

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НЕФТЕКУМСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

**Методические указания**

**по выполнению лабораторных работ**

**по ПМ.01** Проведение технологических процессов разработки и  
эксплуатации нефтяных и газовых месторождений

**МДК.01.01** Разработка нефтяных и газовых месторождений

для специальности

21.02.01 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

2019-2020 уч.г.

<p><b>ОДОБРЕНО</b>  На заседании ПМО (МО)  Протокол № 1  « 18 » августа 2019г.  Руководитель ПМО 21.02.01  Разработка и эксплуатация нефтяных и  газовых месторождений  _____  подпись (Федорова Е.А.)  (Ф.И.О.)</p>	<p>Методические указания составлены в  соответствии с требованиями Федерального  государственного образовательного  стандарта среднего профессионального  образования по специальности  21.02.01 Разработка и эксплуатация  нефтяных и газовых месторождений</p> <p style="text-align: right;"><b>УТВЕРЖДАЮ</b>  Заместитель директора по УМР  _____  подпись (Шведова Е.С.)  (Ф.И.О.)</p>
--	--

**Составитель (составители):**

1. Маховикова Людмила Григорьевна, преподаватель ГБПОУ НРПК  
(Ф.И.О., занимаемая должность)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Порядок выполнения практических работ.....	6
2 Требования к оформлению отчетов по практическим работам.....	7
3 Защита практической работы.....	8
4 Критерии оценки практических работ.....	9
5 Лабораторные работы.....	10
5.1 Практическая работа №1 «Определение плотности породы методом гидростатического взвешивания».....	10
5.2 Практическая работа №2 «Определение пористости горных пород».....	17
Список использованных источников.....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Методические указания по ПМ.01 МДК 01.01 «Разработка нефтяных и газовых месторождений» для выполнения лабораторных работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению лабораторной работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к лабораторной работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о лабораторной работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму. Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на учебном занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Выполнение лабораторных работ направлено на достижение следующих целей:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения профессионального модуля.

Предусмотрено проведение двухлабораторных работ для студентов очной формы обучения. Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения лабораторных работ в ходе освоения МДК 01.01 Разработка нефтяных и газовых месторождений и выполнения лабораторных работ у студента формируются компетенции:

ПК 2.5 Оформлять технологическую и техническую документацию по эксплуатации нефтегазопромыслового оборудования.

ПК 3.1 Осуществлять текущее и перспективное планирование и организацию производственных работ на нефтяных и газовых месторождениях.

ПК 3.2 Обеспечивать профилактику и безопасность условий труда на нефтяных и газовых месторождениях.

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

Внимание! Если в процессе подготовки к лабораторным или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий. Время проведения дополнительных занятий можно узнать в открытом информационном пространстве Колледжа.

## **1 Порядок выполнения лабораторных работ**

1. Студент должен прийти на практическое занятие подготовленным. Необходимо заранее изучить методические указания по его проведению. Обратить внимание на цель занятия, на основные вопросы для подготовки к занятию, на содержание темы занятия.

2. Отчет о проделанной работе следует выполнять в тетради для практических работ в клетку. Содержание отчета указано в описании практической работы.

3. После выполнения работы студент представляет письменный отчет.

4. Студент должен защитить лабораторную работу индивидуально. Подвести итог и сформулировать основные выводы.

5. По результатам защиты лабораторных работ студент допускается к экзамену (2 (4) семестр).

## **2 Требования к оформлению отчетов**

Каждый студент ведет рабочую тетрадь по лабораторным работам, оформление которой должно отвечать следующим требованиям:

- на титульном листе указывается название раздела, курса, группы, фамилия, имя, отчество студента;
- каждая работа нумеруется в соответствии с методическими указаниями, пишется дата выполнения работы;
- в рабочую тетрадь полностью записывается название работы, цель, дается краткая характеристика хода работы;
- в конце каждой лабораторной работы делается вывод или заключение, которые обсуждаются при защите практической работы.

Проведение лабораторных работ включает в себя следующие этапы:

- постановку темы занятий и определение задач лабораторной работы;
- определение порядка лабораторной работы или отдельных ее этапов;
- непосредственное выполнение лабораторной работы студентами и контроль за ходом занятий;
- подведение итогов лабораторной работы и формулирование основных ВЫВОДОВ.

### **3 Защита лабораторной работы**

1 Студент представляет преподавателю тетрадь с лабораторными работами, которая содержит полностью оформленные письменные отчеты.

2 Студент должен защитить лабораторную работу индивидуально. Подвести итог и сформулировать основные выводы. Сдать работу преподавателю (т.е. защитить ее на оценку) можно на том же занятии, на котором она выполнялась. Если оформление работы требует дополнительного времени, то защита выполненной лабораторной работы проводится на консультации.

3 Студент проходит собеседование с преподавателем по теории, а также ответы на контрольные вопросы в конце каждой лабораторной работы.



#### 4 Критерии оценки лабораторных работ

№ п/п	Критерии оценки	Метод оценки	Работа выполнена	Работа выполнена не полностью	Работа не выполнена
			Высокий уровень 3 балла	Средний уровень 2 балла	Низкий уровень 1 балл
1.	Правильность и самостоятельность выполнения всех этапов практической работы	Наблюдение преподавателя	Практическая работа выполнена самостоятельно и правильно	При выполнении практической работы обучающийся допускал незначительные ошибки, часто обращался за помощью к преподавателю	Практическая работа не выполнена. Обучающийся выполнял работу только с помощью преподавателя и других обучающихся
2.	Наличие конспекта. материал которого соответствует теме практической работы Наличие заготовки отчета к практической работе	Наблюдение преподавателя	Имеется заготовка отчета к практической работе Содержание конспекта полностью соответствует теме практической работы	Заготовка отчета имеется в наличии, но с недочетами, не полными таблицами и т.п. Конспект имеется в наличии, но содержит не полный материал теме практической работы	Обучающийся не имеет конспекта и заготовки отчета по практической работе. Отчет выполнен и оформлен небрежно, без соблюдения установленных требований.
3.	Правильность оформления	Проверка работы	Оформление отчета соответствует требованиям.	В оформлении незначительные недочеты и небольшая небрежность	
Оценка			3 балла	4 балла	5 баллов
			«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»

## **5 Лабораторные работы**

### *5.1 Лабораторная работа № 1*

#### **«Определение плотности породы методом гидростатического взвешивания»**

##### **Введение**

Плотность скелета горной породы (кажущаяся плотность) - это физическая величина, количественно равная массе единицы объема сухой породы вместе с порами:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Плотность пород определяют для выяснения характера связей плотности с другими петрофизическими величинами, а также для решения других геологических задач (для оценки особенностей формирующегося осадка; выявления региональной и локальной смены пород и др.).

##### **Теория**

Плотность скелета горной породы (кажущаяся плотность) - это физическая величина, количественно равная массе единицы объема сухой породы вместе с порами:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Плотность пород определяют для выяснения характера связей плотности с другими петрофизическими величинами, а также для решения других геологических задач (для оценки особенностей формирующегося осадка; выявления региональной и локальной смены пород и др.).

В лабораторных условиях обычно определяют плотность абсолютно сухого образца породы, т.к. трудно сохранить характерные для естественного залегания пород влажность, минерализацию и водогазонасыщенность.

Массу породы можно определить непосредственным взвешиванием на аналитических весах, а для определения внешнего объема образца горной породы применяется несколько методов: вытеснения ртути, обмера образцов строго правильной геометрической формы, гидростатического взвешивания насыщенного жидкостью образца в этой жидкости и в воздухе и др.

Наибольшее распространение получил метод гидростатического взвешивания сухого проэкстрагированного образца породы, покрытого тонким слоем парафина (или коллодия), в жидкости (дистиллированной воде) и в воздухе.

### **Отбор и методы подготовки образцов горных пород.**

Отбор образцов горных пород осуществляется по ГОСТ 26450.0-85, представительность отбора керна из интервалов однородных пород должна составлять не менее 2 образцов на 1 метр и возрастать в зависимости от степени их неоднородности, обеспечивая представительство каждой литологической разновидности. Для измерения могут быть использованы образцы правильной или произвольной, окатанной формы, не имеющие видимых трещин, каверн, не свойственных породе, из которой взят образец, и загрязнений твердой фазой глинистого раствора. Образцы нефтенасыщенных коллекторов проэкстрагировать и высушить при температуре 105°C до постоянной массы, поместить в эксикатор, заполненный хлористым кальцием, где оставить до начала измерений.

### **Установка**

- 1) весы аналитические типа ВЛР-200 или аналогичные;
- 2) стаканчик с рабочей жидкостью (дистиллированная вода) для гидростатического взвешивания;
- 3) подставка-мостик для стакана;
- 4) исследуемый образец;

- 5) металлическая или капроновая нить (леска) для подвешивания образца;
- 6) емкость с парафином;
- 7) нагревательный прибор (электроплитка);
- 8) сушильный шкаф любого типа с интервалом температур от 0 до 110°C;
- 9) эксикатор с хлористым кальцием.

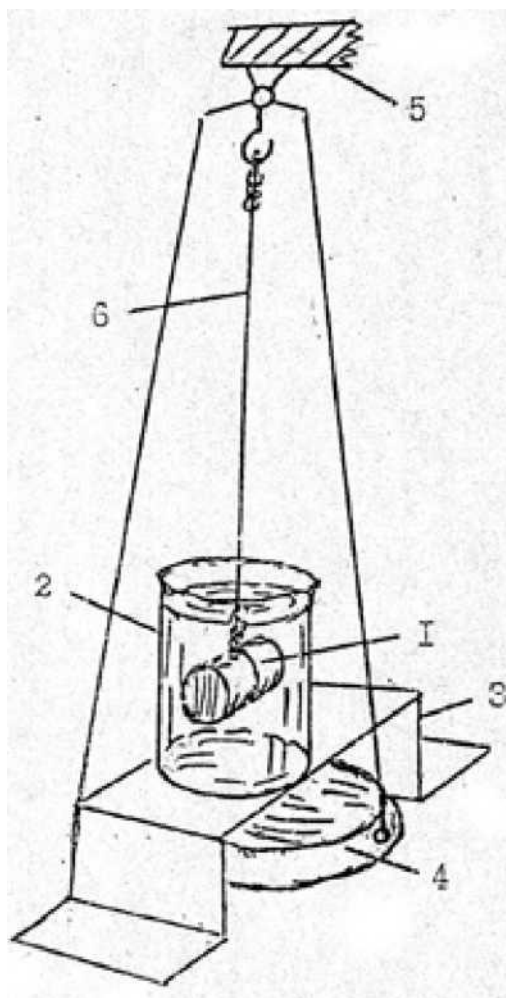


Рис. 1. Схема взвешивания образца породы в жидкости:

- 1 - образец; 2- стакан с водой; 3 – скамья (подставка); 4 – чашка аналитических весов;  
5 – коромысло весов; 6 – проволока (нить)

### **Порядок проведения работы**

1. Предварительно высушенный и проэкстрагированный образец обвязывают металлической или капроновой нитью для дальнейшего взвешивания в воде (чтобы не учитывать ее массу при расчетах) и взвешивают на технических весах -  $P_1$ .

2. Разогревают в специальной емкости парафин известной плотности ( $\rho_{\text{пар.}}$ ) до 70°C и парафинируют образец, погружая его в расплавленный парафин при температуре примерно 62°C (когда он начинает покрываться тоненькой пленочкой). При более высокой температуре расплавленный парафин может проникнуть в поры образца.

Образовавшиеся под слоем парафина пузырьки воздуха проткнуть горячей иглой и загладить.

3. После того, как парафин застынет, необходимо определить взвешиванием на технических весах массу образца с парафином в воздухе -  $P_2$ .

Объем парафина вычисляют по формуле:

$$V_{\text{пар}} = \frac{P_2 - P_1}{\rho_{\text{ПАР}}}$$

Плотность парафина определяют предварительно, производя гидростатическое взвешивание эталонного образца парафина в воде и в воздухе с точностью до 0.01 г.

4. Гидростатическое взвешивание образца, покрытого парафином производят так, как показано на рис. . Над левой чашкой весов на специальной подставке-мостике поместить сосуд с рабочей жидкостью для взвешивания. Запарафинированный образец аккуратно подвесить к коромыслу весов, полностью погрузив в рабочую жидкость, и взвесить, определив массу насыщенного образца в воде -  $P_3$ . При взвешивании необходимо следить за тем, чтобы образец не прикасался к стенкам стакана и все время полностью находился под водой.

Объем парафинированного образца будет равен:

$$V_{\text{ПАР ОБР}} = \frac{P_2 - P_3}{\rho_{\text{В}}}$$

5. Объем образца находят из соотношения:

$$V_{\text{обр.}} = V_{\text{ПАР.ОБР.}} - V_{\text{ПАР.}}$$

6. Плотность скелета горной породы по известной массе и объему образца рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{P_1}{V_{\text{ОБР}}} = \frac{P_1}{P_{\text{ПАР ОБР}} - P_{\text{ПАР}}}$$

**Форма записи результатов измерения:**

<b>Р1</b> масса чистого сухого образца, г	<b>Р 2</b> масса запарафини- рованного образца в воздухе, г	<b>Рз</b> масса запара- финированного образца в воде, г	<b>Voбр.</b> объем образца, см <sup>3</sup>	<b>Р</b> плотность образца, г/см <sup>3</sup>

**Допустимая погрешность измерений:**

Способ парафинирования при тщательном выполнении операций дает хорошие результаты.

1. Погрешность взвешивания:  $\Delta P = \pm 0.001$  г, т.е.:

$$\Delta P_{\text{отн}} = \frac{\Delta P}{P_{\text{ср}}} = \frac{0,007}{1,8} * 100\% = 0,4\%$$

2. На точности определений может отразиться проникновение парафина в поры (занижается объем). Для устранения этой погрешности парафинирование должно

- производиться очень быстро и при температуре не выше 70°C.

3. Наибольшая относительная погрешность в определении плотности возрастает с уменьшением массы и увеличением плотности образца сухой породы.

### **Меры безопасного выполнения работы:**

1. Перед включением электронагревательных приборов убедиться в их исправности, следить за тем, чтобы не нагревались розетки и вилки электропроводов. Не оставлять без присмотра работающие электронагревательные приборы.
2. Избегать попадания расплавленного парафина на открытые участки кожи.
3. Следить за чистотой рабочего места.

### **При работе на аналитических весах:**

1. Перед началом работы проверить, установлены ли весы на "0".
2. После каждого измерения снова проверить правильность установки весов.
3. Взвешивание производить, начиная с гирь большего веса и постепенно переходя к меньшим.
4. Все перестановки на чашках весов производить в нерабочем положении весов.

### **Контрольные вопросы**

- 2 Как нужно отбирать и подготавливать образцы для определения-плотности?
- 3 Перечислите необходимые приборы и материалы.
- 4 В какой последовательности производится работа?
- 5 Какие меры безопасности должны выполняться при проведении работы?

### **Содержание отчета**

- 1 Цели работы
- 2 Описание установки
- 3 Ход работы
- 4 Меры безопасного ведения работ

**Форма записи результатов измерения:**

Р1 масса чистого сухого образца, г	Р 2 масса запарафини- рованного образца в воздухе, г	Р3 масса запара- финированного образца в воде, г	V <sub>обр.</sub> объем образца, см <sup>3</sup>	Р плотность образца, г/см <sup>3</sup>

**Список использованных источников**

1. Гиматудинов Ш.К., Ширковский И.С. Физика нефтяного и газового пласта. М., Недра, 1983.
2. Котяхов Ф.И. Физика нефтегазовых коллекторов. М., Недра, 1977.
3. Гиматудинов Ш. К. и др. Физика нефтяного и газового пласта. - М.: Недра, 1982. - 312 с.
4. Оркин Г. К., Кучинский П. К. Физика нефтяного пласта. - М.: Гостоптехиздат, 1955. -299 с.
5. Амикс Дж. и др. Физика нефтяного пласта. - М.: Гостоптехиздат, 1962. - 572 с.
6. Ермилов О. М., Ремизов В. В., Ширковский Л. И., Чугунов Л. С. Физика пласта, добыча и подземное хранение газа.- М.: Наука, 1996. - 541 с.



## 5.2 Лабораторная работа № 2

### «Определение пористости горных пород»

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Один из наиболее важных параметров пород-коллекторов является коэффициент открытой пористости ( $K_{\Pi}$ ), характеризующий количество связанных между собой пор (пустот между зернами горной породы), в которые может проникнуть жидкость или газ:

$$K_{\Pi} = V_{\text{пор}} / V_{\text{обр}} .$$

где  $V_{\text{обр}}$  и  $V_{\text{пор}}$  - соответственно объем образца и суммарный объем его пор.

Различают также общую, эффективную, закрытую и динамическую пористости горных пород, которые оцениваются соответствующими коэффициентами.

Коэффициент  $K_{\Pi}$  обычно измеряется по методу Преображенского для открытой и по методу Мельчера - для общей пористости.

По И.А. Преображенскому, объем открытых пор определяется объемом керосина, вошедшего в поровое пространство керна (по разности масс сухого и насыщенного жидкостью образца), а внешний объем образца - по разности масс насыщенного жидкостью образца в воздухе и насыщающей жидкости, т.е. гидростатическим взвешиванием насыщенного керосином образца в керосине.

#### **Теория**

Пористость пород - коллекторов нефти, газа и воды является основным емкостным параметром горной породы, следовательно, его величина будет определять при прочих равных условиях объем резервуара заполненным каким-либо углеводородом в естественных залежах или объем искусственно созданного газового месторождения подземного хранилища газа.

Под пористостью горной породы понимают наличие в ней пустот, заключенных между зернами в гранулярных коллекторах, а также каверн и трещин в карбонатных коллекторах. Количественно пористость характеризуется коэффициентом пористости, который представляет собой отношение объема пор и трещин и каверн, к геологическому объему породы и выражается в долях единицы или процентах. При этом можно выделить несколько категорий пористости:

- полная (или общая) пористость;
- открытая пористость (или пористость насыщения);
- динамическая (или эффективная) пористость.

**Полная пористость включает все поры (пустоты) открытые и закрытые, независимо от их формы и взаимного расположения. Коэффициент полной пористости определяется отношением суммарного объема всех пор (пустот) открытых и закрытых к видимому (геометрическому) объему породы:**

$$m_{\text{пол}} = \frac{V_{\text{отк}} + V_{\text{закр.}}}{V_{\text{гп}}}$$

Определение коэффициента полной пористости сопряжено с обязательным дроблением образца породы до составляющих его зерен. Интерес этого параметра представляет лишь с познавательных позиций (в геологическом аспекте).

**Открытая пористость называется чистой пористостью насыщения несет в себе утилитарный смысл, так как она и определяет емкостную характеристику коллектора, то есть запасы нефти (газа или воды).**

Коэффициентом открытой пористости называется отношение суммарного объема пор образцов, заполняющихся данной жидкостью,  $V_{\text{оп}}$  к видимому объему образца:

$$m_{\text{отк}} = \frac{V_{\text{оп}}}{V_{\text{гп}}}$$

Коэффициент открытой пористости определяется по методу И.А.Преображенского сравнением масс сухого и насыщенного керосином образца для расчета объема керосина, вошедшего в поровое пространство керна, а объем образца (керна) - по разности масс насыщенного образца в воздухе и погруженного в керосин того же образца, то есть методом гидростатического взвешивания насыщенного керосином образца.

Общую (полную) пористость определяют по методу Мельчера (объемным способом).

Эффективная пористость (называется иногда динамической) характеризуется той частью объема пор, которая занята только движущейся жидкостью при установившемся движении. Коэффициентом эффективной пористости называется отношение объема  $V_{эф.}$ , по которому происходит движение жидкости, к объему горной породы:

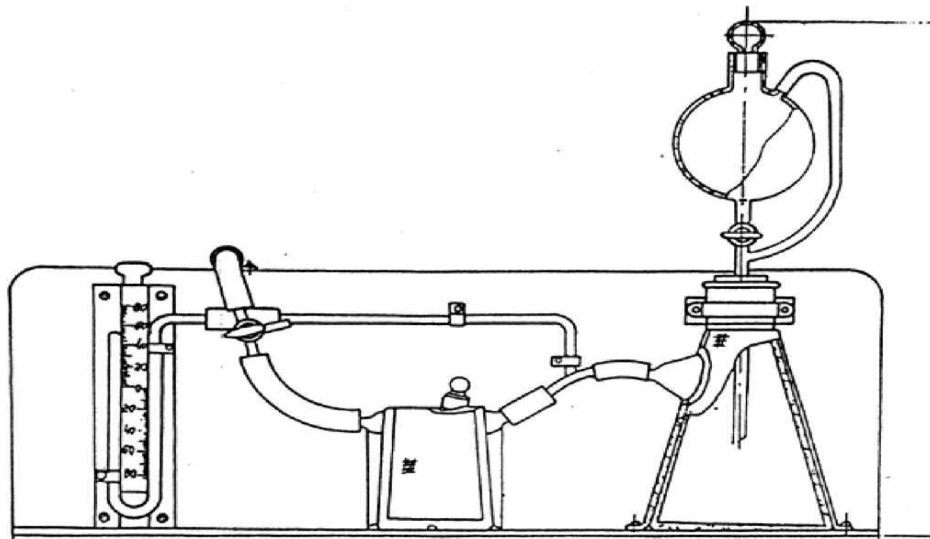
$$m_{эф.} = \frac{V_{эф.}}{V_{п}}$$

Понятие эффективной пористости предполагает наличие в породах таких пор (или части объема, связанных между собой пор), в которых движение жидкости практически не происходит. Это субкапиллярные и некоторые капиллярные поры, в которых жидкость находится в связанном состоянии. Очевидно, что доля объемов жидкости, участвующих и не участвующих в фильтрации, будет определяться создаваемыми перепадами давления (градиентами давлений), где оставить до начала измерений.

## Установка

Аппаратура для насыщения образцов жидкостью состоит из:

- 1) вакуум-насоса (Комовского);
- 2) какого-либо сосуда (например, вакуумного эксикатора), в который помещают кювету с образцом;
- 3) емкости для жидкости (что позволяет вакуумировать жидкость и образец отдельно);
- 4) устройства для перепуска жидкости в кювету с образцами.



Рабочая жидкость не должна: вызывать набухания породы, отслаивания частиц, деформации образца; вступать с веществом породы в химическое взаимодействие; быть токсичной.

Для взвешивания образцов применяется:

- 5) аналитические весы типа ВЛА-200 или аналогичные им;
- 6) стаканчик с рабочей жидкостью (керосин, дистиллированная вода или модель пластовой воды);
- 7) подставка-мостик для стакана;
- 8) металлическая или капроновая нить (леска) для подвешивания образца.

Для экстрагирования образца:

- 9) аппарат Сокслета.

А для сушки:

- 10) вакуумный сушильный шкаф с регулируемой температурой нагрева.

## **Порядок проведения работы**

Отбор и методы подготовки образцов горных пород.

Отбор образцов горных пород осуществляется по ГОСТ 26450.0-85, представительность отбора керна из интервалов однородных пород должна составлять не менее 2 образцов на 1 метр и обеспечивать представительство каждой литологической разновидности.

Наличие в образцах каверн может искажать количественные оценки объемов пор и породы, поэтому для измерения пористости могут быть использованы образцы литологически однородных пород массой 50-80 г правильной или произвольной, окатанной формы, не имеющие видимых трещин, каверн, не свойственных породе, из которой взят образец и загрязнений твердой фазой глинистого раствора. Образцы, содержащие углеводороды, нужно проэкстрагировать, высушить при температуре 105°C до постоянной массы и поместить в эксикатор, заполненный силикагелем или хлористым кальцием, где оставить до начала измерений.

1. Предварительно проэкстрагированные и высушенные при 105°C до постоянной массы образцы взвешивают в воздухе, определяя  $P_1$  (массу сухого чистого образца породы в воздухе). Для последующего взвешивания в жидкости к образцу привязывают проволочку с петелькой на конце, чтобы не учитывать ее массу в дальнейших расчетах.

2. Затем образец вакуумируют отдельно с керосином до полного прекращения выделения пузырьков воздуха (в течение 30-40 мин.) После чего их медленно погружают в вакуумированный керосин, поднимая ступенями уровень жидкости, чтобы насыщение происходило в основном за счет капиллярной пропитки. Вакуумирование в керосине продолжается 10-20 мин. По окончании его вакуум-насос выключают, медленно открывают кран и извлекают кювету с образцами. До проведения измерений образцы выдерживают под уровнем жидкости, чтобы не было их контакта с атмосферой.

3. После насыщения образец взвешивают в керосине так, как показано на

рисунке, определяя  $P_2$ . (массу насыщенного керосином образца породы в керосине).

Для этого над левой чашкой весов на специальной подставке-мостике помещают сосуд с дегазированным керосином. Образец после насыщения вынимают из керосина за петлю, аккуратно подвешивают к коромыслу весов, полностью погрузив в рабочую жидкость, и взвешивают. При взвешивании образец не должен прикасаться ни ко дну, ни к стенкам стакана.

4. Для взвешивания керосинонасыщенного образца в воздухе, образец вынимают из керосина и освобождают от его избытка, стряхивая образец или перекатывая по стеклу или смоченной керосином фильтровальной бумаге до получения матовой поверхности. Образовавшуюся после этого на нижней плоскости высокопористого образца каплю керосина не удалять. Керосинонасыщенный образец подвешивают к коромыслу весов за петлю и взвешивают в воздухе -  $P_3$ .

5. Пористость образца определяют по формуле:

$$K_{\Pi} = \frac{P_3 - P_1}{P_3 - P_2} * 100$$

где  $K_{\Pi}$  - коэффициент открытой пористости, %;

$P_1$  - масса сухого чистого образца породы в воздухе, г;

$P_2$  - масса насыщенного керосином образца породы в керосине, г;

$P_3$  - масса насыщенного керосином образца породы в воздухе, г.

#### **Форма записи результатов измерения**

$P_1$ масса сухого чистого образца породы в воздухе, г	$P_2$ масса насыщенного керосином образца породы в керосине, г	$P_3$ масса насыщенного керосином образца породы в воздухе, г	$K_{\Pi}$ пористость образца, %

### **Допустимая погрешность измерений:**

Погрешность определения коэффициента открытой пористости складывается из:

- 1) погрешности взвешивания, г;
- 2) погрешности подготовки насыщенного образца к взвешиванию, г;
- 3) погрешности, вызванной неполнотой насыщения.

Суммарная относительная погрешность выражается формулой:

$$\Delta K_{\text{потн}} = \frac{\Delta K_{\text{п}}}{K_{\text{п ср}}} = (2\Delta M + \Delta M_3') \frac{2M_3 - M_1 - M_2}{(M_3 - M_1)(M_3 - M_2)} + \phi,$$

где  $\Delta K_{\text{п}}$  - абсолютная погрешность, %;

$\Delta K_{\text{п}}/K_{\text{п ср}}$  - относительная погрешность;

$\Delta M_1$  - погрешность взвешивания;

$\Delta M_3$  - погрешность подготовки насыщенного образца к взвешиванию;

$\Phi$  - погрешность, вызванная неполнотой насыщения.

Величина  $\Delta M_1 = \pm 0.02$  г;  $\Delta M_1 = \Delta M_3 = \pm 0.02$  г;  $\phi = \Delta V/V_{\text{п}}$ ,

где  $\Delta V$  - недонасыщенный объем, а  $V$  - полный объем порового пространства. При соблюдении режимов насыщения  $\phi = 0$ .

Суммарная относительная погрешность составляет от 2 до 10% (в зависимости от значения  $K_{\text{п}}$ ).

### **Меры безопасного выполнения работы:**

Перед работой необходимо убедиться в исправности масляного вакуум-насоса и наличии достаточного количества в нем масла (до метки), а также - в герметичности воздушной линии.

После окончания насыщения образцов необходимо отключить насос, перекрыть кран и впускать воздух в систему с образцами очень медленно и плавно во избежание поломки стеклянных частей прибора.

При экстрагировании образцов пользоваться вытяжным шкафом.

### **Контрольные вопросы**

1. Как подготавливают образцы для определения их пористости?
2. Перечислите необходимые приборы и материалы.
3. В каком порядке производится работа?
4. Какие меры безопасности должны выполняться при проведении работы?

### **Содержание отчета**

- 1 Цели работы
- 2 Описание установки
- 3 Ход работы
- 4 Меры безопасного ведения работ

### **Форма записи результатов измерения:**

Р1 масса сухого чистого образца породы в воздухе, г	Р2 масса насыщенного керосином образца породы в керосине, г	Р3 масса насыщенного керосином образца породы в воздухе, г	К <sub>п</sub> пористость образца, %

### **Список использованных источников**

1. Гиматудинов Ш.К., Ширковский И.С. Физика нефтяного и газового пласта. М., Недра, 1983.
2. Котяхов Ф.И. Физика нефтегазовых коллекторов. М., Недра, 1977.
3. Гиматудинов Ш. К. и др. Физика нефтяного и газового пласта. - М.: Недра, 1982. - 312 с.
4. Оркин Г. К., Кучинский П. К. Физика нефтяного пласта. - М.: Гостоптехиздат, 1955. -299 с.
5. Амикс Дж. и др. Физика нефтяного пласта. - М.: Гостоптехиздат, 1962. - 572 с.
6. Ермилов О. М., Ремизов В. В., Ширковский Л. И., Чугунов Л. С. Физика пласта, добыча и подземное хранение газа.- М.: Наука, 1996. - 541с.



