

*О.В. Савенок, С.В. Усов,
Д.Ю. Иванов, Н.М. Лешкович*

ФИЗИКА ПЛАСТА

учебное пособие



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКА ПЛАСТА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА ПЛАСТА»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ-БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ
ВСЕХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ
21.03.01 И 21.04.01 «НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО»**

КРАСНОДАР

2017

УДК 622.323
ББК 33.36
Ф50

Рецензенты:

- Ю.Г. Стрельцова**, кандидат технических наук,
главный специалист производственно-технологического отдела
управления добычи нефти и газа ООО «РН-Краснодарнефтегаз»;
- Е.П. Запорожец**, доктор технических наук, профессор кафедры
нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна ФГБОУ ВО «КубГТУ»

Ф50 Физика пласта : учебное пособие по дисциплине «Физика пласта» для студентов-бакалавров и магистров всех форм обучения направления подготовки 21.03.01 и 21.04.01 «Нефтегазовое дело» / О.В. Савенок, С.В. Усов, Д.Ю. Иванов, Н.М. Лешкович; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2017. – 112 с.
ISBN 978-5-91718-499-9

В учебном пособии представлен сборник лекций и лабораторных работ по дисциплине «Физика пласта». Приведены теоретические основы по тематике проводимых лабораторных работ, дано описание установок и порядок проведения исследований по определению основных характеристик горных пород. Приведены требования к обработке полученных экспериментальных данных.

Ил. 34. Табл. 32. Библиогр.: 14 назв.

ББК 33.36
УДК 622.323

ISBN 978-5-91718-499-9

© О.В. Савенок, 2017
© С.В. Усов, 2017
© Д.Ю. Иванов, 2017
© Н.М. Лешкович, 2017
© ООО «Издательский Дом – Юг», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| Глава I. Теоретическая часть | 6 |
| 1. Коллекторские свойства горных пород | 6 |
| 1.1 Типы пород-коллекторов | 6 |
| 1.2 Пористость | 7 |
| 1.2.1 Виды пористости | 8 |
| 1.3 Проницаемость | 10 |
| 1.3.1 Линейная фильтрация нефти и газа в пористой среде | 11 |
| 1.3.2 Радиальная фильтрация нефти и газа в пористой среде | 13 |
| 1.3.3 Оценка проницаемости пласта | 14 |
| 1.3.4 Классификация проницаемых пород | 15 |
| 1.3.5 Зависимость проницаемости от пористости | 16 |
| 1.3.6 Виды проницаемости | 18 |
| 1.4 Удельная поверхность | 20 |
| 1.5 Карбонатность породы | 21 |
| 1.6 Механические свойства горных пород | 21 |
| 1.7 Тепловые свойства горных пород | 22 |
| 2. Состав и физические свойства газа | 24 |
| 2.1 Состав и физико-химические свойства природных газов | 24 |
| 2.1.1 Состав природных газов | 24 |
| 2.1.2 Физико-химические свойства углеводородных газов | 26 |
| 2.1.3 Растворимость газов в нефти и в воде | 30 |
| 2.1.4 Давление насыщения нефти газом | 32 |
| 2.2 Состав и физико-химические свойства нефтей | 32 |
| 2.2.1 Физико-химические свойства нефтей | 34 |
| 2.2.2 Различие свойств нефти в пределах нефтегазоносной залежи | 38 |
| 2.3 Состав и физико-химические свойства пластовой воды | 39 |
| 2.3.1 Физико-химические свойства пластовых вод | 39 |
| 3. Фазовые состояния углеводородных систем | 43 |
| 3.1 Схема фазовых превращений однокомпонентных систем | 44 |
| 3.2 Фазовые переходы в нефти, воде и газе | 46 |
| 4. Поверхностно-молекулярные свойства системы «пласт – вода – нефть – газ» | 48 |
| 5. Физические основы вытеснения нефти, конденсата и газа из пористой среды | 51 |
| 5.1 Источники пластовой энергии | 51 |
| 5.2 Силы, действующие в залежи | 52 |
| 5.3 Поверхностные явления при фильтрации пластовых жидкостей и причины нарушения закона Дарси | 53 |
| 5.4 Общая схема вытеснения из пласта нефти водой и газом | 54 |

| | |
|---|------------|
| 5.5 Нефтеотдача пластов при различных условиях дренирования залежи | 56 |
| 5.6 Роль капиллярных процессов при вытеснении нефти водой из пористых сред | 58 |
| 5.7 Зависимость нефтеотдачи от скорости вытеснения нефти водой | 58 |
| Глава II. Лабораторные работы | 60 |
| Порядок проведения лабораторных работ | 60 |
| Лабораторная работа 1. Экстрагирование образцов породы | 61 |
| Лабораторная работа 2. Определение гранулометрического состава горных пород ситовым методом | 64 |
| Лабораторная работа 3. Определение объёмной плотности пород | 68 |
| Лабораторная работа 4. Определение минералогической плотности пород | 70 |
| Лабораторная работа 5. Определение коэффициента общей (полной) пористости | 72 |
| Лабораторная работа 6. Определение коэффициента открытой пористости | 78 |
| Лабораторная работа 7. Определение удельного содержания воды в керне на приборе Дина-Старка и обводнённости нефти | 80 |
| Лабораторная работа 8. Определение коэффициента остаточной водонасыщенности образцов породы методом центрифугирования | 82 |
| Лабораторная работа 9. Определение коэффициентов водо- и нефтенасыщенности образцов породы на приборе Закса | 87 |
| Лабораторная работа 10. Определение коэффициента абсолютной проницаемости горных пород | 91 |
| Лабораторная работа 11. Определение коэффициента фазовой проницаемости горных пород | 100 |
| Лабораторная работа 12. Определение коэффициента карбонатности горных пород | 104 |
| Литература | 108 |
| Приложение | 109 |

Введение

Развитие научно-технической базы человечества, освоение и ввод в эксплуатацию крупнейших по запасам нефти и газа месторождений осуществляется на основе достижений прогресса в области физики нефтяного пласта. Полученные новые данные относительно нефтяных и газовых пластов, коллекторских и фильтрационных свойств горных пород, физических свойств пластовых жидкостей и газов, фазовых состояний предельных углеводородных систем успешно применяются на практике.

Прогресс в области физики пласта посредством более совершенного проектирования системы разработки способствует проведению грамотной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, разработке и внедрению методов повышения нефте- и газоотдачи пластов.

Современный инженер-нефтяник, занимающийся рациональной разработкой нефтяных и газовых месторождений, должен хорошо знать геологическое строение залежи, её физическую характеристику, физические и физико-химические свойства нефти, газа и воды, насыщающих породу; должен уметь правильно обработать и оценить данные, которые получены при вскрытии пласта и при его последующей эксплуатации. Эти данные позволяют определить начальные запасы углеводородов в залежи. Они необходимы для объективного представления о процессах, происходящих в пласте на различных стадиях его разработки. На этом комплексе сведений основывается проектирование разработки месторождения, выбор тех или иных методов искусственного воздействия на залежь, если это признаётся необходимым. Эксплуатация нефтяных, газовых и газоконденсатных залежей связана с фильтрацией огромных масс жидкостей и газов в пористой среде к забоям скважин. От свойств пористых сред, пластовых жидкостей и газов зависят закономерности фильтрации нефти, газа и воды, дебиты скважин, продуктивность коллектора.

По мере эксплуатации залежей условия залегания нефти, воды и газа в пласте изменяются. Это сопровождается значительными изменениями свойств пород, пластовых жидкостей, газов и газоконденсатных смесей. Поэтому эти свойства рассматриваются в динамике – в зависимости от изменения пластового давления, температуры и других условий в залежах.

В настоящем учебном пособии приведён сборник лекций задач по дисциплине «Физика пласта». Основной целью лабораторных работ является изучение основных физических свойств коллекторов нефти и газа, свойств нефти и газа в пластовых условиях, фазовых состояний углеводородных систем, обучение студентов методам расчёта основных свойств коллекторов и насыщающих их флюидов.