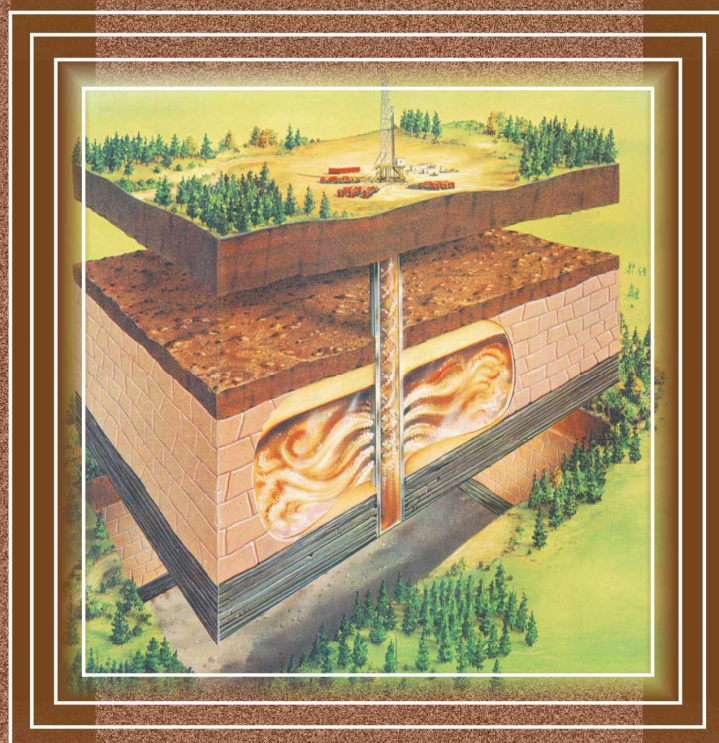


А.И. Булатов, Е.Б. Просёлков

**ПРАКТИКУМ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ФИЗИКА НЕФТЯНОГО  
И ГАЗОВОГО ПЛАСТА»**



А.И. Булатов, Е.Б. Просёлков

**ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ФИЗИКА НЕФТЯНОГО И ГАЗОВОГО ПЛАСТА»**

**Булатов А.И., Просёлков Е.Б.**

**ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ФИЗИКА НЕФТЯНОГО И ГАЗОВОГО ПЛАСТА»**

**Учебное пособие**

для студентов специальностей

130501 «Проектирование и сооружение нефтегазопроводов и подземных хранилищ», 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», 130504 «Бурение нефтяных и газовых скважин»

Краснодар  
2011

УДК 550.311

ББК 26.21

Б 90

*Рецензенты:*

**Г.Т. Вартумян**, доктор технических наук,  
профессор кафедры НПП КУБГТУ;

**В.Г. Гераськин**, доктор технических наук,  
директор НТЦ «Кубаньгазпром»

**Булатов, Анатолий Иванович.**

Б 90      Практикум по дисциплине «Физика нефтяного и газового пласта»: учеб. пособие для студентов специальностей 130501 «Проектирование и сооружение нефтегазопроводов и подземных хранилищ», 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», 130504 «Бурение нефтяных и газовых скважин» / А.И. Булатов, Е.Б. Просёлков; ФГБОУ ВПО Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2011. – 292 с.

ISBN 978-5-91718-135-6

Приведены все *стандартные* методы определения физико-механических свойств горных пород, коллекторов нефти и газа, свойств пластовых флюидов, а также *некоторые из нестандартных*, применяемые в лабораторной практике и научно-исследовательских работах. В разделе «Практические задачи» приведены примеры решения практических задач.

Рекомендуется студентам и магистрантам, обучающимся по направлению «Нефтегазовое дело», аспирантам и преподавателям нефтяных вузов и факультетов, научным работникам и инженерам, работающим в нефтегазовой отрасли.

*Утверждено редакционно-издательским советом КубГТУ в качестве учебного пособия для студентов специальности 130501 «Проектирование и сооружение нефтегазопроводов и подземных хранилищ», 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», 130504 «Бурение нефтяных и газовых скважин».*

Ил. 119; Табл. 83; Библиогр.: 12 назв.

ББК 26.21  
УДК 550.311

ISBN 978-5-91718-135-6

© А.И. Булатов, 2011

© Е.Б. Просёлков, 2011

© ООО «Издательский Дом –

## Содержание

<b>Предисловие</b> .....	8
<b>1 Сведения по математической статистике и теории планирования эксперимента</b> .....	9
1.1 Обработка результатов наблюдений .....	9
1.2 Графическая обработка результатов наблюдений .....	21
1.3 Наблюдение, группировка данных и параметры законов распределения .....	24
<b>2 Исследование физико-механических свойств горных пород</b> .....	30
2.1 Общие положения .....	30
2.2 Отбор, подготовка и исследование кернов.....	31
2.2.1 Отбор, описание и упаковка кернов .....	31
2.2.2 Порядок исследования кернов .....	33
2.3 Освобождения образцов породы от содержащихся в них жидкостей (нефти, воды), оценка весового содержания жидкостей в породе, подготовка породы к определению ее физических свойств .....	34
2.3.1 Описание и работа аппарата Сокслета .....	34
2.3.2 Определение содержания воды в керне аппаратом Дина и Старка .....	36
2.3.3 Определение коэффициента нефтенасыщенности кернов .....	37
2.3.4 Определение коэффициента водонасыщенности кернов .....	39
2.3.5 Определение водо- и нефтенасыщенности кернов в аппарате Закса ЛП-4 .....	40
2.3.6 Определение коэффициента газонасыщенности кернов .....	42
2.4 Определение нефтеотдачи кернов.....	42
2.4.1 Определение нефтеотдачи кернов при вытеснении нефти газом .....	42
2.4.2 Определение нефтеотдачи кернов при вытеснении нефти водой .....	43
2.5 Механические и абразивные свойства горных пород .....	44
2.5.1 Методика определения механических свойств горных пород вдавливанием штампа .....	49
2.5.2 Влияние всестороннего давления, температуры и водонасыщения на некоторые свойства горных пород .....	59
2.5.3 Определение предела прочности горных пород на сжатие (растяжение) .....	60
2.5.4 Определение твердости горных пород в условиях всестороннего сжатия методом вдавливания	

цилиндрических штампов .....	61
2.5.5 Установка по исследованию деформаций горных пород в условиях всестороннего давления до 100 МПа .....	65
2.5.6 Лабораторная установка по исследованию деформаций горных пород на стенках скважины (СИУМС-1) .....	66
2.5.7 Исследование процесса релаксации напряжений в глинистых породах.....	71
2.6 Методы определения величин пластовых давлений по кернам .....	72
2.6.1 Высокопористые проницаемые породы .....	72
2.6.2 Низкопористые слабопроницаемые породы .....	74
<b>3 Исследование коллекторов нефти и газа .....</b>	<b>80</b>
3.1 Общие положения .....	80
3.2 Определение пористости горных пород .....	87
3.3 Определение проницаемости горных пород .....	88
3.3.1 Определение абсолютной проницаемости воздухом (газом) ....	88
3.3.2 Методика определения проницаемости .....	92
3.3.3 Определение водопроницаемости экстрагированных кернов без противодействия на выкиде .....	95
3.3.4 Определение проницаемости горных пород в условиях, приближенных к пластовым .....	100
3.4 Определение гранулометрического состава сыпучих материалов и кернов горных пород .....	108
3.4.1 Методика ситового анализа рыхлых и слабосцементированных пород.....	110
3.4.2 Седиментационные методы определения гранулометрического состава горных пород .....	111
3.4.2.1 Метод Сабанина .....	111
3.4.3 Седиментометрический анализ пипеточным методом для определения глинистых составляющих пород .....	114
3.4.4 Метод Авдусина и Батурина .....	117
3.5 Методы определения удельной поверхности пористых тел .....	120
3.6 Определение карбонатности пород .....	124
3.7 Определение содержания хлоридов в кернах .....	128
3.8 Изменение проницаемости нефтегазонасыщенных пород при их вскрытии бурением .....	130
3.8.1 Исследование пропускной способности фильтрационных корок (по В.М. Подгорнову) .....	130
3.9 Изучение влияния фильтратов буровых растворов на нефтепроницаемость породы (по В.М. Подгорнову) .....	134
<b>4 Исследование пластовых флюидов .....</b>	<b>143</b>
4.1 Определение основных физических свойств пластовых вод .....	143
4.1.1 Определение количества остаточной (связной) воды	

в нефтяных пластах .....	145
4.2 Определение плотности жидкостей при атмосферном давлении .....	145
4.2.1 Определение плотности ареометром .....	145
4.2.2 Определение плотности весами Мора-Вестфаля .....	147
4.2.3 Пикнометрический метод определения плотности .....	149
4.3 Определение вязкостей жидкостей .....	150
4.3.1 Определение условной вязкости нефти вискозиметром Энглера .....	150
4.3.2 Определение кинематической вязкости .....	152
4.4 Определение поверхностного натяжения .....	155
4.4.1 Метод взвешивания и счета капель .....	156
4.4.2 Метод отрыва кольца .....	158
4.4.3 Определение поверхностного натяжения тензиометром ГИНИ .....	160
4.5 Избирательное смачивание и определение краевого угла смачивания .....	161
4.5.1 Определение высоты подъема жидкости в капиллярной трубке .....	165
4.5.2 О кинетике движения жидкости по вертикальной капиллярной трубке под действием сил поверхностного натяжения .....	168
4.5.3 Определение высоты капиллярного поднятия нефти в пористой среде .....	172
4.6 Определение количества воды и включений нефти и деэмульсация методом центрифугирования .....	176
4.7 Определение физико-химических свойств парафинов .....	179
4.7.1 Температура плавления парафинов .....	179
4.7.2 Механическая прочность парафиновых отложений .....	193
<b>5 Практические задачи .....</b>	<b>201</b>
5.1 Практическая задача № 1. Свойства нефти в пластовых условиях .....	201
Типовые задачи .....	201
5.1.1 Определение давления насыщения нефти газом .....	201
5.1.2 Определение объемного коэффициента нефти в пластовых условиях .....	201
5.1.3 Определение плотности нефти в пластовых условиях .....	202
5.1.4 Определение усадки нефти в пластовых условиях .....	202
5.1.5 Определение вязкости нефти в пластовых условиях .....	202
5.2 Практическая задача № 2. Сжимаемость нефти .....	204
5.3 Практическая задача № 3. Определение по компонентному составу физико-химических свойств газа (часть 1) .....	206
5.3.1 Определение плотности сухого газа	

при нормальных условиях.....	206
5.3.2 Определение относительной плотности газа по воздуху .....	207
5.3.3 Определение критических и приведенных параметров газа .....	207
5.3.4 Пример расчета плотности сухого газа при нормальных условиях, относительной плотности газа по воздуху, критических и приведенных параметров газ .....	209
5.4 Практическая задача № 4. Определение по компонентному составу физико-химических свойств газа (часть 2) .....	212
5.4.1 Определение коэффициента сверхсжимаемости природного газа при содержании в его составе тяжелых углеводородов и неуглеводородных компонентов меньше 1 % .....	212
5.4.2 Определение коэффициента сверхсжимаемости природного газа при содержании в его составе тяжелых углеводородов и неуглеводородных компонентов больше 10 % .....	212
5.4.3 Определение вязкости природного газа при атмосферном давлении и заданной температуре .....	214
5.4.4 Определение вязкости природного газа при заданном давлении .....	215
5.4.5 Пример расчета сверхсжимаемости и вязкости природного газа .....	216
5.5 Практическая задача № 5. Определение по компонентному составу показателей физико-химических свойств газа (часть 3) .....	217
5.5.1 Определение плотности сухого газа при заданных давлении и температуре .....	217
5.5.2 Определение влажности природного газа .....	217
5.5.3 Определение плотности влажного газа при заданных давлении и температуре .....	219
5.5.4 Определение плотности газа в газоконденсатных скважинах .....	219
5.6 Практическая задача № 6. Обработка результатов гидродинамических исследований скважин при неустановившемся режиме фильтрации методом восстановления давления .....	222
5.6.1 Порядок расчета параметров пласта по КВД, записанной после продолжительной отработки скважины .....	223
5.6.2 Пример расчета параметров пласта по КВД, записанной после продолжительной отработки скважины .....	225
5.6.3 Порядок расчета параметров пласта по КВД, записанной после кратковременной обработки скважины .....	227
5.6.4 Пример расчета параметров пласта по КВД, записанной после кратковременной отработки скважины .....	229

5.7	Практическая задача № 7. Расчет параметров пласта по КП, (кривой давления при притоке) записанной после давления скачка депрессии на пласт .....	231
5.8	Практическая задача № 8. Проектирование технологии гидроразрыва пласта .....	236
<b>Приложения</b> .....		239
Приложение № 1. Соотношение между единицами разных систем .....		241
Приложение № 2. Физико-химические свойства алканов. Физико-химические свойства неуглеводородных газов .....		245
Приложение № 3. Коэффициенты сжимаемости газов.....		248
Приложение № 4. Растворимость природного газа в воде .....		250
Приложение № 5. Зависимости изменения плотности от температуры, давления .....		251
Приложение № 6. Давления насыщенных паров .....		252
Приложение № 7. Упругости паров углеводородов .....		253
Приложение № 8. Таблицы констант фазового равновесия углеводородов при давлении схождения 68,95 МПа .....		255
Приложение № 9. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева .....		261
Приложение № 10. Зависимость объемного коэффициента пластовой воды от давления и температуры .....		262
Приложение № 11. Номограммы для расчета параметров нефти .....		263
Приложение № 12. Парадоксы от А.Х. Мирзаджанзаде (в оригинале. А.Х. Мирзаджанзаде «Парадоксы нефтяной физики». Баку. Азербайджанское государственное издательство. 1981) .....		266
<b>Список литературы</b> .....		290