

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л. Н. Коновалова, Л. М. Зиновьева, Т. К. Гукасян

# **ФИЗИКА ПЛАСТА**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Направление подготовки 21.03.01 – Нефтегазовое дело  
Профили подготовки: «Эксплуатация и обслуживание объектов  
добычи нефти», «Сооружение и ремонт объектов систем  
трубопроводного транспорта», «Бурение нефтяных  
и газовых скважин»

Ставрополь  
2016

УДК 553.98 (075.8)  
ББК 33.36:40.3 я 73  
К 64

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
Северо-Кавказского федерального  
университета

**Рецензенты:**

д-р техн. наук, доцент *А.-Г. Г. Керимов*,  
канд. геол.-минерал. наук, доцент *Е. Ю. Туманова*

**Коновалова Л. Н., Зиновьева Л. М., Гукасян Т. К.**  
К 64 **Физика пласта:** учебное пособие. – Ставрополь: Изд-во  
СКФУ, 2016. – 120 с.

Пособие разработано в соответствии с ФГОС ВО и программой дисциплины. Настоящий курс лекций посвящен описанию свойств пористых сред и насыщающих их жидкостей и газов и их использованию в выполнении лабораторных работ. Содержит общие вопросы геологического строения залежи, её физические характеристики, физические и физико-химические свойства насыщающих пород нефти, газа и воды; обработки и оцениванию данных, которые получены при вскрытии пласта и при его последующей эксплуатации. В пособие включен также лабораторный практикум.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 21.03.01 – Нефтегазовое дело, по профилям: «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти», «Сооружение и ремонт объектов систем трубопроводного транспорта», «Бурение нефтяных и газовых скважин».

УДК 622.276.8+622.279.8(075)  
ББК 33.361+33.362 я 7

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский  
федеральный университет», 2016

## Предисловие

При проектировании и реализации проектов добычи нефти большое значение имеет изучение различных физических свойств пород, слагающих нефтегазосодержащие пласты, особенно их коллекторских свойств, нефте- и водонасыщенности.

Эти свойства изучают путем лабораторного анализа кернов и методами промысловой геофизики.

Физика пласта – наука, изучающая физические свойства пород нефтяных и газовых коллекторов, свойств пластовых жидкостей, газов и газоконденсатных смесей, а также физические основы увеличения нефте- и газоотдачи пластов.

Разработка каждого месторождения начинается с детального изучения физических свойств пород пласта пластовых жидкостей и газов.

От свойств пористых сред, пластовых жидкостей и газов зависят закономерности фильтрации нефти, газа и воды, дебиты скважин, продуктивность коллекторов.

В процессе эксплуатации залежей условия залегания нефти, воды и газа в пласте изменяются. Происходят значительные изменения свойств пород, пластовых жидкостей, газов и газоконденсатных смесей.

Необходимо изменение этих свойств рассматривать в динамике, в зависимости от изменения пластового давления, температуры и других условий в залежах.

Важно хорошо знать геологическое строение залежи, её физическую характеристику, физические и физико-химические свойства насыщающих пород нефти, газа и воды; должен уметь правильно обрабатывать и оценивать данные, которые получены при вскрытии пласта и при его последующей эксплуатации.

Настоящий курс лекций посвящен описанию свойств пористых сред и насыщающих их жидкостей и газов и их использование в практических расчетах.

Целью изучения дисциплины является формирование профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 21.03.01 – Нефтегазовое дело, профилю «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти»:

ПК-25 – способность использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности,

ПК-26 – способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.

Дисциплина нацелена на подготовку бакалавров:

- к использованию комплексного подхода к решению научных и производственных задач нефтегазовой отрасли;
- к творческому решению научно-исследовательских и прикладных задач, возникающих в профессиональной сфере.

Задачи дисциплины: формирование необходимой базы знаний о структуре и физических свойствах пласта, методике их использования в нефтегазовом деле, то есть тех знаний, которые являются базой по объектам будущей профессиональной деятельности выпускника (нефтяные месторождения), а также по видам деятельности: производственно-технологической, научно-исследовательской, проектной.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

**ЗНАТЬ:** основные физические и физико-технологические свойства пласта; состав и структуру пласта как многофазной и многокомпонентной системы; связи физических и физико-технологических свойств пласта с его геологическим строением; принципы использования физических свойств пласта для решения инженерных задач нефтегазового профиля;

**УМЕТЬ:** выбирать технологии для конкретных объектов; применять закономерности фильтрации флюидов; применять физические основы увеличения нефтеотдачи пластов; обрабатывать результаты проведенных анализов флюидов;

**ВЛАДЕТЬ:** методами обработки данных, которые получены при вскрытии пласта; решением типовых задач по физике пласта; законами фильтрации жидкости.

## Содержание

Предисловие.....	3
<b>КУРС ЛЕКЦИЙ</b>	
<b>1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД</b>	
1.1. Гранулометрический состав.....	5
1.2. Пористость горных пород.....	7
1.3. Виды пористости горных пород.....	9
<b>2. ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД</b>	
2.1. Линейная фильтрация нефти и газа в пористой среде.....	13
2.2. Радиальная фильтрация нефти и газа в пористой среде.....	15
2.3. Оценка проницаемости пласта.....	16
<b>3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОНИЦАЕМЫХ ПОРОД</b>	
3.1. Зависимость проницаемости от пористости породы.....	20
3.2. Виды проницаемости пористой среды.....	22
<b>4. ТЕПЛОВЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД</b>	
4.1. Тепловые свойства горных пород.....	26
4.2. Состав и физические свойства газа, нефти и пластовой воды.....	27
<b>5. РАСТВОРИМОСТЬ ГАЗА В НЕФТИ И ВОДЕ</b>	
5.1. Закон Генри.....	35
5.2. Состав и физическо-химические свойства пластовой воды.....	37
5.3. Минерализация пластовой воды.....	38
<b>6. СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ</b>	
6.1. Состав нефти.....	42
6.2. Плотность и вязкость пластовой нефти.....	43
6.3. Фазовое состояние углеводородных систем.....	46
<b>7. СХЕМА ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ</b>	
7.1. Фазовые переходы в нефти, воде и газе.....	49
7.2. Поверхностно-молекулярные свойства системы «пласт – вода».....	53

<b>8. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ, КОНДЕНСАТА И ГАЗА ИЗ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ</b>	
8.1. Силы, действующие в залежи.....	58
8.2. Поверхностные явления при фильтрации пластовых жидкостей и причины нарушения закона Дарси.....	60
8.3. Общая схема вытеснения из пласта нефти водой и газом.....	61
8.4. Роль капиллярных процессов при вытеснении нефти водой из пористой среды .....	63
8.5. Зависимость нефтеотдачи от скорости вытеснения нефти водой.....	64
<b>9. НЕФТЕОТДАЧА ПЛАСТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ДРЕНИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖИ</b>	
9.1. Коэффициент нефтеотдачи.....	67
9.2. Микро- и макронеоднородное строение пластов.....	68
9.3. Пластовые формы остаточной нефти.....	69
<b>ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ</b>	
Указания по технике безопасности.....	71
1. Освобождение образцов горных пород от содержания в них нефти и воды.....	73
2. Определения коэффициента открытой пористости горных пород методом насыщения их жидкостью.....	76
3. Определения коэффициента общей (полной) пористости горных пород методом насыщения их жидкостью.....	80
4. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной фильтрации.....	88
5. Определение абсолютной газопроницаемости пород-коллекторов.....	95
6. Определение остаточной водонасыщенности образцов пород методом центрифугирования.....	99
7. Определение коэффициентов водо- и нефтенасыщенности образцов породы.....	105
8. Определение карбонатности терригенных пород.....	110
9. Определение удельного содержания воды в керне на приборе и обводненности нефти.....	113
Литература.....	117