

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**НОЯБРЬСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**  
(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(Филиал ТИУ в г. Ноябрьске)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

дисциплины:	<b>Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика</b>
направление подготовки:	<b>21.03.01 Нефтегазовое дело</b>
направленность:	<b>Эксплуатация и обслуживание объектов добычи газа, газоконденсата и подземных хранилищ</b>
форма обучения:	<b>очно-заочная</b>


Фонд оценочных средств разработан в соответствии с утвержденным учебным планом от 09.02.2018 г. и требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, направленность **Эксплуатация и обслуживание объектов добычи газа, газоконденсата и подземных хранилищ** к результатам освоения дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика».

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры Транспорта и технологий нефтегазового комплекса

Протокол № 9 от «15» мая 2019 г.

Заведующий кафедрой  А.В. Козлов

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой  А.В. Козлов

«15» мая 2019 г.

Фонд оценочных средств разработал:

Овсянников В.М., д.т.н., профессор



## 1. Результаты обучения по дисциплине

Таблица 1.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>УК-2</b> Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>УК-2.35. Составление последовательности (алгоритма) решения задачи</p>	<p>Знать (З1): основы определения круга задач в рамках поставленной цели и выбора оптимальных способов их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>
		<p>Уметь (У1): применять основы определения круга задач в рамках поставленной цели и выбора оптимальных способов их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>
		<p>Владеть (В1): навыками применения основ определения круга задач в рамках поставленной цели и выбора оптимальных способов их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>
<p><b>ОПК-1</b> Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания</p>	<p>ОПК-1.34. Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)</p>	<p>Знать (З2): основы осуществления поиска, обработки и анализ информации из различных источников и представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологи</p>
		<p>Уметь (У2): применять основы осуществления поиска, обработки и анализ информации из различных источников и представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p>
		<p>Владеть (В2): навыками применения основ осуществления поиска, обработки и анализ информации из различных источников и представления ее в</p>

		требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
	ОПК-1.35. Выбор базовых физических законов для решения задач профессиональной деятельности	<p>Знать (З3): источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии; сущность и значение информации в развитии современного информационного общества</p> <p>Уметь (У3): критически переосмысливать накопленную информацию, вырабатывать собственное мнение, преобразовывать информацию в знание, применять информацию в решении вопросов, помогающих понимать социальную значимость своей будущей профессии; составлять устные и письменные тексты научного стиля (конспекты, аннотации, рефераты, доклады, курсовые работы и т.п.) с использованием различных приемов переработки текста; на основе собранной информации выявлять тенденции, вскрывать причинно-следственные связи, определять цели, выбирать средства, выдвигать гипотезы и идеи, извлекать и систематизировать информацию из различных источников</p> <p>Владеть (В3): навыками освоения необходимых для изучения дисциплин цикла ГСЭ программных ресурсов; навыками анализа влияния технологической и глобальной информационной революции на современные общественные процессы</p>
<b>ОПК-2</b> Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-2.38. Применение навыков работы с ЭВМ, используя новые методы и пакеты программ.	<p>Знать (З4): основы применения соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p> <p>Уметь (У4): применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования,</p>

		теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
		Владеть (В4): навыками применения соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

## 2. Формы аттестации по дисциплине

2.1. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Способ проведения промежуточной аттестации: тестирование, решение задач

2.2. Формы текущей аттестации:

Таблица 2.1

№ п/п	Форма обучения	
	ОФО, ОЗФО	
1	Тест по 1 и 2 разделам	
2	Выполнение лабораторных работ № 1, 2 и 3	
3	Тест по 3 и 4 разделам	
4	Выполнение лабораторных работ № 4, 5 и 6	
5	Тест по 5 и 6 разделам	
6	Выполнение лабораторных работ № 7, 8 и 9	
7	Дополнительный бонусный тест	

## 3. Результаты обучения по дисциплине, подлежащие проверке при проведении текущей и промежуточной аттестации

Таблица 3.1

№ п/п	Структурные элементы дисциплины/модуля		Код результата обучения по дисциплине/модулю	Оценочные средства	
	Номер раздела	Дидактические единицы (предметные темы)		Текущая аттестация	Промежуточная аттестация
1	1	Физические основы подземной гидромеханики	УК-2.35 ОПК-1.34 ОПК-1.35 ОПК-2.38	Тестирование выполнение лабораторных работ	Тестирование выполнение лабораторных работ
2	2	Дифференциальные уравнения фильтрации	УК-2.35 ОПК-1.34 ОПК-1.35 ОПК-2.38	Тестирование выполнение лабораторных работ	Тестирование выполнение лабораторных работ
3	3	Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация	УК-2.35 ОПК-1.34 ОПК-1.35 ОПК-2.38	Тестирование выполнение лабораторных работ	Тестирование выполнение лабораторных работ
4	4	Нестационарная	УК-2.35	Тестирование	Тестирование

		фильтрация упругой жидкости и газа	ОПК-1.34 ОПК-1.35 ОПК-2.38	выполнение лабораторных работ	выполнение лабораторных работ
5	5	Основы фильтрации неньютоновских жидкостей	УК-2.35 ОПК-1.34 ОПК-1.35 ОПК-2.38	Тестирование выполнение лабораторных работ	Тестирование выполнение лабораторных работ
6	6	Установившаяся потенциальная плоская фильтрация	УК-2.35 ОПК-1.34 ОПК-1.35 ОПК-2.38	Тестирование выполнение лабораторных работ	Тестирование выполнение лабораторных работ

#### 4. Фонд оценочных средств

4.1. Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по дисциплине, включает в себя оценочные средства для текущей аттестации и промежуточной аттестации.

4.2. Фонд оценочных средств для текущей аттестации включает:

- перечень тестовых вопросов к первой текущей аттестации – 15 шт. (Приложение 1);
- перечень тестовых вопросов ко второй текущей аттестации – 15 шт. (Приложение 2);
- перечень тестовых вопросов ко второй текущей аттестации – 15 шт. (Приложение 3);
- комплект лабораторных работ текущей аттестации – 9 штук (Приложение 4);

4.3. Фонд оценочных средств для итоговой аттестации включает:

Вопросы для промежуточной аттестации (зачет) по дисциплине – 40 шт., размещены в Приложении 5.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**СУРГУТСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**  
(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(Филиал ТИУ в г. Сургуте)

Кафедра нефтегазовое дело

**Перечень тестовых вопросов к первой текущей аттестации**

- 1 Количество тепла необходимое для нагрева одного кг породы на один градус это
  - Удельная теплоемкость
  - коэффициент теплопроводности
  - удельное тепловое сопротивление
  - коэффициент температурапроводности
- 2 Максимальное давление, при котором газ начинает выделяться из нефти при изотермическом ее расширении в условиях термодинамического равновесия это
  - Горное давление
  - Гидростатическое давление
  - Пластовое давление
  - Давление насыщения
- 3 Содержание растворённых солей в воде это
  - кислотность
  - карбонатность
  - жесткость
  - минерализация
- 4 При бурении скважины вскрыт водоносный пласт с напорными водами. Устье скважины оборудовано манометром, который показывает избыточное давление  $3,92 \cdot 10^4$  Па. Определить на какую высоту будет фонтанировать вода, если удельный вес воды 9810 Н/м.
  - 0,39 м
  - 26 м
  - 4 м
  - 0,0003995
- 5 Что характеризует коэффициент фильтрации?
  - зернистость среды.
  - природу среды и жидкости.
  - скорость фильтрации и градиент давления.
- 6 Среда, состоящая из трубочек одного размера, уложенных одинаковым образом по элементам из четырех трубочек в углах ромба
  - Фиктивный грунт
  - Идеальный грунт
  - Пористый грунт
  - Трещиноватый грунт
- 7 Суммарная площадь поверхности частиц, содержащихся в единице объема это
  - Удельная поверхность
  - Вязкость
  - Трещиноватость

Проницаемость

- 8 Суммарное содержание растворённых солей кальция, магния, железа в воде называется жесткость  
кислотность  
карбонатность  
минерализация
- 9 Что означает термин связанность?  
отношение объема, связанного с породой флюида к объему пор  
отношение объема флюида к объему всего пласта  
отношение объема пор к общему объему породы с флюидом
- 10 Среда, состоящая из шариков одного размера, уложенных во всем объеме пористой среды одинаковым образом по элементам из восьми шаров в углах ромбоэдра  
Пористый грунт  
Фиктивный грунт  
Идеальный грунт  
Трещиноватый грунт
- 11 Разница в свойствах по разным направлениям называется  
Проницаемость  
Неоднородность  
Анизотропия  
Кавернозность
- 12 Величина, характеризующая сопротивляемость породы прохождению тепла  
коэффициент теплопроводности  
коэффициент температурапроводности  
удельное тепловое сопротивление  
Удельная теплоемкость
- 13 Неоднородность пласта по толщине это  
смешанная неоднородность  
слоистая неоднородность  
зональная неоднородность  
анизотропия
- 14 Неоднородность пласта по площади это  
зональная неоднородность  
слоистая неоднородность  
смешанная неоднородность  
анизотропия
- 15 Что означает неустановившееся движение жидкости?  
когда параметры потока меняются хаотично  
любое турбулентное движение  
любое фильтрационное движение

**Критерии оценки:**

- за каждый правильный ответ – 1 балл;  
за неправильный ответ – 0 баллов.



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**СУРГУТСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**  
 (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
 (Филиал ТИУ в г. Сургуте)

Кафедра нефтегазовое дело

**Перечень тестовых вопросов ко второй текущей аттестации**

- 1 Определить объем, занимаемый нефтью весом 1,25 МН, если ее плотность равна 850 кг/м<sup>3</sup>.
- 1062,5 м<sup>3</sup>
  - 2100 м<sup>3</sup>
  - 147,06 м<sup>3</sup>
- 2 Вычислить кинематическую вязкость воды при  $t_1 = 20^\circ \text{C}$ , если значение динамической вязкости составляет  $\mu = 1,02 \times 10^{-3}$  (Па·с). Плотность воды при данной температуре принять равной  $\rho = 998$  кг/м<sup>3</sup>.
- 1,02·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>
  - 6,7·10<sup>6</sup> Па-1
  - 6,7·10<sup>4</sup> м<sup>2</sup>
  - 1,02·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с
- 3 Какой плотностью должен быть глинистый раствор, закачиваемый в скважину для того, чтобы не было фонтанирования флюида через устьевую арматуру, если глубина скважины от устья до забоя 1800 м. Пластовое давление, измеренное прибором  $P_{пл} = 20,8$  МПа.
- 1155,6 кг/м<sup>3</sup>
  - 1820,8 кг/м<sup>3</sup>
  - 86,5 кг/м<sup>3</sup>
  - 37440 кг/м<sup>3</sup>
- 4 Что такое густота трещин?
- отношение полной длины всех трещин к удвоенной площади сечения
  - отношение объема трещин ко всему объему трещиноватой среды
  - отношение площади трещин к площади трещиноватой среды
- 5 На какую высоту будет фонтанировать скважина, если открыть устьевую арматуру глубина скважины  $H = 320$  м. Манометр, установленный в устье скважины, показывает давление  $P = 0,032$  МПа. В забое вода плотностью  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.
- 32 м
  - 10 м
  - 3,2 м
  - 10,24 м
- 6 Что называется критической скоростью фильтрации?
- скорость, при которой прекращается фильтрация
  - скорость, при которой наступает разрушение породы
  - скорость, при которой нарушается закон Дарси
- 7 Определите динамическую пористость породы объемом  $6 \cdot 10^8$  м<sup>3</sup>, если объем, занятый подвижной жидкостью  $3 \cdot 10^2$  м<sup>3</sup>.
- 5·10<sup>-7</sup>
  - 18·10<sup>10</sup>
  - 2·10<sup>6</sup>

2•10<sup>4</sup>

8 Физический смысл проницаемости...

характеризует площадь сечения каналов, по которым происходит фильтрация  
густота пор и трещин  
обтекаемость жидкостью препятствий

9 Определить избыточное давление в забое скважины глубиной  $h=200$  м, которая заполнена глинистым раствором плотностью  $1250$  кг/м<sup>3</sup>. Ускорение  $g$  примем равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

0,6 Па

0,004 кПа

250 Па

2,5 МПа

10 Определить депрессию, если давление в контуре  $5,12 \cdot 10^4$  Па, а в скважине  $3,92 \cdot 10^4$  Па.

$1,306 \cdot 10^4$  Па

$1,2 \cdot 10^4$  Па

$20,07 \cdot 10^4$  Па

11 Что определяет уровень, на котором расположена граница между нефтью и водой?  
глубину забоя

положение водонефтяного контакта

величину контурного напора  $N_k$

наличие большой депрессии

12 Какой поток называется одномерным?

Если течение жидкости изотермическое

Если движение потока подчиняется закону Дарси

Если параметры потока являются функцией только одной пространственной координаты

13 Просветность – это...

отношение объема просветов ко всему объему пласта

отношение объема просветов к объему флюида

отношение площади просветов ко всей площади образца

14 Основная причина нарушения закона Дарси

образование течения в одной плоскости

образование вихрей, зон срыва потока с поверхности частиц, гидравлический удар о

частицы

образование течения по кривой линии

образование медленных фильтрационных движений

15 Чему равна полная пористость  $m_0$ ?

отношению объемов пустот и флюида

отношению объемов флюида и пор

отношению объемов пор и общего объема породы с флюидом

#### Критерии оценки:

за каждый правильный ответ – 1 балл;

за неправильный ответ – 0 баллов.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**СУРГУТСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**  
 (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
 (Филиал ТИУ в г. Сургуте)

Кафедра нефтегазовое дело

**Перечень тестовых вопросов к третьей текущей аттестации**

- 1 Когда нельзя пользоваться основной формулой теории упругого режима?  
 в случае точечного стока (при  $r_c = 0$ )  
 в первые доли секунды после пуска скважины  
 при фильтрации газа по двучленному закону.
- 2 Что подразумевается под понятием «воронка депрессии»?  
 график зависимости  $p=p(r)$   
 индикаторная линия-прямая  
 окружности, концентричные оси скважины
- 3 Что характеризует параметр Фурье?  
 упругоёмкость пласта  
 степень нестационарности процессов  
 влияние на дебит призабойной зоны
- 4 Что называется коэффициентом продуктивности скважины?  
 отношение приведенного давления к глубине забоя  
 отношение дебита к депрессии  
 отношение давления к потенциалу  
 отношение скорости фильтрации к проницаемости
- 5 Укажите площадь фильтрации для прямолинейно-параллельного потока  
 $\omega = 2\pi R^2$   
 $\omega = B \cdot h$   
 $\omega = \pi D^2/4$
- 6 Показатель формы потока  $j$  для плоскорадиального потока...  
 $j = 1$   
 $j = 2$   
 $j = 0$
- 7 Показатель формы потока  $j$  для прямолинейно-параллельного потока равен  
 $j = 1$   
 $j = 2$   
 $j = 0$
- 8 Какой является зависимость дебита однородной жидкости от депрессии при фильтрационном процессе?  
 линейной  
 нелинейной  
 логарифмической  
 параболической
- 9 Укажите площадь фильтрации для радиально-сферического потока  
 $\omega = \pi d^2/4$   
 $\omega = 2\pi r^2$   
 $\omega = B \cdot h$

- 10 В каком случае при расчетах применяется формула Дюпюи?  
 для определения возможного объема и массы нефтегазодобычи  
 для определения притока в случае радиально-сферического потока  
 для определения объемов нефти и газа  
 для определения притока в случае плоско-радиального течения
- 11 Какой физический смысл у коэффициента пьезопроводности пласта?  
 характеризует упругость пласта  
 характеризует степень несовершенства скважины  
 характеризует скорость распространения изменения пластового давления
- 12 Какой режим называется водонапорным?  
 когда нефть вытесняется в добывающие скважины под действием напора краевой или подошвенной воды  
 приток жидкости к скважине поддерживается за счет напора воды поступающей извне  
 когда в нагнетательные скважины закачивается вода
- 13 Что необходимо сделать в первую очередь для обеспечения притока нефти к забою скважин?  
 уменьшить газовый фактор во флюиде  
 применить технологии, позволяющие снизить забойное давление  $p_c$   
 повысить пластовое давление  $p_k$ , создать депрессию  $\Delta p = p_k - p_c$
- 14 Укажите величину площади фильтрации  $\omega$  для плоскорадиального потока  
 $\omega(r) = L \cdot B$   
 $\omega(r) = \pi r^2$   
 $\omega(r) = 2 \pi h r$
- 15 Что называется индикаторной диаграммой?  
 график зависимости  $Q$  от  $\Delta p_k$   
 график сверхсжимаемости  $z$  Д. Брауна  
 распределение давления в потоке газа  
 график изменения депрессии в случае плоско-радиального течения

**Критерии оценки:**

- за каждый правильный ответ – 1 балл;  
 за неправильный ответ – 0 баллов.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**СУРГУТСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**  
(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(Филиал ТИУ в г. Сургуте)

Кафедра нефтегазовое дело

**Комплект лабораторных работ для текущей аттестации**

**Лабораторная работа №1**  
**ПОДГОТОВКА ГОРНОЙ ПОРОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЯМ**

*Подготовка образцов для исследования*

Прежде чем приступить к исследованию физических свойств горной породы, из куска керна изготовляют отдельные образцы для всех видов исследования. Для этих целей используются сверлильный станок с алмазной коронкой и камнерезный станок с отрезными алмазными кругами.

Из центральной части куска керна высверливают два образца цилиндрической формы, ориентированные параллельно и перпендикулярно напластованию для определения проницаемости горной породы. Диаметр образцов обычно равен 30 мм, а длина не менее 25 мм. Эти же образцы в дальнейшем используются для определения остаточной водонасыщенности и коэффициента нефтевытеснения горной породы.

Исследования емкостных характеристик горной породы проводят на образцах изготовленных из центральной части куска керна правильной геометрической формы высотой не менее 25 мм. Образцы произвольной формы должны иметь массу 20 - 100 г. Оставшийся керна после изготовления образцов для определения проницаемости и пористости применяется для других видов исследований.

Все образцы керна маркируются черной тушью или специальной краской и при необходимости с указанием ориентации относительно напластованию. Всем образцам из одного куска керна присваивается один лабораторный номер, под которым они и маркируются.

Для проведения большинства видов исследований необходимо иметь сухой минеральный скелет образца, лишенный каких-либо следов присутствия нефти, воды и других органических примесей.

Извлечение органического содержимого из пор породы с помощью растворителя называется экстрагированием и для его проведения используется аппарат Сокслета (ОСТ 10075-39).

Аппарат Сокслета (рисунок 1) состоит из трех частей: плоскодонной стеклянной колбы 1, экстрактора 2 и обратного или шарикового холодильника 3. Все три части аппарата соединяются при помощи шлифов. Нижний отвод холодильника присоединяется к водопроводу. Приготовленные из куска керна образцы загружаются в экстрактор. Затем экстрактор соединяют с колбой и заливают в него такое количество растворителя, чтобы он начал выливаться через сифон в колбу и добавляют еще небольшой избыток растворителя (примерно 50 мл). К экстрактору подсоединяют холодильник, к которому подключают воду и начинают нагревать колбу.

Колба нагревается на водяной бане или электроплитке закрытого типа в вытяжном шкафу.

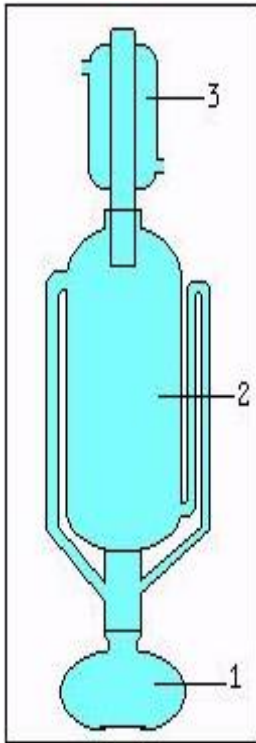


Рисунок 1 -  
Аппарат  
Сокслета

Основной частью аппарата является экстрактор. Он имеет две трубки через одну, более широкую, пары растворителя поступают из колбы в экстрактор, а через другую, изогнутую трубку или сифон, сконденсировавшаяся жидкость стекает обратно в колбу.

В качестве растворителя чаще всего используется, спиртобензольная смесь, иногда хлороформ или четырёххлористый углерод. Принцип работы аппарата Сокслета очень прост. Пары растворителя поступают через боковую трубку в экстрактор, затем в холодильник, конденсируются и образующаяся при этом жидкость омывает образцы, расположенные в экстракторе. Когда жидкость в экстракторе достигнет колена отводной трубки (сифона), она стечет в колбу.

Во время заполнения экстрактора жидкостью происходит частичное растворение вещества, и оно вместе с растворителем поступает в колбу, что позволяет, применяя ограниченное количество растворителя, извлечь неограниченное количество экстрагируемого вещества.

Если извлекаемое вещество окрашено, то и рас-

твор в экстракторе может быть окрашен. В этом случае экстрагирование продолжают до того момента, когда жидкость, остающаяся в экстракторе, станет бесцветной.

Если же вещество бесцветное, то продолжительность экстракции определяется путем анализа пробы. Для этого через холодильник опускают в экстрактор тонкую длинную стеклянную палочку, отбирают две-три капли экстракта, переносят его на стекло и выпаривают. Если на стекле не будет налета, экстрагирование заканчивают. При разборке аппарата, прежде всего, прекращают обогрев, дают прибору остыть, затем закрывают воду и осторожно снимают холодильник. После того, как жидкость стечет из эксикатора в колбу, его отсоединяют.

Проекстрагированные образцы извлекают из экстрактора и помещают в сушильный шкаф, где их высушивают в течение 12 часов, при температурах 102-105<sup>0</sup>С. После сушки и охлаждения образцы готовы к дальнейшим исследованиям.

### Вопросы для самопроверки

1. С какой целью ведётся отбор керна?
2. Как и для чего производят парафинизацию керна?
3. Какая служба предприятия отвечает за работу с керном?
4. Характеристика свойств и признаков породы, которые необходимо включить в описание керна.
5. Каким образом подготавливают образец керна для исследований. Подробно описать метод подготовки образцов керна для исследований.
6. Процесс экстрагирования. Цель работы. Работа прибора.
7. В каком случае считается процесс экстрагирования полностью законченным?

### Лабораторная работа №2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОД СИТОВЫМ МЕТОДОМ

Необходимая аппаратура и принадлежности: агатовая ступка и пестик с резиновым наконечником, аналитические весы с разновесами, стандартный набор сит и кисточка.

### *Описание аппаратуры*

Для проведения ситового анализа обычно пользуются тканными проволочными и шелковыми ситами. Размер этих сит определяют по числу отверстий, приходящихся на один линейный дюйм. Стандартный набор включает 11 сит. Информация о наборе приводится в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика сит для гранулометрического анализа

№ сита	Сторона квадратного отверстия, мм	№ сита	Сторона квадратного отверстия, мм
6	3,36	70	0,210
12	1,68	100	0,149
20	0,89	140	0,105
30	0,59	200	0,074
40	0,42	270	0,053
50	0,30	-	-

### *Порядок выполнения работы*

Прожестрагированный и высушенный образец зерна размельчают на составляющие его зерна при помощи агатовой ступки и пестика с резиновым наконечником. Допускается применение других способов измельчения горной породы при условиях сохранения целостности зерен составляющих породу.

Из приготовленного, по стандартной методике берут навеску песка, равную 50 г. с точностью определения навески 0,01 г. Навеску песка высыпают в набор сит, установленных друг на друга в порядке убывания размера отверстий, то есть в порядке, приведённом в таблице 1.

В течение 15 минут встряхивают набор сит и добиваются полного прорасеивания песчаного материала.

По окончании просеивания содержимое каждого сита и тазика аккуратно высыпают на гляцевую бумагу, обметая каждое сито кисточкой.

Путём взвешивания определяют массу каждой фракции, то есть массу песчаного материала, оставшегося на каждом сите. Точность определения массы составляет 0,1 г.

Рассчитывается процентное содержание каждой фракции, исходя из того, что навеска 50 г. составляет 100%. Суммарная потеря массы при проведении анализа не должна превышать 1 %.

### *Оформление результатов исследования*

Результаты взвешивания фракций при ситовом анализе вносятся в таблицу 1. По усредненным данным таблицы 1 строят график (или гистограмма) распределения зерен породы по размерам (рисунок 2) и график суммарного состава (рисунок 3). Для построения графика по оси ординат откладывают массовые доли фракции в процентах, а по оси абсцисс – диаметр частиц  $d$  или  $\lg d$ .

При построении второго графика по оси абсцисс откладывают диаметры  $d$  частиц, а по оси ординат – изменения массы зерен, приходящиеся на единицу изменения их диаметра. Все результаты исследований удобнее оформлять в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты исследований гранулометрического состава

Фракция, мм	Масса, г	%	Фракция, мм	Масса, г	%
Более 3,36			0,300-0,210		
3,36-1,68			0,210-0,149		
1,68-0,86			0,149-0,105		
0,84-0,59			0,105-0,074		
0,59-0,42			0,074-0,053		
0,42-0,30			Менее 0,053		

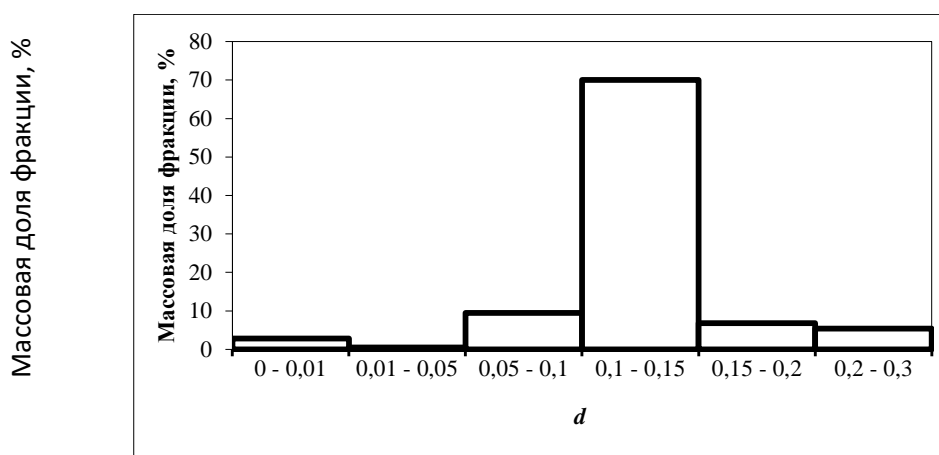


Рисунок 2 – Гистограмма распределения зерен породы по размерам

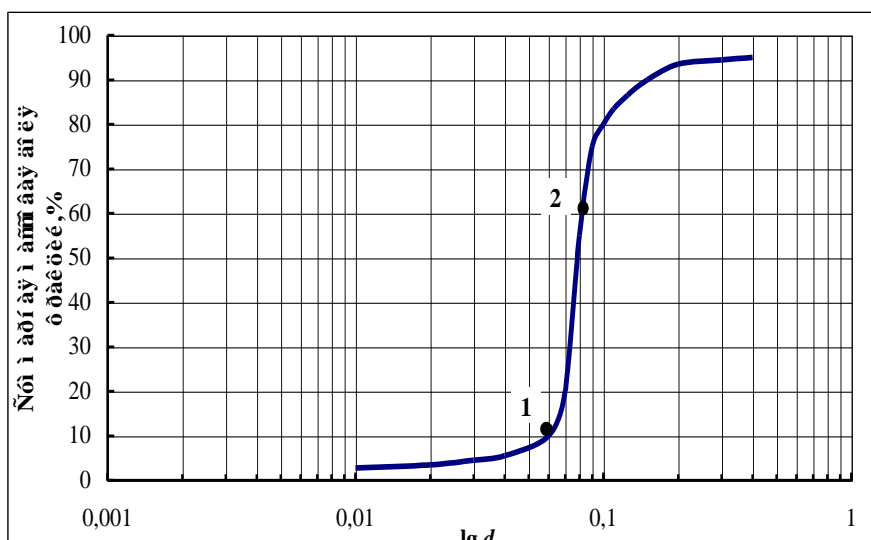


Рисунок 3– График суммарного гранулометрического состава зерен породы

В заключение делается **вывод**:

- о степени неоднородности частиц породы - отношение размера частиц, при котором сумма масс фракций составляет 60% общей массы, к размеру частиц, при котором сумма масс фракций равна 10%:  $d_{60}/d_{10}$ , где  $d_{60}$  – диаметр частиц, при котором сумма масс фракций составляет 60 % (точка 2 на рисунке 2),  $d_{10}$  - диаметр частиц, при котором сумма масс фракций составляет 10 % (точка 3 на



рисунке 2). Коэффициент неоднородности зерен породы, слагающих нефтяные месторождения обычно колеблется в пределах 1,1 – 20,0;

- о базовом размере частиц породы для расчета отверстий фильтра – размер частиц породы, соответствующий размеру отверстий сита, через которое прошло 50% всей массы частиц.

Таблица 3 - Результаты ситового анализа

Масса навески до отсева, г		Распределение фракций в навеске при размере зерен, мм														Масса навески после отсева, г	Расхождение массы навески до и после отсева, г			
		> 0,63		0,630 – 0,400		0,400 – 0,315		0,315 – 0,200		0,200 – 0,160		0,160 – 0,100		0,100 – 0,071				0,071 – 0,063		< 0,063
г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	

### Вопросы для самопроверки

- 1 В каком виде должен быть подготовлен образец керна для данного анализа?
- 2 В каком порядке устанавливаются сита в зависимости от размера отверстий сит?
- 3 Какие работы проводятся по окончании просеивания фракций?
- 4 Подробно описать порядок построения гистограммы распределения зерен породы по размерам и графика суммарного состава зерен породы.
- 5 Цель проведения гранулометрического анализа (сделать выводы).

## Лабораторная работа №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

### Необходимая аппаратура и принадлежности

Аналитические весы с разновесами, жестяной мостик, стакан ёмкостью на 100 мл, вакуум-насос со стеклянным колпаком и притертой пробкой, тонкая капроновая нить и очищенный керосин.

### Порядок работы

Определяют массу проэкстрагированного и высушенного образца путем взвешивания на аналитических весах. Точность, с которой определяется масса во время опыта, составляет 0,001 г.

После взвешивания образец ставят в сосуд, помешают под колпак вакуумной установки и вакуумируют отдельно с рабочей жидкостью до остаточного давления 3-5 мм ртутного столба. Затем рабочую жидкость постепенно пропускают в сосуд с образцом до погружения образца в жидкость на 0,5 см. Продолжают вакуумировать до тех пор, пока образец полностью пропитается рабочей жидкостью. Это будет заметно по изменению цвета поверхности образца. После окончания капиллярной пропитки поднимают уровень жидкости в сосуде с образцом на 2-3 см над поверхностью образца и затем вакуумируют до прекращения выделения пузырьков

воздуха из образца. Затем под колпак вакуумной установки впускают воздух. Под воздействием атмосферного давления рабочая жидкость дополнительно проталкивается в поры образца, не содержащие воздух.

Насыщенный образец вынимают из рабочей жидкости и избыток жидкости с него удаляют. Для этого образец кладут на стекло и перекачивают его несколько раз на сухое место, пока не будет оставаться следов жидкости на стекле и поверхность образца не станет матовой.

Путем взвешивания на аналитических весах определяют массу образца насыщенного рабочей жидкостью.

Обвязывают образец капроновой нитью и взвешивают в рабочей жидкости. Для этого над чашкой весов устанавливают мостик со стаканчиком, в который налита рабочая жидкость. Образец опускают в жидкость и подвешивают на нитке к крюку коромысла весов. Определяют массу капроновой нити ( $M_n$ ).

Коэффициент открытой пористости образца горной породы рассчитывают по формуле 4:

$$m_0 = \frac{100(M_2 - M_1)}{M_2 - (M_3 - M_n)} \quad (4)$$

где  $M_0$  – коэффициент открытой пористости, %;

$M_1$  – масса сухого образца в воздухе, г;

$M_2$  – масса образца насыщенного рабочей жидкостью в воздухе, г;

$M_3$  – масса образца насыщенного жидкостью в рабочей жидкости, г;

$M_n$  – масса капроновой нити, г.

Величину открытой пористости породы рассчитывают с точностью до 0,1 %.

### **Оформление результатов исследования**

Все результаты исследований удобно оформить в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты исследований

Вид информации	Значение
Открытая пористость, ( $M$ ), %	
Масса сухого образца в воздухе ( $M_1$ ), г	
Масса насыщенного образца в воздухе ( $M_2$ ), г	
Масса насыщенного образца в жидкости ( $M_3$ ), г	
Масса капроновой нити ( $M_n$ ), г	

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Что такое пористость?
- 2 Виды пористости.
- 3 Методика определения открытой пористости по И.А. Преображенскому.
- 4 Как производится расчет коэффициента полной пористости?
- 5 Зависит ли величина открытой пористости от степени отсортированности слагающего породу материалов?

### **Лабораторная работа № 4**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД**

#### **Необходимая аппаратура и принадлежности**

Прибор ГК-5 или любая аппаратура, обеспечивающая фильтрацию газа строго через образец с заданным расходом или при заданном перепаде давления, секундомер,

штангенциркуль, газ (азот или воздух). Аппаратура состоит из трех основных частей: баллон с редуктором, кернодержатель, счетчик расхода газа.

Принципиальная схема аппаратуры для определения абсолютной проницаемости представлена на рисунке 5.

### ***Принцип работы установки***

Сжатый газ из баллона 1 поступает через редуктор высокого 2 и низкого 3 давлений в хлоркальциевую трубку 4, где он обезвоживается, и далее следует в кернодержатель 5, в котором находится исследуемый образец. Кернодержатель состоит из корпуса со струбциной и резинового манжета. Корпус кернодержателя разборный и включает в себя центральную часть, для установки образца керна и две крышки, необходимые для герметизации корпуса сверху и снизу. Резиновая манжета вставлена в центральную часть корпуса и служит для боковой герметизации образца горной породы. Расход проходящего через образец газа измеряется газомером 6 и секундомером; давление газа перед образцом замеряют по образцовому манометру 7. Контрольный манометр на редукторе низкого давления 3, рассчитанный на давление до 0,6 МПа, устанавливается на входной линии и служит для контроля за давлением входящей струи газа, которое не должно превышать 0,4 МПа.

Допускается применение стандартных баллонов высокого давления типа А-150 по ГОСТ 949-73 с азотом или воздухом. Для регулировки давления газа используется газовый редуктор.

Газ очищается от механических примесей и воды в воздушном фильтре и хлоркальциевой трубке. Хлоркальциевая трубка состоит из цилиндрической стальной трубки, наполненной хлористым кальцием, который поглощает водяные пары из проходящего газа.

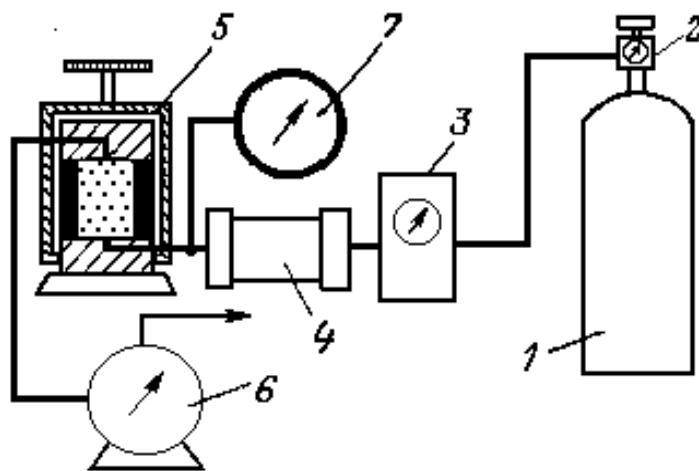


Рисунок 5 - Установка для определения абсолютной проницаемости пород

### ***Порядок работы***

Для исследования абсолютной проницаемости горной пород используют образцы керна цилиндрической формы диаметром около 30 мм и длиной не менее 25 мм. Штангенциркулем измеряют диаметр и длину образца в пяти сечениях с точностью до 0,02 см. и определяют среднеарифметические величины.

Поместить образец в кернодержатель, расположив его в нижней части манжеты. Пространство, образовавшееся над керном, закладывают специальными кольцами, подбирая их по высоте так, чтобы верхние кромки кольца и манжеты были приблизительно на одном

уровне. Надевают нижнюю и верхнюю части кернодержателя и плотно прижимают их друг к другу с помощью струбцины.

Перед началом работы с газом необходимо проверить, чтобы все краны на установке были в закрытом состоянии. Создают боковой обжим керна, для того чтобы исключить прохождение газа между стенками образца и манжеты. Два этого необходимо открыть кран на баллоне с газом и при помощи редуктора и крана бокового обжима установить давление в пределах 1-1,5 МПа, проконтролировав его манометром бокового обжима.

Открыв кран подачи газа к нижней части кернодержателя и добившись установившегося режима фильтрации газа через образец (для этого замеряют расход газа при помощи газового счетчика и секундомера), замеряют скорость продвижения мыльных пузырьков по градуированной трубке. Установившимся считается режим, когда при постоянном значении давления на манометре установленном до керна, расход газа при его замерах отличается не более чем на 2%. Замеряют окончательные значения давления и расхода газа. Точность замеров этих параметров соответственно составляет: 0,001 Па и 0,1 сек.

Измерения производятся при 3-4 равных значениях давления и расходах газа. При этом необходимо иметь в виду, что при использовании такого типа газового счетчика, точность замера расхода газа уменьшается при больших скоростях фильтрации. Поэтому рекомендуется при помощи крана подачи газа давать расход не превышающий 2 см<sup>3</sup>/с.

По окончании измерений закрывают кран на баллоне с газом, закрывают все краны на аппаратуре и извлекают образец горной породы из кернодержателя.

Коэффициент абсолютной проницаемости пород рассчитывают по формуле (5), которая определяется в соответствии с линейным законом фильтрации Дарси:

$$K_{ПП} = \frac{Q\mu L}{FP} \quad (5)$$

где  $K_{ПП}$  – коэффициент абсолютной проницаемости породы, мкм<sup>2</sup>;

$Q$  - объемный расход газа, м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  - вязкость газа, Па·с.;

$L$  - длина образца, м.;

$F$  - площадь поперечного сечения образца, м<sup>2</sup>;

$P$  - давление фильтрации, Па.

Из вычисленных 3 – 4 значений  $K_{ПП}$  определяют среднее.

Точность расчета коэффициента проницаемости составляет 0,001 мкм<sup>2</sup>. Все результаты исследования оформляются в виде таблицы 7.

Таблица 7 - Результаты исследования пород при определении абсолютной проницаемости

Вид информации	Значение
1	2
Длина образца ( $L$ ), м	
Диаметр образца ( $d$ ), м	
Площадь сечения ( $F$ ), м <sup>2</sup>	
Вязкость газа ( $\mu$ ), Па·с	
Давление до керна ( $P$ ), Па	
Объём проходящего газа ( $V$ ), м <sup>3</sup>	
Время прохождения объема ( $T$ ), с	
Объемный расход газа ( $Q$ ), м <sup>3</sup> /с	
Вычисленное значение коэффициента проницаемости ( $K_{ПП}$ ), мкм <sup>2</sup>	

Среднее значение коэффициента абсолютной проницаемости ( $K_{ПР}$ ), мкм <sup>2</sup>	
--	--

### Вопросы для самопроверки

- 1 Определение проницаемости горной породы.
- 2 Факторы, определяющие изменение величины проницаемости горной породы.
- 3 Понятия абсолютной, эффективной и относительной проницаемостей горной породы.
- 4 В каком образце величина абсолютной проницаемости горной породы будет больше – в изготовленном параллельно напластованию или перпендикулярно?
- 5 Методика определения абсолютной проницаемости на установке ГК-5.
- 6 Какое главное требование предъявляется к газу, используемому при определении абсолютной проницаемости горной породы.
- 7 Каким образом производится расчет  $K_{ПР}$ ?
- 8 Имеется ли взаимосвязь между открытой пористостью и абсолютной проницаемостью?

### Лабораторная работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРБОНАТНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

#### *Необходимая аппаратура и принадлежности*

Прибор определения карбонатности (АК-4), аналитические весы с разновесами, ступка, барометр, термометр и соляная кислота (1:1) т.е. вдвое разбавленная водой.

#### *Описание аппаратуры и принцип ее работы*

Принципиальная схема аппаратуры, для определения карбонатности горных пород, приведена на рисунке 6. Прибор АК-4 состоит из термостата заполненного водой (1), реакционной колбы (2), змеевика (3), бюретки (4), градуированной на 75 см с делениями по 0,2 см, цилиндра (5), уравнительной склянки (6). В реакционную колбу (2) вставляется пробка с мерной бюреткой (7) для соляной кислоты, имеющая сливной кран (8). Выделяющийся из породы углекислый газ (при соприкосновении породы с соляной кислотой), поступает из реакционной колбы через змеевик в измерительную часть аппарата, состоящую из двух вставленных одна в другую стеклянных трубок: бюретка (4) и цилиндр (5). На одной из них (бюретке 4) нанесены деления, позволяющие определять объем поступившего в бюретку газа. По объёму выделившегося в результате реакции углекислого газа путём расчетов определяется содержание карбонатов в горной породе

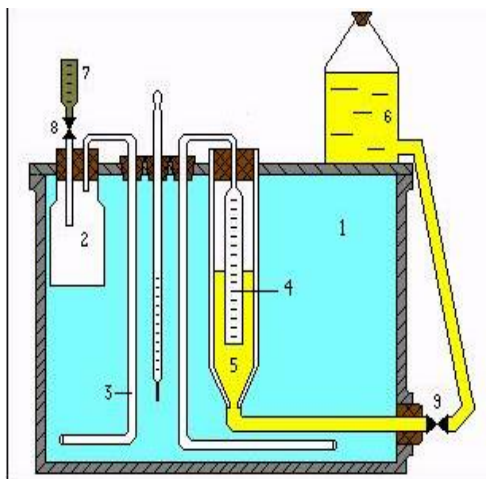


Рисунок 6 - Установка для определения карбонатности пород

## Порядок работы

Перед началом работ необходимо подготовить аппаратуру к работе. Для этого с помощью уравнивательной склянки (6) и крана (9) наполняют водой бюретку (4) и цилиндр (5) с таким расчетом, чтобы вода в них находилась на одном уровне. Замеряют уровень воды в градуированной бюретке. Тщательно растирают в ступке образец породы и берут навеску порошка весом около 0,5 г. Точность определения массы породы 0,001 г. Высыпают навеску породы в реакционную колбу, которая затем плотно закрывается пробкой. Наливают в мерную бюретку (7) соляную кислоту, предварительно убедившись, что кран (8) закрыт. Открывая кран (8), впускают в мерную бюретку замеренное количество соляной кислоты (2-3 см<sup>3</sup>). Через 15 минут с момента начала реакции кислоты с породой берут второй отсчет уровня воды в бюретке, устанавливают по барометру барометрическое давление и замеряют температуру воды в термостате.

Открывают пробку реакционной колбы и моют колбу от остатков горной породы и кислоты. Карбонатность горной породы рассчитывают по формуле (8):

$$K = \frac{[(V_1 - V_2) - V_K] \cdot \rho}{4,4M} \quad (8)$$

где  $K$  - содержание  $CaCO_3$  в породе, %;  
 $V_1$  - отсчет по бюретке (4) до проведения опыта, см<sup>3</sup>;  
 $V_2$  - отсчет по бюретке (4) после проведения опыта, см<sup>3</sup>;  
 $V_K$  - объем кислоты, введенной в реакционную колбу, см<sup>3</sup>;  
 $\rho$  - плотность  $CO_2$ , мг/см<sup>3</sup>;  
 $M$  - масса породы, взятой для опыта (навески), г.

Величину плотности углекислого газа определяют по таблице 9, где учитываются давление и температура во время опыта.

Таблица 9 - Поправочные коэффициенты для плотности углекислого газа

Температура, °C	Барометрическое давление, мм рт. ст.					
	745	750	755	760	765	770
28	1,785	1,801	1,815	1,828	1,837	1,850
26	1,798	1,813	1,827	1,840	1,848	1,864
24	1,810	1,825	1,840	1,853	1,862	1,875
22	1,822	1,836	1,852	1,865	1,875	1,888
20	1,835	1,851	1,865	1,878	1,888	1,901
18	1,847	1,863	1,877	1,890	1,900	1,913
16	1,861	1,875	1,890	1,903	1,913	1,926
14	1,873	1,888	1,904	1,917	1,927	1,940
12	1,886	1,903	1,917	1,930	1,940	1,953
10	1,900	1,916	1,931	1,944	1,954	1,967

Все результаты исследования удобнее оформить в виде таблицы 10.

Таблица 10 - Результаты исследования образцов по определению карбонатности

Вид информации	Значение
Барометрическое давление, мм рт. ст	
Температура, °C	
Плотность $CO_2$ , мг/см <sup>3</sup>	
Масса породы взятой для опыта ( $M$ ), г	
Отсчет по бюретке до проведения опыта ( $V_1$ ), см <sup>3</sup>	

Отсчет по бюретке после проведения опыта ( $V_2$ ), см <sup>3</sup>	
Объем кислоты введенный в колбу ( $V_k$ ), см <sup>3</sup>	
Содержание $CaCO_3$ в породе ( $K$ ), %	

### Вопросы для самопроверки

- 1 Что понимается под карбонатностью горной породы?
- 2 В чем заключается сущность газометрического метода определения карбонатности горной породы?
- 3 Порядок выполнения анализа на установке АК-4.
- 4 Формула расчета карбонатности горной породы.
- 5 Существует ли взаимосвязь между открытой пористостью и карбонатностью горной породы?

### Лабораторная работа № 6

#### ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕ- И ВОДОНАСЫЩЕННОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ

##### *Необходимая аппаратура и принадлежности*

Аппарат Закса (ЛП-4), аналитические весы, букс, толуол.

##### *Описание аппаратуры*

Аппарат Закса (рисунок 7) состоит из колбы (4), стеклянной ловушки (2), калиброванной на 10 см<sup>3</sup>, стеклянного холодильника и стеклянного цилиндра (3) с дном из пористого стекла (фильтра). Колба, ловушка и холодильник тщательно прищиповываются друг к другу для устранения утечки паров растворителя через места соединения. В процессе работы цилиндр с керном помещают в горловину колбы на специальные выступы. В верхней части цилиндра имеются два отверстия, в которых закрепляют проволочную дужку для удобства извлечения цилиндра из колбы.

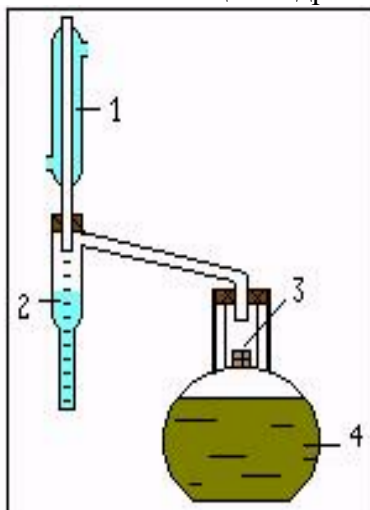


Рисунок 7 – Аппарат Закса

Эксперимент должен проводиться в вытяжном шкафу. Нефтепродукты из образцов породы вымываются кипящим растворителем. В качестве растворителя используется безводный толуол  $C_7H_8$  (плотность 867 кг/м<sup>3</sup>, температура кипения 111<sup>0</sup>С).

##### *Порядок работы*

Для исследования используют разгерметизированный образец керна. Очистив его от раствора и шлама, из серединной части керна откалывают кусок произвольной формы и

помещают его в бокс, чтобы избежать испарения жидкости с поверхности образца. Если после определения нефте- и водонасыщенности планируется использовать именно этот же кусок керна для других видов исследования, то тогда готовится специальный образец. Для этого из керна с помощью алмазной коронки и с использованием машинного масла высверливается образец цилиндрической формы. Путём взвешивания образца в бюксе, а затем отдельно бюкса определяют массу образца с точностью до 0,001 г. Помешают образец в цилиндр. Наливают в колбу (до половины) толуол и установив цилиндр с образцом в горловину, собирают прибор.

Подключают холодильник к воде, (вода поступает снизу вверх) и включают электропечь. Подогрев колбы регулируют таким образом, чтобы образец породы всё время был погружен в растворитель и вместе с тем растворитель не переливался через край цилиндра.

Вода, находящаяся в поровом пространстве образца, в процессе перегонки скапливается в ловушке и анализ считается законченным, когда дальнейшее увеличение объёма воды не наблюдается. Растворитель, находящийся над уровнем воды в ловушке, становится совершенно прозрачным.

Капли воды в случае их конденсации в трубке холодильника поступают в ловушку, где и замеряется затем объём выделившейся из образца воды.

В отдельных случаях (при слабопроницаемых породах с осмолившейся нефтью) по окончании дистилляции воды рекомендуется, удалив толуол из колбы, произвести дополнительную экстракцию четырёххлористым углеродом.

После окончания экстрагирования печь выключают, растворителю из цилиндра дают стечь. Цилиндр с образцом извлекают и высушивают в термостате до постоянной массы. Объём нефти в образце определяют из выражения (9):

$$V_H = \frac{M_1 - M_2 - V_B \rho_B}{\rho_H} \quad (9)$$

Коэффициент нефтенасыщенности в долях единицы будет равен:

$$K_H = \frac{V_H \rho_{II}}{M_{II} M_2} \quad (10)$$

Коэффициент водонасыщенности в долях единицы будет равен:

$$K_B = \frac{V_B \rho_{II}}{M_{II} M_2} \quad (11)$$

В формулах (9 – 11) используются следующие обозначения:

$V_n$  - объём нефти в образце, см<sup>3</sup>;

$K_n$  - коэффициент нефтенасыщенности, доли единиц;

$K_B$  - коэффициент водонасыщенности, доли единицы;

$V_B$  - объём воды, выделившегося из образца, см<sup>3</sup>;

$M_1$  - масса образца насыщенного нефтью, водой, г;

$M_2$  - масса экстрагированного и высушенного образца, г;

$\rho_n$  - плотность нефти, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_v$  - плотность воды, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_n$  - кажущая плотность породы, г/см<sup>3</sup>;

$M_n$  - полная пористость, доли единицы.

Расчёт коэффициентов производится с точностью до 0,001.

### **Оформление результатов исследования**

Все результаты исследования удобно оформить в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Результаты исследований

Вид информации	Значение
Объём нефти в образце ( $V_n$ ), см <sup>3</sup>	



Коэффициент нефтенасыщенности ( $K_n$ ), доли единицы	
Коэффициент водонасыщенности ( $K_B$ ), доли единицы	
Объем воды, выделившегося из образца ( $V_B$ ), см <sup>3</sup>	
Масса образца насыщенного нефтью, водой ( $M_1$ ), г	
Масса экстрагированного и высушенного образца ( $M_2$ ), г	
Плотность нефти ( $\rho_n$ ), г/см <sup>3</sup>	
Плотность воды ( $\rho_B$ ), г/см <sup>3</sup>	
Кажущая плотность породы ( $\rho_{II}$ ), г/см <sup>3</sup>	
Полная пористость ( $M_{II}$ ), доли единицы	

Таблица 12 – Варианты к лабораторной работе № 2.8.1

№ п/п	$M_0$ , г	$m_{об}$	$\rho_n$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_B$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_{II}$ , г/см <sup>3</sup>	$S_H$	$S_B$	$M'_0$	$S_r$	$V_H$	$V_B$
1	50	0,21	0,76	1,05	1,8	0,6	0,33	45,8	0,07	3,21	1,76
2	50	0,23	0,85	1,07	1,7	0,64	0,26	45,0	0,1	3,89	1,58
3	50	0,23	0,82	1,06	1,9	0,68	0,27	45,5	0,05	3,75	1,48
4	50	0,24	0,81	1,10	2,3	0,72	0,23	45,5	0,05	3,4	1,09
5	50	0,26	0,77	1,02	1,9	0,76	0,09	45,8	0,15	4,76	0,56
6	50	0,20	0,83	1,06	2,1	0,80	0,1	46,6	0,1	3,55	0,44
7	50	0,19	0,87	1,07	2,2	0,56	0,44	45,1	0	2,18	1,7
8	50	0,22	0,84	1,05	2,0	0,52	0,33	46,0	0,15	2,63	1,67
9	50	0,23	0,82	1,02	2,3	0,84	0,01	46,4	0,15	3,98	0,053
10	50	0,21	0,87	1,11	1,8	0,88	0,02	45,8	0,1	4,70	0,111
11	50	0,22	0,86	1,03	2,3	0,84	0,07	43,9	0,09	3,53	0,29
12	50	0,21	0,85	1,08	2,6	0,81	0,19	47,2	0	3,5	0,30
13	50	0,2	0,84	1,07	2,2	0,69	0,24	46,39	0,07	2,91	1,01

### Вопросы для самопроверки

- 1 Принцип отбора образцов керна для анализа и его подготовка для работы
- 2 Что такое остаточная водонасыщенность?
- 3 Что такое коэффициент нефтенасыщенности?
- 4 Какие требования предъявляются к кернаму материалу при определении нефте- и водонасыщенности горной породы прямыми методами?
- 5 Какие соотношения существуют между коэффициентами нефтенасыщенности и остаточной водонасыщенности в сформировавшейся залежи нефти?
- 6 Какие соотношения существуют между коэффициентами нефтенасыщенности и остаточной водонасыщенности в молодой, не закончившей формирование, залежи нефти?
- 7 Подробное описание выполнения анализа на аппарате Закса.
- 8 Какой растворитель используется в данной работе и почему?
- 9 В каком случае анализ считается законченным?
- 10 В каком виде оформляются результаты анализа?

### Лабораторная работа № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ВОДОНАСЫЩЕННОСТИ МЕТОДОМ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

#### Необходимая аппаратура и принадлежности

Установка для насыщения образца под вакуумом, аналитические весы с разновесами, центрифуга, дистиллированная вода, лабораторный автотрансформатор ЛАТР.

### **Порядок работы**

Исследуемый образец породы предварительно очищают от нефти, высушивают до постоянного веса, взвешивают в сухом состоянии на аналитических весах. Путём взвешивания определяют массу сухого образца с точностью до 0,001 г и насыщают его дистиллированной водой под вакуумом.

После насыщения взвешивают образец и определяют объем воды в породе. Керна помещается в пробирку, которая вставляется в стакан ротора центрифуги. В целях уравнивания центрифуги в противоположный стакан помещается груз приблизительно равный массе керна.

Включив центрифугу с закрытой крышкой доводят число оборотов ротора до 500 в минуту и вращают образец с этой скоростью 5 минут.

Все работы с центрифугой производят согласно специальной инструкции по работе на центрифуге. Скорость центрифуги ЦЭ-3 регулируется с помощью трансформатора с переменным коэффициентом трансформации. С этой целью в этой части центрифуги устанавливается тахометр и скорость вращения сопоставляется с напряжением, получаемым с помощью ЛАТР-1.

После остановки центрифуги, извлекают исследуемый образец и путём взвешивания устанавливают массу оставшейся воды в керна и текущий коэффициент водонасыщенности.

В дальнейшем вновь помещают образец в центрифугу и повторяют вращение образца при оборотах вращения ротора 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 в минуту и времени вращения при этой скорости 5 минут. При этом каждый раз определяют массу оставшейся воды в керна и текущий коэффициент водонасыщенности.

Текущий коэффициент водонасыщенности определяется по формуле (13):

$$K_B = \frac{M_n - M_1}{M_2 - M_1} \quad (13)$$

где  $M_1$  - масса сухого образца, г.;

$M_2$  - масса образца полностью насыщенного водой, г;

$M_n$  - массы образца после каждого режима центрифугирования, г.

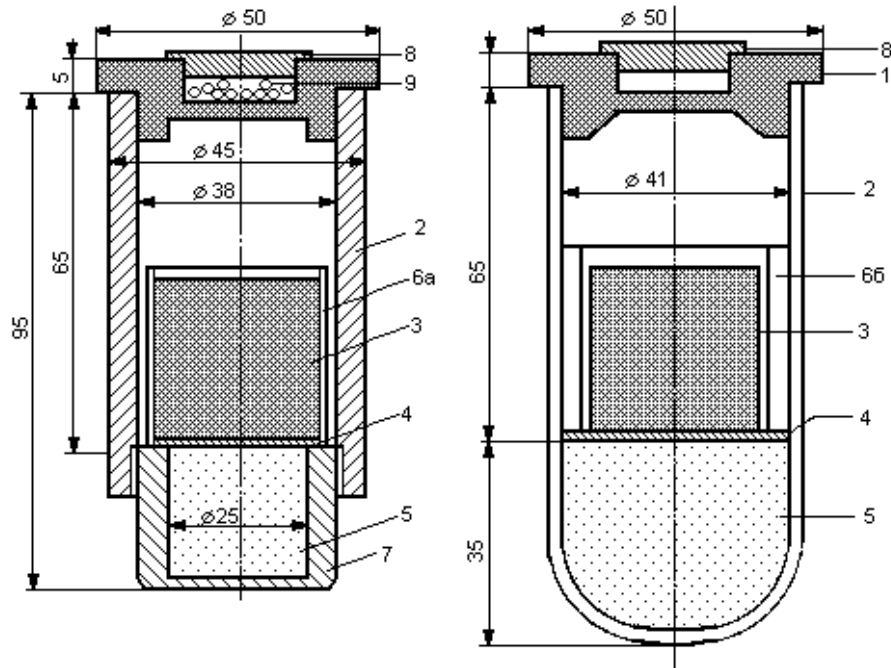
Таблица 13 – Результаты исследований

Вид информации	Значение
Масса сухого образца ( $M_1$ ), г	
Масса полностью насыщенного образца ( $M_2$ ), г	

Таблица 14 – Результаты определения водонасыщенности горных пород

№ п/п	Частота вращения ротора об/мин.	Масса керна с водой, ( $M_n$ ), г.	Масса оставшейся воды в керна, г.	Коэффициент водонасыщенности	Капиллярное давление, Па
1	2	3	4	5	6
1	500				
2	1000				
1	2	3	4	5	6

3	2000				
4	3000				
5	4000				
6	5000				



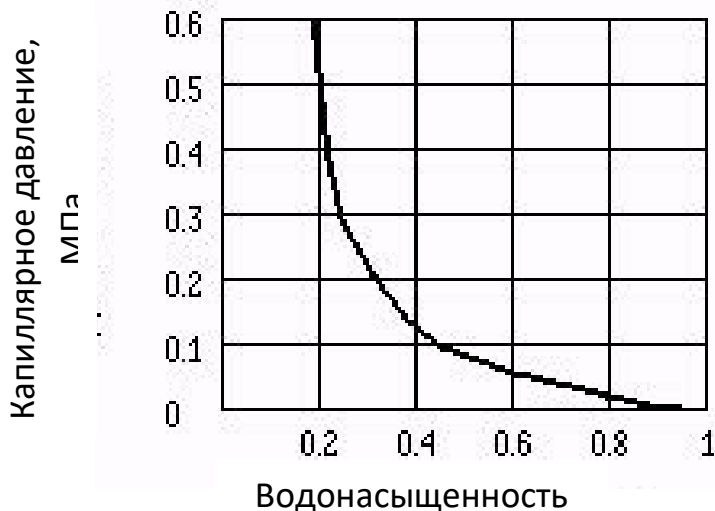
а) металлический      б) пластмассовый

1-крышка; 2- стакан; 3 - образец; 4- прокладка из фильтровальной бумаги;  
 5 – песок; 6а – чехол из проволочной сетки; 6б – кольцо из резины или пластмассы; 7 – нижняя часть стакана (съемная); 8 – пробка; 9 – дробь;

Рисунок 8 – Разрез центрифужного стакана

Все результаты исследования оформляются в виде таблицы 13.

По результатам опыта строится графическая зависимость "капиллярное давление - коэффициент текущей водонасыщенности" (рисунок 9). По этому графику устанавливают коэффициент остаточной водонасыщенности и он равен такому значению, когда при увеличении капиллярного давления величина коэффициента водонасыщенности остаётся постоянной.



### Вопросы для самопроверки

1. Что такое остаточная водонасыщенность?
2. Что такое коэффициент нефтенасыщенности?
3. Какие требования предъявляются к керновому материалу при определении нефте- и водонасыщенности горной породы прямыми методами?
4. Какие соотношения существуют между коэффициентами нефтенасыщенности и остаточной водонасыщенности в сформировавшейся залежи нефти?
5. Какие соотношения существуют между коэффициентами нефтенасыщенности и остаточной водонасыщенности в молодой, не закончившей формирование залежи нефти?
6. Какие соотношения существуют между коэффициентами нефтенасыщенности и остаточной водонасыщенности в переходной зоне нефтяной залежи?
7. Что такое текущий коэффициент нефтенасыщенности?
8. Какой из коэффициентов нефтенасыщенности больше: начальный или текущий?

### Лабораторная работа № 8

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

#### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ АРЕОМЕТРОМ (НЕФТЕДЕНСИМЕТРОМ)

##### *Аппаратура, реактивы, материалы*

Для проведения работ необходимы: ареометры для нефти; стеклянные цилиндры для ареометров; термометр ртутный; штатив для цилиндров; термостат или водяная баня; растворители.

##### *Подготовка к анализу*

Пробу нефтепродукта доводят до температуры испытания и выдерживают при температуре окружающей среды до достижения этой температуры.

##### *Проведение анализа*

Для проведения анализа в сухой стеклянный цилиндр наливают пробу испытуемого нефтепродукта и некоторое время выдерживают с таким расчетом, чтобы он принял температуру окружающей среды. Нефтепродукт в цилиндр наливают в таком количестве, чтобы погруженный в него нефтенсиметр плавал, а продукт не переливался через край цилиндра. Пузырьки воздуха, которые образуются на поверхности, снимают фильтровальной бумагой. Измеряют температуру окружающей среды. Чистый и сухой ареометр, представляющий собой запаянный поплавок постоянного веса, в нижней части которого находится свинцовая дробь (рисунок 10), медленно и осторожно опускают в жидкость, придерживая его за верхний конец и следя за тем, чтобы он не касался стенок цилиндра. Не рекомендуется резко опускать прибор в цилиндр. Ареометр поддерживают за верхний конец, не допуская смачивания части стержня, расположенной выше уровня погружения ареометра. Когда ареометр установится, и прекратятся его колебания, отсчитывают показания по верхнему краю мениска, при этом глаз лаборанта находится на уровне мениска (рисунок 11).

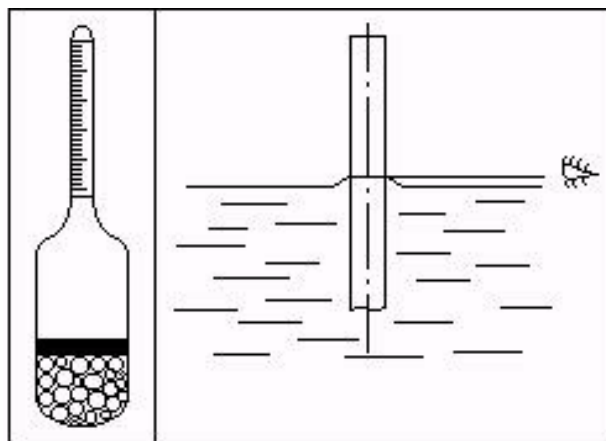


Рисунок 10 - Ареометр Рисунок 11 - Снятие показаний

Отсчет по шкале ареометра соответствует плотности нефтепродукта при температуре испытания. По окончании анализа, нефть слить в исходную посуду и цилиндр отмыть растворителем. За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух определений.

#### ***Обработка результатов***

По полученному значению плотности и округленному значению температуры находят плотность испытуемого продукта при температуре 20°C. В таблице представлены значения плотности (в г/см<sup>3</sup>) при температуре 20°C с учетом поправки на расширение стеклянного ареометра и расширение нефтепродукта. Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными, если расхождение между ними не превышает 0,0005 - 0,0006 г/см<sup>3</sup>.

#### ***Порядок выполнения работы***

Поместив цилиндр для ареометра в штатив и установив его на ровной поверхности, заполняют цилиндр на 2/3 объема нефтепродуктом. Опускают ареометр в цилиндр и снимают показания. При необходимости пересчитывают плотность при температуре испытания на плотность при нужной температуре.

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ**

Методика предназначена для определения кинематической вязкости стеклянным вискозиметром жидких нефтепродуктов при температуре испытания, у которых напряжение сдвига пропорционально скорости деформации (ньютоновских жидкостей) и расчета динамической по ГОСТ 33-82. Сущность метода заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости через капилляр вискозиметра под влиянием собственной силы тяжести.

#### ***Аппаратура, реактивы и материалы***

Вискозиметр типа Пинкевича ВПЖ-2; штативы для закрепления вискозиметра; термостат; термометр ртутный стеклянный лабораторный с ценой наименьшего деления шкалы 0,05°C; секундомер по ГОСТ 5072-72; шкаф сушильный, обеспечивающий нагрев до 100-200°C; бумага фильтровальная лабораторная по ГОСТ 12026-66.

#### ***Подготовка к испытанию***

Перед проведением испытания вискозиметр тщательно промывают соответствующим растворителем, затем горячей водой и заливают не менее, чем на 6 часов хромовой смесью. После этого вискозиметр промывают дистиллированной водой и сушат в сушильном шкафу при температуре 100-200°C.

### ***Проведение испытания***

Вискозиметры Пинкевича представляют собой V-образную трубку, в одно колено которой впаян капилляр, переходящий в два расширения. Между расширениями имеется метка - *M1*, а внизу расширения - метка *M2*. В верхней части второго колена есть небольшой отвод, на который надевается резиновая трубка при заполнении вискозиметра нефтепродуктом. В нижней части оба колена соединяются с помощью расширения, служащего резервуаром для стока нефтепродукта.

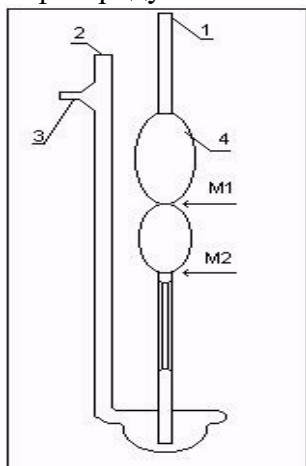


Рисунок 13 –  
Вискозиметр ВПЖ

После проведения испытания нефтепродукт из вискозиметра сливают, и вискозиметр промывают растворителем.

Вискозиметры выпускаются с капиллярами различного диаметра. Каждый вискозиметр снабжен выпускным аттестатом, в котором указывается постоянная вискозиметра, которая используется при вычислении вязкости пробы.

### ***Методика выполнения работы при работе с вискозиметром***

Порядок отбора пробы испытуемого продукта ВПЖ-2 и Пинкевича одинаков. Для этого жидкость наливают в стеклянный стаканчик и опускают в него конец колена вискозиметра с капилляром. Отверстие другого колена вискозиметра зажимают пальцем и через резиновую трубку, с помощью резиновой груши, нагнетают нефтепродукт в вискозиметр до метки *M2*. Во время нагнетания продукта следят за тем, чтобы не образовывалось пузырьков воздуха, разрывов и пленок.

После заполнения обоих расширений вискозиметра его вынимают из стаканчика с нефтепродуктом и быстро переворачивают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена избыток нефтепродукта и надевают на него резиновую трубку. Строгое соблюдение методики определения исключит искажение результатов анализа.



- 
- 
- Рисунок 14 – Заполнение
- вискозиметра нефтепродуктом

$$\nu = C \cdot t \quad (18)$$

где  $C$  - постоянная вискозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ ;  
 $t$  - среднее арифметическое время истечения н./п. в вискозиметре, с.

*Динамическую вязкость* исследуемого нефтепродукта ( $\mu$ ) в  $\text{мПа}\cdot\text{с}$  вычисляют по формуле (19):

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad (19)$$

где  $\nu$  - кинематическая вязкость,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;  
 $\rho$  - плотность при той же температуре, при которой определялась вязкость,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Расхождение результатов последовательных определений, выполненных одним и тем же лаборантом, работающим на одном и том же вискозиметре, в идентичных условиях при использовании одного и того же прибора, не должно превышать 0,35 % от среднего арифметического значения.

Результаты определения кинематической и динамической вязкости округляют до сотых долей.

### Вопросы для самопроверки

- 1 Определение плотности нефтепродуктов. Формула определения, размерность.
- 2 Методика определения плотности нефтепродуктов ареометром
- 3 Понятие кинематической и динамической вязкостей нефтепродуктов
- 4 Формулы определения кинематической и динамической вязкостей, их размерность в международной системе единиц.
- 5 Методика определения кинематической вязкости в лабораторных условиях.
- 6 Существует ли связь между кинематической и динамической вязкостями?

## Лабораторная работа № 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ СЧЕТА КАПЕЛЬ

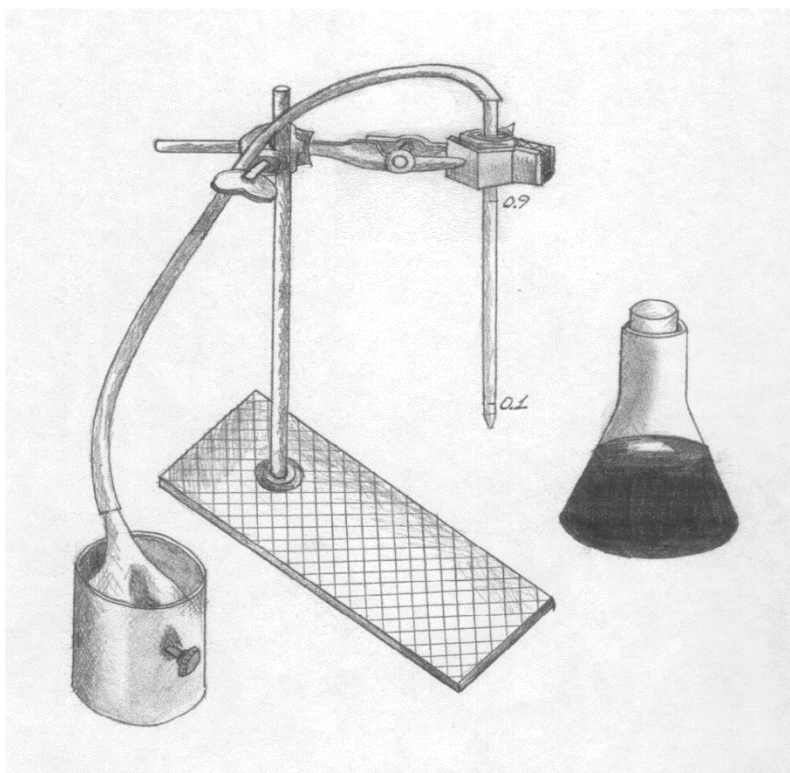


Рисунок 15 – Прибор для определения поверхностного натяжения методом счета капель

Таблица 15 – Результаты исследований

№ п/п	Число капель, $N$	Объем вытекаемой жидкости, $V_{к.н.}, \text{м}^3$	Поверхностное натяжение $\sigma, \text{Н/м}$
Нефть			
1			
2			
3			
Дизельное топливо			
1			
2			
3			

### Вопросы для самопроверки

- 1 Что такое поверхностное натяжение жидкости? Формула его определения, размерность.
- 2 Сущность метода счета капель.
- 3 Методика определения поверхностного натяжения на приборе сталагмометре.

### Критерии оценки:

за каждую верно выполненную и оформленную работу – 5 баллов;  
за неправильно выполненную и оформленную работу – 0 баллов.



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**СУРГУТСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**  
 (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
 (Филиал ТИУ в г. Сургуте)

Кафедра нефтегазовое дело

**Вопросы для промежуточной аттестации (зачет)**

1. Что представляет из себя пористая среда и каковы её фильтрационные характеристики?
2. Дайте определение скорости фильтрации. Записать линейный закон фильтрации Дарси.
3. Дайте характеристику режимов нефтегазоносных пластов.
4. Что такое пористость среды?
5. Что такое просветность среды?
6. Записать формулу, связывающую скорость фильтрации и действительную скорость флюида.
7. Что характеризует коэффициент фильтрации? Какова его размерность?
8. Что характеризует коэффициент проницаемости? Записать формулу связывающую коэффициент фильтрации и проницаемости. Какова размерность коэффициента проницаемости?
9. Что такое массовая скорость фильтрации?
10. Записать дифференциальное уравнение неразрывности при фильтрации флюидов в нефтегазоносных пластах.
11. Записать дифференциальное уравнение движения флюидов по закону Дарси в пористых средах.
12. Какова зависимость плотности сжимаемой жидкости, идеального и реального газа от давления?
13. Какова зависимость динамического коэффициента вязкости от давления?
14. Какова зависимость коэффициентов пористости и проницаемости от давления?
15. Записать дифференциальное уравнение установившейся фильтрации несжимаемой жидкости.
16. Что представляет собой потенциал векторного поля скоростей фильтрации?
17. Какие бывают одномерные потоки фильтрации?
18. Записать формулу дебита для притока несжимаемой жидкости к дренажной галерее.
19. Какова зависимость распределения давления в пласте при фильтрации несжимаемой жидкости к дренажной галерее?
20. Что такое совершенная скважина?
21. Записать дифференциальное уравнение фильтрации для плоскорадиального потока к совершенной скважине.
22. Записать зависимость распределения давления в пласте при фильтрации к совершенной скважине.
23. Записать формулу Дюпюи для дебита совершенной скважины.
24. Начертить индикаторную диаграмму для совершенной скважины.
25. Что называется коэффициентом продуктивности скважин? Записать формулу для этого коэффициента, его размерность в СИ и его размерность на производстве при добыче нефти.
26. Что такое депрессионная воронка?

27. Как определяется средневзвешенное давление в пласте?
28. Записать общий вид дифференциального уравнения фильтрации несжимаемой жидкости для радиально-сферического потока.
29. Записать формулу дебита для радиально-сферического потока к скважине, вскрывающей кровлю пласта.
30. Дать определение неоднородного пласта. Какие бывают неоднородности пласта?
31. Как определить средний коэффициент проницаемости для слоисто-неоднородного пласта плоскопараллельного потока?
32. Как определить средний коэффициент проницаемости для зонально-неоднородного пласта плоскопараллельного потока?
33. Записать формулу дебита дренажной галереи зонально-неоднородного пласта.
34. Как определить средний коэффициент проницаемости слоисто-неоднородного пласта плоскорадиального потока?
35. Как определить средний коэффициент проницаемости зонально-неоднородного пласта плоскорадиального потока? Записать формулу дебита скважины для этого случая.
  
36. Что такое точечный «сток» и «источник»?
37. Записать формулу для потенциала в точке на расстоянии  $r$  от центра скважины.
38. Записать формулу потенциала для любой точки пласта, когда имеется несколько скважин.
39. Что такое «интерференция скважин»?
40. Записать формулу удельного дебита скважины, приходящейся на единицу мощности пласта.
41. Как определяется дебит группы скважин в пласте с удалённым контуром питания?
42. Как определяется дебит кольцевой батареи с удалённым контуром питания?
43. Что представляет собой коэффициент взаимодействия скважин и коэффициент суммарного взаимодействия скважин?
44. Что представляет собой метод отображения источников и стоков относительно открытой границы пласта и относительно закрытой границы пласта?
45. Что такое «несовершенная скважина» и какие бывают виды несовершенства?
46. Как определить дебит несовершенной скважины?
47. Что такое коэффициент совершенства скважины и приведённый радиус скважины?
48. Что представляет собой газированная жидкость?
49. Что такое «давление насыщения»?
50. Записать формулу для объёмной растворимости газа в нефти.
51. Дать определение коэффициента объёмной растворимости газа.
52. Что такое «фазовая проницаемость»?
53. Дать определение Насыщенности порового пространства.
54. Что представляют собой относительная и фазовая проницаемости?
55. Что такое газовый фактор?

#### **Критерии оценки:**

При оценке знаний обучающиеся получают билет с 2 вопросами из выше представленного списка, за каждый правильный ответ – 50 баллов.

Максимальное количество баллов – 100.