

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика М.Д. Миллионщикова**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«Физика нефтяного и газового пласта»**

**Направление подготовки**

21.03.01 Нефтегазовое дело

**Направленность (профиль)**

«Эксплуатация и обслуживание объектов добычи газа, газоконденсата и подземных хранилищ»

**Квалификация**

Бакалавр

## 1 Цели и задачи дисциплины

*Целью изучения дисциплины «Физика нефтяного и газового пласта» является приобретение студентами знаний об физических и химических свойствах жидкости (нефть, газ, вода) и пород коллектора в пластовых условиях.*

*Задачи изучения дисциплины «Физика нефтяного и газового пласта». Приобретение студентами знаний о физических и химических свойствах нефти, газа и воды в пластовых условиях, повышения нефтеотдачи пластов и эксплуатации скважин.*

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к профильной части профессионального цикла. Для изучения курса нужно владеть знаниями, полученными в курсах «Подземная гидромеханика», «Физика пласта» и т.д.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для курсов: «Повышение продуктивности скважин», «Добыча нефти», «Технология и техника методов повышения нефтеотдачи», «Разработка и эксплуатация нефтяных и месторождений» и т.д.

## 3 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

**ПК-1** - способность осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.

### **Знать:**

- основные производственные процессы, представляющие единую цепочку нефтегазовых технологий,

### **Уметь:**

- при взаимодействии с сервисными компаниями и специалистами технических служб корректировать технологические процессы с учетом реальной ситуации,

### **Владеть:**

- навыками руководства производственными процессами с применением современного оборудования и материалов

**ПК-12** - Способность выполнять работы по составлению проектной, служебной документации в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.

### **Знать:**

- нормативные документы, стандарты, действующие инструкции, методики проектирования в нефтегазовой отрасли;

### **Уметь:**

- разрабатывать типовые проектные, технологические и рабочие документы с использованием компьютерного проектирования технологических процессов;

### **Владеть:**

- инновационными методами для решения задач проектирования технологических и производственных процессов в нефтегазовой отрасли

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов/ зач.ед.	Семестр 5
		ОФО	ОФО
<b>Контактная работа</b>		<b>68/1,88</b>	<b>68/1,88</b>
В том числе:			
Лекции		34/0,94	34/0,94
Лабораторные работы (ЛР)		34/0,94	34/0,94
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		<b>76/2,1</b>	<b>76/2,1</b>
В том числе:			
Курсовой проект			
Реферат		10/0,28	10/0,28
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы</i>			
Темы для самостоятельного изучения		46/1,27	46/1,27
Подготовка к лабораторным работам		10/0,28	10/0,28
Подготовка к экзамену		10/0,28	10/0,28
<b>Вид отчетности</b>		<b>экз.</b>	<b>экз.</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ВСЕГО в часах</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>ВСЕГО в зач. единицах</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

#### 5 Содержание дисциплины

##### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц. зан. часы	Лаб. зан. часы	Всего часов
		ОФО	ОФО	ОФО
1	Фазовые состояния углеводородных систем	4	6	11
2	Молекулярно-поверхностные свойства системы нефть – газ – вода – порода	4	6	11
3	Поверхностное натяжение на границах разделов сред	4	8	11
4	Физические основы вытеснения нефти водой и газом из пористых сред	2	8	14
5	Механизм вытеснения нефти водой из пористой среды	6	–	6
6	Механизм вытеснения из пористых сред нефти газом	6	6	13
7	Пластовые воды и их значение при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений	6	–	6

## 5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Фазовые состояния углеводородных систем	Общие положения. Схемы фазовых превращений углеводородов. Фазовое состояние системы нефть – газ при различных давлениях и температурах.
2	Молекулярно-поверхностные свойства системы нефть – газ – вода – порода	Роль поверхностных явлений при движении нефти, воды и газа в пористой среде. Понятие о полярности, поверхностно-активных веществах и поверхностных явлениях.
3	Поверхностное натяжение на границах разделов сред	Традиционные методы измерения продукции скважин. Современные методы измерения продукции скважин.
4	Физические основы вытеснения нефти водой и газом из пористых сред	Источники пластовой энергии. Силы, противодействующие вытеснению нефти из пласта. Методы определения нефтеотдачи пластов.
5	Механизм вытеснения нефти водой из пористой среды	Связь нефтеотдачи с механизмом вытеснения нефти из пористых сред. Роль капиллярных процессов, происходящих на водонефтяном контакте при вытеснении нефти водой из пористых сред.
6	Механизм вытеснения из пористых сред нефти газом	Два вида залежей с газовой энергией. Механизм вытеснения нефти и факторы, определяющие нефтеотдачу пласта при использовании энергии выделяющегося газа. Механизм вытеснения нефти и факторы, определяющие нефтеотдачу при наличии газовой шапки.
7	Пластовые воды и их значение при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений	Виды пластовых вод. Состояние остаточной (связанной) воды в нефтяных и газовых залежах. Методы определения количества остаточной (связанной) воды в нефтяных пластах. Минерализация пластовой воды. Водо- и газонефтяной контакт. Переходная зона.

## 5.3 Лабораторный практикум

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Фазовые состояния углеводородных систем	Изучение основных физических свойств горных пород-коллекторов нефти и газа
		Определение давления насыщения нефти газом и коэффициента сжимаемости нефти на установке АСМ-300 м
		Определение коэффициента светопоглощения нефти

1	2	3
3	<b>Поверхностное натяжение на границах разделов сред</b>	Определение поверхностного натяжения на границе раздела фаз нефть - дистиллированная вода
4	<b>Физические основы вытеснения нефти водой и газом из пористых сред</b>	Определение нефтеводонасыщенности горных пород на аппарате Закса

#### 5.4 Практические занятия (семинары)

Не предусмотрены

#### 6 Самостоятельная работа студентов по дисциплине

##### 6.1 Вопросы для самостоятельного изучения

1. Неоднородность коллекторских свойств пород
2. Статистические методы отображения неоднородности коллекторских свойств пород
3. Деформационные и прочностные свойства горных пород
4. Упругие изменения коллекторов в процессе разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений
5. Термодинамические свойства газов и нефтегазовых смесей
6. Плотность и вязкость газов
7. Напряженное состояние пород в условиях залегания в массиве
8. Влияние давления на коллекторские свойства пород
9. Исследование свойств пластовых нефтей
10. Изменение свойств нефти в пределах нефтеносной залежи
11. Растворимость газов в нефти
12. Растворимость газов в воде под давлением
13. Состояние остаточной (связанной) воды в нефтяных и газовых коллекторах и методы её определения
14. Состояние переходных зон нефть – вода, нефть – газ и вода – газ
15. Влияние строения углеводородов, давления и температуры на фазовые превращения газоконденсатных систем
16. Схемы фазовых превращений углеводородов
17. Критическая температура и критическое давление многокомпонентных углеводородных смесей
18. Влагосодержание природных газов и газоконденсатных систем. влияние воды на фазовые превращения углеводородов
19. Минерализация пластовой воды
20. Физические свойства пластовых вод

#### Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы

1. Квеско Б.Б., Физика пласта [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Квеско Б.Б., Квеско Н.Г. - М. : Инфра-Инженерия, 2018. - 228 с. - ISBN 978-5-9729-0209-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902095.html>
2. Коровкин М.В., Пулькина Н.Э. Физика нефтяного и газового пласта : учебное пособие / составители. — Томск: Томский политехнический университет, 2019. — 80 с. — ISBN 978-5-4387-0866-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/96094.html>

## 7. Оценочные средства

### 7.1 Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Какие виды фазовых переходов вещества встречаются в нефтепромысловой практике
2. Что являются условиями равновесия фаз во всех частях системы
3. Когда наступают в многокомпонентных системах условия равновесия фаз
4. На какие два вида подразделяются все фазовые переходы
5. Какие являются простейшими примерами фазовых переходов первого рода
6. Что происходит в процессе испарения вещества
7. Какие эффекты отсутствуют при фазовом переходе второго рода
8. Если состояние тела меняется непрерывно, то какой его фазовый переход второго рода
9. Какими могут быть примеры фазового перехода второго рода
10. Чем отличаются критические явления от фазовых переходов второго рода
11. Что наблюдается при критических явлениях, как и при фазовых переходах второго рода
12. Что непрерывно изменяется пластах в процессе эксплуатации месторождений
13. Где особенно интенсивно происходят непрерывные процессы изменения состава газовой и жидкой фаз с переходом различных углеводородов из одной фазы в другую
14. Что представляет собой Нефтяной пласт
15. Какую площадь может составлять иногда поверхность поровых каналов содержащихся в 1 м<sup>3</sup> нефтесодержащих пород
16. Что оказывает влияние на формирование залежей углеводородов
17. Что в свою очередь зависит от свойств воды и углеводородов и от природы поверхности горной породы
18. Как называется способность вещества смачиваться водой
19. Как называется способность вещества не смачиваться водой
20. С какими понятиями связано поверхностное натяжение
21. Можно ли измерить поверхностное натяжение между двумя раздела породы-жидкости и породы-газа
22. Какой величиной характеризуется интенсивность смачивания
23. К каким поверхностям относятся силикаты, карбонаты, окислы железа
24. Какой параметр зависит от строения поверхности, адсорбции жидкостей и газов, наличия ПАВ, температуры, давления, электрического заряда
25. Прилипание (сцепление поверхностей) разнородных тел называется
26. Что также используют для характеристики смачивающих свойств жидкости ( $z=W_a/W_k$ .)
27. Какое значение имеет обычно теплота смачивания для пористых и порошкообразных тел
28. Какой режим газовых месторождений возникает так же, как и у нефтяных залежей, при наличии активных краевых вод или при искусственном заводнении пласта
29. Какой режим залежи (или режим расширяющегося газа) возникает при условии, когда единственным источником является энергия самого сжатого газа, т.е. когда пластовые воды не активны
30. Что уменьшаются в скважине вследствие образования в пласте смоло-парафиновых отложений и для борьбы с ними прогревают призабойную зону или обрабатывают забой для удаления отложений другими средствами

### АТТЕСТАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Какими могут быть примеры фазового перехода второго рода
2. Чем отличаются критические явления от фазовых переходов второго рода
3. Что наблюдается при критических явлениях, как и при фазовых переходах второго рода

## 7.2 Вопросы ко второй рубежной аттестации

1. Какое влияние оказывает по результатам наблюдений многих исследователей, повышение градиентов давлений в пласте на нефтеотдачу залежей нефти, приуроченных к неоднородным коллекторам
2. В каких случаях проявляется энергия растворенного в нефти
3. На какие три зоны условно можно разбить нефтеводонасыщенность по длине пласта при вытеснении нефти водой
4. Почему с увеличением водонасыщенности, например до 50 – 60 %, увеличивается количество воды в потоке
5. Как движутся нефть и вытесняющий ее агент в пористой среде
6. Какими внешними агентами вытесняется нефть из залежей при напорном режиме
7. Какой агент используется наиболее часто для вытеснения нефти из пласта
8. Какую воду принято называть остаточной
9. К каким чисто водоносным пластам приурочены воды, залегающие выше и ниже нефтеносного пласта
10. Как называют воды, приуроченные к водоносным пропласткам, залегающим в самом нефтеносном пласте
11. Как принято называть воды, заполняющие поры коллектора под залежью и вокруг нее
12. Что залегает в большинстве месторождений вместе с нефтью и газом в пласте
13. В каких пластах могут быть достигнуты коэффициенты нефтеотдачи до 60 %
14. Каких значений может достичь нефтеотдача, если условия благоприятны для проявления энергии газовой шапки, при вытеснении нефти газом
15. К чему сводится роль газовой шапки, как источника газовой энергии
16. Чем заполняется часть пор при усадке нефти вследствие непроизводительного уменьшения объема нефти при выделении из нее газа
17. В чем заключается одна из причин небольшой эффективности режима растворенного газа
18. Под действием какой силы происходит приток нефти к скважине после израсходования газовой энергии и падения пластового давления до таких пределов, при которых дальнейшая эксплуатация скважин становится малоэффективной
19. Почему газовый фактор, увеличиваясь до некоторого максимума, затем уменьшается
20. Чему вначале способствуют пузырьки газа, выделившиеся из раствора, расширяясь
21. Что образуется при извлечении нефти из скважин в призабойной части пласта, которая распространяется в глубь залежи по мере ее эксплуатации
22. Как может быть улучшена технология заводнения
23. О чем свидетельствуют небольшие значения коэффициентов нефтеотдачи естественных коллекторов
24. Чем еще определяется количество пленочной нефти кроме перечисленных факторов, строением поверхности минерала и размером удельной поверхности пород
25. Чем покрывает пленочная нефть поверхность твердой фазы пласта
26. Чем объясняется появление зон, не промываемых водой и слабо дренируемых газом
27. Что в значительной степени влияет на нефтеотдачу пластов
28. Уменьшению чего способствует высокая вязкость нефти по сравнению с вязкостью воды
29. Куда перемещается нефть в процессе расширения газа, когда первоначально происходит эффективное вытеснение нефти из пласта при сравнительно небольшой его газонасыщенности
30. Чем объясняется низкая эффективность вытеснения нефти газом, выделяющимся из раствора, который имеется в пласте, при небольших соотношениях вязкостей газа и нефти
31. Уступает ли эффективность, по сравнению с другими источниками пластовой энергии
32. Какой способностью обладает вода по сравнению с газом для вытеснения нефти из пласта
33. Чем объясняются наибольшие значения нефтеотдачи в условиях вытеснения нефти водой по сравнению с газом
34. От чего зависит нефтеотдача

35. Каких значений может достигнуть нефтеотдача, если сетка расположения скважин плотная, а водные факторы значительные
36. Что принято называть коэффициентом нефтеотдачи пласта
37. Какие залежи нефти встречаются чаще в практике
38. В каком случае из модели неоднородной пористой среды нефть лучше вытесняется с увеличением скорости продвижения водонефтяного контакта
39. Что оказалось, при вытеснении нефти собственной пластовой водой, обладающей нейтральной смачиваемостью
40. Какой вывод позволяет сделать анализ результатов большого числа исследований, посвященных проблеме повышения нефтеотдачи

#### АТТЕСТАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Что залегает в большинстве месторождений вместе с нефтью и газом в пласте
2. В каких пластах могут быть достигнуты коэффициенты нефтеотдачи до 60 %
3. Каких значений может достичь нефтеотдача, если условия благоприятны для проявления энергии газовой шапки, при вытеснении нефти газом

#### 7.3 Экзаменационные вопросы

1. Какие виды фазовых переходов вещества встречаются в нефтепромысловой практике
2. С чем наиболее часто приходится иметь дело промысловому инженеру
3. Сколько фаз могут сосуществовать в термодинамическом равновесии одновременно в системе, находящейся в условиях какого-либо фазового перехода
4. Что являются условиями равновесия фаз во всех частях системы
5. Когда наступают в многокомпонентных системах условия равновесия фаз
6. На какие два вида подразделяются все фазовые переходы
7. Какие являются простейшими примерами фазовых переходов первого рода
8. Простейшими примерами фазовых переходов первого рода являются испарение, плавление. Как еще называется количество теплоты, которое поглощается (или выделяется) при фазовых превращениях такого рода изменения объема системы
9. Что происходит в процессе испарения вещества
10. Какие эффекты отсутствуют при фазовом переходе второго рода
11. Если состояние тела меняется непрерывно, то какой его фазовый переход второго рода
12. Какими могут быть примеры фазового перехода второго рода
13. Чем отличаются критические явления от фазовых переходов второго рода
14. Что наблюдается при критических явлениях, как и при фазовых переходах второго рода
15. Что непрерывно изменяется в пластах в процессе эксплуатации месторождений
16. В процессе эксплуатации месторождений в пластах непрерывно изменяются давление, количественное соотношение газа и нефти, а иногда и температура. Какими непрерывными изменениями это сопровождается
17. Где особенно интенсивно происходят непрерывные процессы изменения состава газовой и жидкой фаз с переходом различных углеводородов из одной фазы в другую
18. Чем пользуются для расчета количества и состава газа, выделяющегося из нефти при различных давлениях и температурах, количества и состава бензиновых фракций, содержащихся в газе, и т. д.
19. Что представляет собой Нефтяной пласт
20. Какую площадь может составлять иногда поверхность поровых каналов содержащихся в 1 м<sup>3</sup> нефтесодержащих пород
21. Чем заполняется часть пор при усадке нефти вследствие непроизводительного уменьшения объема нефти при выделении из нее газа
22. В чем заключается одна из причин небольшой эффективности режима растворенного газа
23. В каких пределах изменяется нефтеотдача пласта, при израсходовании газовой энергии и переходе к энергии силы тяжести
24. Под действием какой силы происходит приток нефти к скважине после израсходовании газовой энергии и падения пластового давления до таких пределов, при которых дальнейшая эксплуатация скважин становится малоэффективной



25. Почему газовый фактор, увеличиваясь до некоторого максимума, затем уменьшается
26. С какого момента эффективность вытеснения нефти газом все более и более понижается по мере увеличения газонасыщенности пор пласта вследствие прорыва газа в зоны пониженного давления по газонасыщенным участкам и крупным порам, заполненным газом
27. Чему вначале способствуют пузырьки газа, выделившиеся из раствора, расширяясь
28. Что образуется при извлечении нефти из скважин в призабойной части пласта, которая распространяется в глубь залежи по мере ее эксплуатации
29. Как может быть улучшена технология заводнения
30. О чем свидетельствуют небольшие значения коэффициентов нефтеотдачи естественных коллекторов
31. В каких зонах и участках может оставаться нефть в значительных количествах кроме пленочной и капиллярно удержанной нефти
32. Чем еще определяется количество пленочной нефти кроме перечисленных факторов, строением поверхности минерала и размером удельной поверхности пород
33. Чем покрывает пленочная нефть поверхность твердой фазы пласта
34. Чем объясняется появление зон, не промываемых водой и слабо дренируемых газом
35. Какое строение пластов наиболее существенная причина неполной отдачи нефти пластом
36. Что в значительной степени влияет на нефтеотдачу пластов
37. Уменьшению чего способствует высокая вязкость нефти по сравнению с вязкостью воды
38. Чем объясняется низкая нефтеотдача естественных коллекторов
39. Что оказывает значительное влияние на нефтеотдачу залежей с газовой шапкой
40. Чем обусловлено в основном дальнейшее снижение эффективности расширения газовой шапки, что приводит к прорыву газа к скважинам через крупные каналы и более проницаемые зоны пласта

**Образец билета для экзамена**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика М.Д. Миллионщикова

Институт нефти и газа профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти» семестр \_\_\_\_\_

1. Расскажите об фазовых переходах веществ.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Расскажите о результатах опытов, проведенных П.А. Ребиндером, М.М. Кусаковым, К.Е. Зинченко.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Дайте определение коэффициента нефтеотдачи.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Утверждаю:

12 января 201    г.

*Зав. кафедрой* \_\_\_\_\_

**7.4 Текущий контроль**

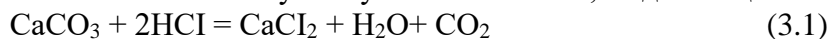
**Определение карбонатности горных пород на приборе Кларка**

**3.1 Общие положения**

Под *карбонатностью* горных пород понимается содержание в ней солей угольной кислоты: известняка, доломита, поташа, сидерита и др. Карбонатность выражается в массовых

процентах.

Определение карбонатности горных пород основано на химическом разложении карбонатов при воздействии соляной кислоты и на учете углекислого газа, выделяющегося при реакции:



Известняк составляет основную часть содержащихся в породе карбонатов.

В связи с этим подсчеты обычно ведут по отношению к  $\text{CaCO}_3$ .

При определении карбонатности существуют три способа учета углекислого газа:

- способ, основанный на титровании расхода соляной кислоты при взаимодействии с карбонатами;
- весовое определение углекислого газа. Способ основан на взвешивании остатка породы, освобожденного от карбонатов, либо самой углекислоты, которая улавливается специальным прибором с известью. В обоих случаях анализ может производиться сухим или мокрым способом;
- наиболее простым, менее трудоемким и достаточно точным способом определения карбонатности является объемный или газометрический способ. Он основан на измерении объема углекислого газа в специальной ловушке. Этот способ получил широкое распространение в лабораториях физики пласта предприятий и научно - исследовательских институтов нефтяной промышленности.

### 3.2. Описание лабораторной установки

Прибор Кларка (рис. 3.1) состоит из термостата 9, реакционной колбы 1, змеевика 6, бюретки 3, градуированной на  $75 \text{ см}^3$  с делениями  $0,2 \text{ см}^3$ , цилиндра 4 с отверстием для поступления атмосферного воздуха в пространство между цилиндром 4 и мерной бюреткой 3, уравнивающей колбы 5 с краном 8 и резиновым шлангом 7. В реакционную колбу вставлен стаканчик 2 для соляной кислоты.

### 3.3 .Меры безопасного выполнения работы

Перед выполнением лабораторной работы следует ознакомиться с устройством прибора Кларка и последовательностью проведения работ. Во избежание поломки и раскола стеклянных деталей прибора и попадания кислоты в глаза, на другие открытые участки тела и одежду работы необходимо вести очень осторожно, без резких движений.

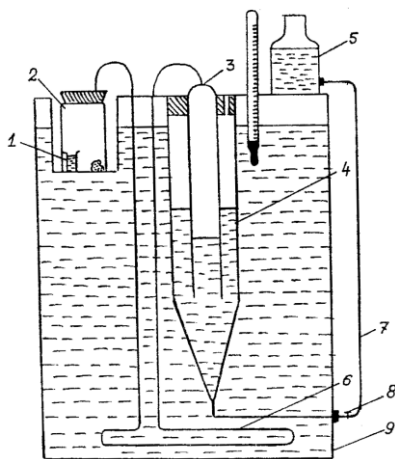


Рис. 3.1 Прибор Кларка

Для определения карбонатности породы используется разбавленная соляная кислота с концентрацией от 6 до 10 %. Раствор соляной кислоты в стаканчик следует наливать, держа его металлическими щипцами.

При попадании на тело и одежду даже разбавленной кислоты следует немедленно и тщательно промыть эти участки под сильной струей воды.

### 3.4. Порядок проведения лабораторной работы

Работы по определению карбонатности пород выполняют в следующей последовательности:

- образец породы в ступке с помощью пестика измельчается в порошок. Взвешивается от 0,5 до 1 г породы и засыпается в реакционную колбу 1;
- в стаканчик 2 на половину высоты наливают соляную кислоту. Стаканчик с помощью захвата помещают в колбу 1 и закрывают ее пробкой;
- с помощью колбы 5 уровни в бюретке и цилиндре уравнивают. Возможность этого обеспечивается тем, что кольцевое пространство между бюреткой и цилиндром через отверстие сообщается с атмосферой. Записывают положение уровня жидкости в бюретке в  $\text{см}^3 - V_1$ ;
- осторожно наклоняют колбу 1 на бок до тех пор, пока кислота не выльется на породу. Образующийся при реакции кислоты и породы углекислый газ поступает по газопроводу в бюретку и вытесняет часть воды из нее в цилиндр 4;
- после прекращения реакции вновь совмещают уровни в бюретке и цилиндре. Фиксируют новое положение уровня в бюретке в  $\text{см}^3 - V_2$  Разность между конечным и начальным отсчетами дает объем  $V$  выделившегося  $\text{CO}_2$  при атмосферном давлении и температуре в термостате;
- записывают температуру воды в термостате
- отмечают показания барометра.

### 3.5. Обработка результатов измерений

Для вычисления карбонатности используют формулу, выведенную для того случая, когда все карбонаты представлены углекислым кальцием  $\text{CaCO}_3$

$$K = \frac{Vm}{4,4a}, \% , \quad (3.2)$$

где  $K$  – содержание карбонатов в породе в массовых процентах;  
 $V$  – объем углекислого газа, выделившегося при реакции породы с кислотой,  $\text{см}^3$ ;  
 $m$  – масса в мг 1  $\text{см}^3$   $\text{CO}_2$  при температуре и барометрическом давлении во время опыта (определяется по табл. 3.1);  
 $a$  – масса породы, помещенной в реакционную колбу 1, г;  
 $4,4$  – коэффициент для перехода от  $\text{CO}_2$  к  $\text{CaCO}_3$  получаемый (с учетом выражения  $K$  в % и массы  $\text{CO}_2$  в мг) из того, что при реакции соляной кислоты с  $\text{CaCO}_3$  на 100 массовых единиц  $\text{CaCO}_3$  приходится 44 массовые единицы  $\text{CO}_2$

### 3.6 Определение погрешности измерений

Для оценки относительной погрешности используется следующее выражение:

$$W = \pm \Delta K / K = \pm \left( \frac{\Delta V_1}{V_1} + \frac{\Delta V_2}{V_2} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta a}{a} \right) \times 100 \%,$$

где  $\Delta V_1$  и  $\Delta V_2$  - соответственно абсолютные погрешности отсчетов начального и конечного положения уровней жидкости в измерительной бюретке 3,  $\text{см}^3$

$\Delta m$  - абсолютная погрешность определения плотности углекислого газа,  $\text{мг}/\text{см}^3$ ;

$\Delta a$  - абсолютная погрешность измерения массы породы, г.

При расчете относительной погрешности определения карбонатности следует принять:  $\Delta V_1 = \Delta V_2 = 0,2 \text{ см}^3$ ;  $\Delta m = 0,003 \text{ мг}/\text{см}^3$ ;  $\Delta a = 0,01 \text{ г}$ .

Абсолютная погрешность определяется по выражению:

$$\Delta K = \frac{K \times W}{100}, \%$$

где  $K$  – карбонатность породы, % масс.,

$W$  – относительная погрешность, %.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### *а) основная литература:*

3. Квеско Б.Б., Физика пласта [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Квеско Б.Б., Квеско Н.Г. - М. : Инфра-Инженерия, 2018. - 228 с. - ISBN 978-5-9729-0209-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902095.html>
4. Коровкин М.В., Пулькина Н.Э. Физика нефтяного и газового пласта : учебное пособие / составители. — Томск: Томский политехнический университет, 2019. — 80 с. — ISBN 978-5-4387-0866-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/96094.html>

### *б) дополнительная литература:*

1. Нефть и газ [Электронный ресурс] / - М. : Горная книга, 2013. - 272 с. - ISBN 0236-1493-2013-48 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/GK-0236-1493-2013-48.html>
2. Пономарева Г.А. Углеводороды нефти и газа. Физико-химические свойства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пономарева Г.А.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 99 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61419.html>. — ЭБС «IPRbooks».
3. Потехин В.М., Химия и технология углеводородных газов и газового конденсата [Электронный ресурс] / Потехин В.М. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2016. - 560 с. - ISBN 978-5-93808-261-8 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082618.html>
4. Бахмат Г.В., Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов [Электронный ресурс] : Учебно-практическое пособие / Бахмат Г.В., Васильев Г.Г., Богатенков Ю.В., Гладенко А.А., Дудин С.М., Земенков Ю.Д., Зубарев В.Г., Кутузова Т.Т., Левитин Р.Е., Малюшин Н.А., Маркова Л.М., Перевоицков С.И., Подорожников С.Ю., Прохоров А.Д., Сорокина Т.В., Трясцин Р.А., Федорова Л.Я., Хойрыш Г.А., Шабаров А.Б. - М. : Инфра-Инженерия, 2006. - 928 с. - ISBN 5-9729-0001-7 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5972900017.html>
5. Каналин В.Г. Справочник геолога нефтегазоразведки: нефтегазопромысловая геология и гидрогеология [Электронный ресурс] / Каналин В.Г. - М. : Инфра-Инженерия, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9729-0067-1 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972900671.html>
6. Нефть и газ [Электронный ресурс] / - М. : Горная книга, 2014. - 304 с. - ISBN 0236-1493-2014-15 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/GK-0236-1493-2014-15.html>
7. Моделирование природных резервуаров нефти и газа. Лабораторный практикум. Нелепов М.В. Моделирование природных резервуаров нефти и газа [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ Нелепов М.В., Еремина Н.В., Логвинова Т.В.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015.— 111 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63103.html>. — ЭБС «IPRbooks»

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины «Физика нефтяного и газового пласта»**

1. Перечень материально-технических средств учебной поточной аудитории для чтения лекций: Компьютер стационарный, переносной; Комплект электропитания типа ЦЭ (220 В, 2 кВт) в комплекте с УЗО; Видеопроектор; Мультимедийный проектор; Экран настенный; Коммутационный комплект для проектора; DVD-плеер; Усилитель; Микрофоны, Звуковая колонка.
2. Телевизионная студия, оснащённая телесъёмочным оборудованием (подготовка учебных фильмов): Камеры стационарные; Камеры переносные; Микрофоны; Световое оборудование (потолочное/напольное); LED телевизоры/панели.
3. Перечень материально-технических средств учебного помещения для проведения практических и семинарских занятий: Компьютеры стационарные, персональные, мониторы; Мультимедийный портативный переносной проектор; Экран на треноге, экран подвесной; Видеомагнитофон; Принтеры, МФУ типа HP или аналоги; Сканеры типа AGFA или аналоги; Сетевое оборудование для организации работы в компьютерном классе; Соответствующее лицензионное программное обеспечение, учитывающее специфику базовых и вариативных дисциплин специализаций. При чтении лекций используется экран и монитор.

**Составители:**

ст.преп. кафедры «БРЭНГМ»



/А.А. Умаев/

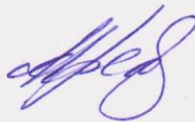
**Согласовано:**

зав. кафедрой «БРЭНГМ», к.т.н., доцент



/А.Ш.Халадов/

Директор ДУМР, к.ф-м.н., доцент



/М.А. Магомаева/