

СОДЕРЖАНИЕ

Об авторе	XVI
Предисловие	XVII
Вступление	1
Глава 1. ПРИРОДА НЕФТИ И ГАЗА	14
Нефть	14
Химический состав	14
Сырая нефть	15
Молекулы углеводородов	15
Плотность в градусах API	18
Сера	18
Эталонная сырая нефть	19
Температура застывания	19
Свойства	20
Нефтяные потоки	21
Система мер	21
Нефтепереработка	22
Природный газ	25
Состав	25
Залегание	26
Газоконденсат	28
Система мер	28
Углеводороды коллектора	29

Глава 2. ЗЕМНАЯ КОРА — ЧТО ЭТО ТАКОЕ	31
Горные породы и минералы	31
Типы горных пород	32
Магматические породы	32
Осадочные породы	33
Метаморфические породы	38
Структура земной коры	39
Глава 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ГОРНЫХ ПОРОД И МИНЕРАЛОВ	43
Определение минералов	43
Минералы	45
Определение горных пород	46
Горные породы	47
Магматические породы	47
Метаморфические породы	48
Осадочные породы	48
Глава 4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ	51
Радиоизотопный метод определения геологического возраста	51
Определение относительного возраста	54
Ископаемые остатки (окаменелости)	55
Микроископаемые	58
Геохронологическая шкала	61
История Земли	61
Глава 5. ДЕФОРМАЦИИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД	66
Выветривание, эрозия и несогласия	66
Антиклинали и синклинали	72

Купола	76
Гомоклинали	77
Разломы	78
Трещины	78
Сбросы	78
Глава 6. ПЕСЧАНИКИ КАК ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ	91
Дюнные песчаники	91
Прибрежные песчаники	93
Речные песчаники	97
Песчаники речных дельт	102
Глава 7. КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ	109
Рифы	109
Известняковые платформы	116
Закарстованный известняк	118
Мел	121
Доломит	121
Глава 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД	126
Образование прогибов	126
Фации осадочных пород	131
Подземные слои пород	135
Глава 9. КАРТИРОВАНИЕ	138
Топографические карты	138
Геологические карты	140
Основные карты	144

Карты подповерхностного рельефа	144
Структурные карты	144
Карты изопахит	146
Карты относительных мощностей	149
Глава 10. ОКЕАНИЧЕСКАЯ СРЕДА И ТЕКТОНИКА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ	150
Топография океана	150
Мелководье	150
Глубоководные участки	157
Океанические отложения	158
Внутреннее строение земной коры	158
Дрейф континентов	159
Спрединг океанического дна	159
Тектоника литосферных плит	164
Авлакогеновые прогибы	167
Нефтяные месторождения Ближнего Востока	170
Глава 11. МАТЕРИНСКИЕ ПОРОДЫ. ВОЗНИКНОВЕНИЕ, МИГРАЦИЯ, НАКОПЛЕНИЕ НЕФТИ И ГАЗА	173
Материнские породы	173
Образование	174
Миграция	177
Накопление	179
Возраст	180
Породы-коллекторы	181
Насыщенность	190
Битуминозные пески	192
Глава 12. НЕФТЯНЫЕ ЛОВУШКИ	194
Описание	194

Структурные ловушки	196
Антиклинали и купола	196
Конседиментационные сбросы и «перекатывающиеся» антиклинали	200
Складки волочения	206
Стратиграфические ловушки	211
Вторичные стратиграфические ловушки — угловые несогласия	211
Первичные стратиграфические ловушки	214
Комбинированные ловушки	218
Размытые (эродированные) антиклинали	218
Соляные купола	222

**Глава 13. НЕФТЕПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ:
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
И ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ**

Выходы нефти и газа	228
Геологические методы	231
Корреляция	235
Геохимические методы	241
Нефтеносные комплексы и пласты	242

**Глава 14. НЕФТЕПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ:
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Гравиметрическая разведка и магниторазведка	245
Сейсморазведка	249
Сбор данных	249
Регистрация данных	258
Интерпретация данных	260
Обработка данных	265
Преобразование временного разреза в глубинный	268

Зависимость амплитуды от удаления	268
Трехмерная сейсморазведка	269
Четырехмерная и четырехкомпонентная сейсморазведка	272
Глава 15. ПОДГОТОВКА К БУРЕНИЮ	274
Долгосрочная аренда территории	274
Международные контракты	277
Полномочия на расходы	278
Договоры о бурении	280
Соглашения о сотрудничестве и поддержке	281
Подготовка буровой площадки	281
Типы скважин	284
Государственное регулирование	286
Установки канатного бурения	287
Глава 16. ТЕХНИКА БУРЕНИЯ СКВАЖИН	290
Энергоснабжение	290
Спуско-подъемная система	291
Система вращения	297
Система циркуляции	309
Проведение буровых работ	318
Глава 17. ОСЛОЖНЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ БУРЕНИИ	321
Риск	321
Глубинные условия	321
Проблемы, возникающие непосредственно при бурении	323
Ловильные работы	323
Прихваченная бурильная труба	326

Осыпавшийся сланец	328
Поглощение бурового раствора	328
Повреждение продуктивного пласта	329
Коррозионно-агрессивные газы	330
Аномально высокое давление	330
Глава 18. ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ	335
Прямая вертикальная скважина	335
Наклонно-направленное бурение	336
Бурение с очисткой забоя воздухом и с промывкой пенообразным материалом	345
Глава 19. ОПРОБОВАНИЕ СКВАЖИНЫ	347
Анализ проб (литологический анализ)	347
Диаграмма скорости проходки	352
Анализ бурового раствора	353
Кабельный каротаж	355
Электрический каротаж	361
Индукционный и трехэлектродный боковой каротаж	367
Гамма-каротаж	369
Каротаж по радиоактивности	370
Газовый эффект	373
Кавернограммы	375
Акустический каротаж по скорости	376
Наклонометрия (измерение наклона пласта)	379
Ядерно-магнитный каротаж	381
Каротаж изображения ствола скважины	382
Компьютерный каротаж	382
Измерения и каротажные работы в процессе бурения	384
Опробование пласта	385
Опробователь пластов многократного действия	387

Глава 20. ЗАКАНЧИВАНИЕ СКВАЖИНЫ	388
Обсадная колонна	388
Заканчивание забоя скважины	398
Насосно-компрессорная колонна	401
Оборудование устья скважины	404
Штуцеры	405
Наземное оборудование	406
Заканчивание скважины для разработки нескольких продуктивных пластов	417
«Интеллектуальные» скважины	419
Глава 21. ПРОМЫСЛОВАЯ ОБРАБОТКА И ХРАНЕНИЕ	420
Выкидная линия	420
Сепараторы	422
Подготовка и обработка газа	427
Хранение и измерение	430
Глава 22. БУРЕНИЕ И ЗАКАНЧИВАНИЕ СКВАЖИН В МОРЕ	436
Предварительные замечания	436
Верхний привод	437
Бригады, работающие на установках морского бурения	439
Разведочное бурение	441
Начало бурения морской разведочной скважины	445
Эксплуатационное бурение и добыча	447
Подводные работы	452
Донное заканчивание и подводные скважины	453
Нестабильность морского дна	455

Глава 23. КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ СКВАЖИН	456
Оборудование	456
Вторжение в морские скважины	461
Подготовка скважины	462
Проблемы, возникающие в скважинах	462
Очистка скважины от песка	462
Чистка скважины	463
Подъем насосных штанг	464
Извлечение и ремонт насосно-компрессорной колонны	464
Ремонт забойного насоса	465
Ремонт обсадной колонны	465
Вторичное цементирование	466
Свабирование скважины	467
Замена газлифтных клапанов	468
Замена пакеров	469
Повторное заканчивание скважины	469
Глава 24. МЕХАНИКА ПЛАСТА	470
Режимы вытеснения нефти из пласта коллектора	470
Режимы нефтяных коллекторов	470
Режимы газовых коллекторов	478
Максимальная эффективная норма отбора	478
Глава 25. ДОБЫЧА НЕФТИ	479
Давление в скважине и в коллекторе	479
Опробование скважины	480
Каротаж в обсаженной скважине	483
Геофизические исследования	483
Кривые истощения пласта	485
Неработающие пласты и конусы обводнения	487
Рециркуляция газа	488

Интенсификация притока флюидов в скважину	489
Кислотная обработка	489
Разрушение пород взрывом	490
Гидроразрыв пласта	490
Утилизация рассолов и газа, растворенного в нефти коллектора	494
Оседание поверхности	496
Коррозия	497
Эксплуатационное картографирование	498
Простаивающий газ	498
Глава 26. ЗАПАСЫ	500
Кoeffициент отдачи	500
Кoeffициент усадки и объемный коэффициент пласта	500
Вычисление объема запасов	503
Балансовые запасы нефти	503
Балансовые запасы газа	504
Метод материального баланса	507
Типы балансовых запасов	507
Глава 27. УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ МЕТОДЫ ДОБЫЧИ НЕФТИ	509
Заводнение	509
Добыча нефти вторичными методами	513
Вытеснение нефти смешивающейся с ней газовой фазой	513
Нагнетание в пласт растворов химических реагентов	514
Термическое повышение нефтеотдачи	516
Эффективность	519
Централизованная эксплуатация месторождения	520
Тампонирование и ликвидация скважины	520

ПРИЛОЖЕНИЯ	523
Словарь терминов	525
Знаменательные даты развития нефтедобывающей промышленности	654
Библиография	658
Указатель географических названий	663
Указатель названий бассейнов, формаций, горных пород, месторождений	668
Указатель компаний и организаций	674
Именной указатель	674
Предметный указатель	675
Единицы измерения	715
Список сокращений	719

ПРИРОДА НЕФТИ И ГАЗА

Нефть

Слово «нефть» (от англ. *petroleum*) происходит от греческого *petro*, что значит «камень», и *oleum* — «масло». В более узком смысле термин *petroleum* относится к сырой нефти, однако на практике его используют для обозначения как сырой нефти, так и природного газа.

Химический состав

Массовые доли химических элементов для обычной сырой нефти и для природного газа показаны в таблице 1.1. Два наиболее важных элемента как в сырой нефти, так и в природном газе — углерод и водород. Поэтому сырая нефть и природный газ называются *углеводородами*.

Различие между сырой нефтью и природным газом — в размерах молекул углеводородов. При обычных температуре и давлении на поверхности земли любой углеводород, молекула которого содержит один, два, три или четыре атома углерода, существует в виде газа. Природный газ представляет собой смесь четырех «коротких» углеводородов. Если молекула углеводорода содержит пять и более атомов углерода, то он находится в жидком состоянии. Сырая нефть является смесью более 100 видов углеводородов различной длины, включающих от 5 до 60 атомов углерода. Молекулы углеводородов нефти представляют собой прямые и разветвленные цепи, а также циклы.

Таблица 1.1. Химический состав обычной сырой нефти и природного газа

Состав	Сырая нефть, %	Природный газ, %
Углерод	84—87	65—80
Водород	11—14	1—25
Сера	0,06—2	0—0,2
Азот	0,1—2	1—15
Кислород	0,1—2	0

Источник: Levorsen A. I., 1967.

Сырая нефть

Молекулы углеводородов

Во всех типах сырой нефти встречается четыре вида молекул, относящихся к различным *рядам углеводородов*. Относительное содержание молекул каждого ряда различается и влияет на химические и физические свойства данного типа нефти. Ряды углеводородов — это парафины (алканы), нафтены, ароматические углеводороды и битум. Углеводороды, в которых атомы углерода соединены одинарной связью, называются *предельными*. Если же молекула содержит одну и более двойные связи, то этот углеводород — *непредельный*.

Молекула, относящаяся к ряду *алканов (парафинов)*, представляет собой прямую цепь атомов углерода с одинарными связями между ними (см. рис. 1.1). Общая формула для алканов — C_nH_{2n+2} . Каждая молекула состоит из пяти и более атомов углерода. Если же молекула алкана содержит более 18 атомов углерода, то вещество находится в твердом состоянии (*твердый парафин*) и образует *парафинистую нефть*.

Нафтенy относятся к ряду циклоалканов (циклопарафинов) и представляют собой замкнутые циклы с насыщенными связями между атомами углерода (см. рис. 1.2). Общая формула нафтенов — C_nH_{2n} . Каждая молекула также состоит из пяти и более атомов углерода. В нефти с высоким содержанием нафтенов обычно также находится большое количество битума, что снижает ее стоимость.

Ароматические молекулы, например бензола, представляют собой замкнутые циклы, в которых части связей между атомами углерода являются непредельными (двойными) (см. рис. 1.3). Общая формула ароматических углеводородов — C_nH_{2n-6} , каждая молекула содержит не менее шести атомов углерода. На нефтеперерабатывающем заводе из сырой нефти с высоким содержанием ароматики получают бензин с наибольшим октановым числом, она является ценным сырьем

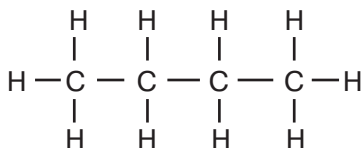


Рисунок 1.1
Молекула алкана

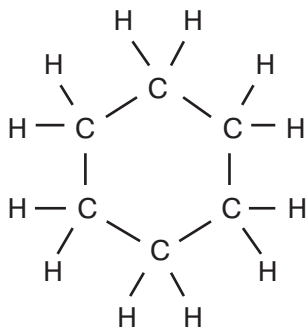


Рисунок 1.2
Молекула нафтена

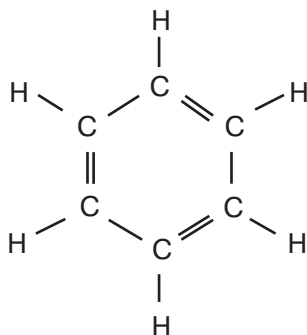


Рисунок 1.3
Ароматическая молекула