . . . . .	751
Лабораторный анализ песчаников, насыщенных тяжелой нефтью . . . . .	757
Определение коэффициентов насыщенности по данным ГИС и увязка с керном . . . . .	759
Проницаемость по воздуху . . . . .	762
Фазовая проницаемость по жидкости . . . . .	763
Влияние геомеханических факторов . . . . .	765
Литература по геомеханике . . . . .	765
Геомеханические характеристики пласта . . . . .	770
Эксперимент с пачкой кофе (всестороннее сжатие горным давлением) . . . . .	770
Эффективное напряжение горных пород . . . . .	770
Механика грунтов . . . . .	771
Сцепление зерен песчаника . . . . .	771
Испытание материалов . . . . .	772
Дренажные и недренажные испытания . . . . .	772
Типичное поведение образцов при испытаниях . . . . .	773
Расширение . . . . .	774
Диаграмма предельного состояния . . . . .	774
Иная форма представления диаграммы предельного состояния . . . . .	774
Построение траектории напряжений . . . . .	775
Определяющие уравнения для песчаников . . . . .	776
Относительная фазовая проницаемость . . . . .	777
Необходимость точных данных по относительной проницаемости . . . . .	779

Относительная проницаемость для трехфазного потока . . . . .	780
Моделирование в лабораторных условиях . . . . .	781
Важность данных по относительной проницаемости . . . . .	782
Имеющиеся данные по относительной проницаемости . . . . .	784
Испытание керна из Хенгингстоуна по закачке пара . . . . .	789
Коэффициент извлечения нефти по результатам специального испытания кернa с Хенгингстоуна по закачке горячей воды и пара . . . . .	791
Детальный анализ коэффициента извлечения нефти . . . . .	792
Адаптация кривых относительной проницаемости . . . . .	793
Подбор кривых относительной фазовой проницаемости . . . . .	794
Определение конечной точки на кривых относительных фазовых проница- емостей: водонасыщенность связанной водой . . . . .	795
Определение конечной точки на кривых относительных фазовых проница- емостей: остаточная нефтенасыщенность . . . . .	795
Относительные фазовые проницаемости для системы «пар-вода» и капил- лярное давление . . . . .	797
Геомеханические явления в аргиллитах . . . . .	797
<b>Численные трудности при гидродинамическом моделировании теп- лового воздействия . . . . .</b>	<b>798</b>
Требования к ячейкам сетки . . . . .	798
Девятиточечные разностные схемы расчета . . . . .	798
Погрешность в расчетах материального баланса . . . . .	799
Увеличение продолжительности расчетов . . . . .	803
Неустойчивости при моделировании паронагнетательных скважин . . . . .	803
Противопоток . . . . .	804
Фазовые превращения . . . . .	805
Теплоемкость и теплопроводность . . . . .	805
Отслаивание . . . . .	806
<b>Подробное описание технологии SAGD . . . . .</b>	<b>806</b>
Механизм продвижения фронта закачиваемого пара . . . . .	806
Конвекция . . . . .	807
Режимы эксплуатации скважин . . . . .	811
Растворенный газ . . . . .	813
Поток вспененной нефти . . . . .	814
Тепловое расширение коллектора . . . . .	814
Сдвиговые деформации . . . . .	815
Необходимые изменения проницаемости . . . . .	815
Гидроразрыв пласта . . . . .	819
<b>Типичные проблемы на месторождениях битуминозной нефти . . . . .</b>	<b>821</b>
Определение свойств пластов . . . . .	821
Русловые обстановки осадконакопления . . . . .	821
Геостатистика . . . . .	822
Прерывистые барьеры в SAGD . . . . .	824
Лабораторные исследования влияния размера нарушений в аргиллитах на эффективность применения технологии SAGD . . . . .	825
Гидродинамическое моделирование ПИУ и Хенгингстоуна . . . . .	826
Глины Керн Ривер . . . . .	828

Свойства глинистых сланцев . . . . .	830
Слоистость . . . . .	832
Пласты с переслаиванием . . . . .	833
Форма паровой камеры при SAGD . . . . .	833
Отслеживание процесса формирования паровой камеры . . . . .	835
Вышележащие и нижележащие водонасыщенные горизонты . . . . .	836
Вышележащие и нижележащие газонасыщенные горизонты . . . . .	836
Влияние зон поглощения . . . . .	837
Зоны поглощения . . . . .	837
Потери в зонах поглощения в масштабах месторождения . . . . .	838
<b>Проблемы проектирования SAGD . . . . .</b>	<b>839</b>
Критерии оценки эффективности . . . . .	839
Длина скважин . . . . .	839
Расстояние между скважинами по горизонтали . . . . .	840
Расстояние по вертикали между добывающей и нагнетательной скважинами . . . . .	841
Стадия предварительного прогрева . . . . .	841
Механизованная добыча . . . . .	843
Геомеханические эффекты . . . . .	847
Механические напряжения в пласте . . . . .	847
Прочность пластовых пород . . . . .	847
Модель разрушения коллектора и изменение проницаемости . . . . .	849
Гидродинамическое моделирование и геомеханика . . . . .	851
Пример результатов, полученных с учетом геомеханики . . . . .	853
Геомеханические эффекты при различных режимах эксплуатации . . . . .	855
Измерительные комплексы для SAGD . . . . .	856
Поверхностное обустройство при применении технологии SAGD . . . . .	858
Оптимизация SAGD . . . . .	859
<b>Перспективы разработки технологии SAGD . . . . .</b>	<b>860</b>
Совместная закачка . . . . .	860
Альтернативы технологии SAGD . . . . .	860
Краткие выводы . . . . .	861
<b>Цитируемые источники . . . . .</b>	<b>862</b>
<b>ГЛАВА 20. Подборки задач . . . . .</b>	<b>870</b>
<b>Введение . . . . .</b>	<b>870</b>
<b>Задачи по построению сетки . . . . .</b>	<b>870</b>
Элемент симметрии . . . . .	871
Необходимые изменения данных . . . . .	872
Анализ . . . . .	872
<b>Подборка задач по конусообразованию . . . . .</b>	<b>872</b>
Технологические ограничения . . . . .	872
Описание условий . . . . .	872
Методика анализа . . . . .	873
Применяемая сетка . . . . .	873
Результаты расчетов . . . . .	874
Анализ проблемы конусообразования . . . . .	874

<b>Подборка задач по изучению разреза</b> . . . . .	874
Схема исследований . . . . .	875
Анализ разреза пласта . . . . .	876
<b>Подборка площадных задач</b> . . . . .	879
Суть задания . . . . .	881
Финансовая сторона . . . . .	881
Геологическая модель . . . . .	881
Продажа земельных участков . . . . .	881
Затраты на бурение и заканчивание скважин . . . . .	883
Требования к точкам заложения и эксплуатации скважин . . . . .	883
Риски покупателя . . . . .	884
Технические данные по пласту . . . . .	885
Результаты скважинных исследований (конфиденциальность) . . . . .	885
Анализ геологического строения . . . . .	885
Процедура . . . . .	887
<b>Послесловие</b> . . . . .	887
Методология развития . . . . .	888
Непрерывное развитие инженера . . . . .	888
Контакты . . . . .	888
Вывод . . . . .	889
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Образцы сернистой нефти</b> . . . . .	890
<b>Введение</b> . . . . .	890
Отбор поверхностных проб — рекомбинирование . . . . .	890
Хранение сернистого газа . . . . .	891
Влияние контейнеров . . . . .	892
Химические свойства серы . . . . .	892
Химическое равновесие . . . . .	893
Применяемые смески для хранения образцов . . . . .	894
Растворимость серы . . . . .	894
Возможное воздействие паров серы . . . . .	895
Инертные пробоотборники . . . . .	895
Сложные фазовые превращения . . . . .	896
<b>Цитируемые источники</b> . . . . .	897
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В. Процедура проверки проекта</b> . . . . .	898
<b>Введение</b> . . . . .	898
Примеры из реальной практики . . . . .	898
<b>Проведение проверок на достоверность</b> . . . . .	899
Выполнение простых численных проверок . . . . .	899
Построение совмещенного графика адаптации и основных прогнозных показателей . . . . .	900
<b>Определение задач моделирования</b> . . . . .	902
Основные цели и задачи . . . . .	902
<b>Выбор метода гидродинамического моделирования</b> . . . . .	902
Учет индивидуальных особенностей . . . . .	902
Проверка физичности описания фильтрации в пласте при заданной сетке . . . . .	904

Проверка задания скважин в модели . . . . .	905
Проверка слоистости (неоднородности) при моделировании МУН . . . . .	905
Проверка детальности и актуальности геологической модели . . . . .	906
Проверка правильности инициализации . . . . .	907
Проверка методики адаптации модели и вносимых изменений . . . . .	907
Анализ чувствительности модели . . . . .	907
Проверка на непротиворечивость прогнозных данных . . . . .	907
<b>Моделирование полного цикла разработки пласта . . . . .</b>	<b>908</b>
Проверка первичной подготовки данных . . . . .	908
Графики по адаптации модели . . . . .	909
Просмотр выходных данных . . . . .	910
Выводы . . . . .	911
<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>913</b>