Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва» в г. Белово

Кафедра горного дела и техносферной безопасности

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОРОДЫ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ**

Методические указания по выполнению

лабораторной работы по дисциплине «Физика горных пород»

для студентов направления 21.05.04 «Горное дело»

Составитель: С.В. Белов

Рассмотрены на заседании кафедры

Протокол № \_10\_ от \_19.06.2020\_\_\_

Утверждены

учебно-методическим Советом филиала КузГТУ в г. Белово

### Протокол \_№ 9\_ от\_22.06.2020\_\_\_\_

###

Белово 2020

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОРОДЫ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ**

**1. Цель работы:** определить плотность породы методом гидростатического взвешивания.

**2. Оборудование**, **необходимое для проведения работы.**

В виртуальной лаборатории располагаются шкаф вытяжной, шкаф для приборов и реактивов, рядом с вытяжным шкафом находится стол (покрытый плиткой).

В шкаф для приборов и реактивов помещена коробка с образцами керна (рис. 1). Коробка закрыта крышкой.

|  |
| --- |
| 3.JPG |
| Рис. 1. Коробка с образцами керна |

В коробке находятся пластиковые пеналы с образцами керна (цилиндрическая баночка). На крышке пенала нанесен номер скважины и глубина, с которой выбурена порода. Пеналов с образцами в коробке 10 штук. Размер образца: L = 5 см, D = 3 см. Вид образца – выбуренная спрессованная земля.

Весы аналитические расположены в вытяжном шкафу. На передней панели весов есть ж/к дисплей для отображения показаний и три кнопки: СЕТЬ, ПОВТОР и СБРОС (рис. 2).

|  |
| --- |
| 4.JPG |
| Рис. 2. Весы аналитические с мостиком |

На весах установлен металлический мостик – приспособление для взвешивания предмета, погруженного в воду. Мостик опирается о дно весов, но не на взвешивающий элемент. Сверху на мостик ставится стакан с жидкостью, и взвешиваемый предмет, зацепленный за подвеску, погружается в жидкость и взвешивается;

На столе расположены:

* коробочка с 10 медными проволоками;
* емкость с парафином;
* стакан, в который будет погружаться образец;
* канистра с дистиллированной водой;
* канистра для слива воды.

В вытяжном шкафу стоит электрический подогреватель (электроплитка).

**3. Теоретические основы эксперимента**

Объемная плотность горной породы (или объемная масса) - это физическая величина, количественно равная массе единицы объема сухой породы при данной пористости в ее естественном состоянии:

|  |  |
| --- | --- |
| $$ρ\_{}=\frac{m}{V}$$ | (1) |

где *m* – масса образца породы, кг;

*V*– объем образца породы, м3.

Соответственно, единицей измерения плотности в системе СИ является 1 кг/м3. Часто используется единица плотности в системе СГС: 1 г/см3.

Любая горная порода состоит из минералов, каждый из которых имеет собственную плотность. Плотность минералов зависит от их химического состава и строения. Плотность твердых химических элементов и минералов изменяется в пределах 500–22 500 кг/м3.

По плотности все минералы делят на три группы:

1 – легкие (ρ0< 2500 кг/м3);

2 – средние (ρ0= 2500– 4000 кг/м3);

3 – тяжелые (ρ0> 4000 кг/м3).

К легким относят 13 % всех минералов, входящих в состав земной коры, к средним – 53,2 %, к тяжелым – 33,8 %.

Таким образом, горная порода будет обладать некоторой интегральной усреднённой плотностью составляющих её минералов.

Кроме того, плотность горных пород зависит от их генезиса, пористости, трещиноватости, влажности, степени метаморфизма, а также температуры и давления при залегании на значительных глубинах в толще земной коры.

Различное происхождение (генезис) горных пород обуславливает их плотностную дифференциацию. Так, в порядке возрастания плотности можно выстроить следующий ряд: осадочные, магматические, метаморфические горные породы Внутри этих групп также существует различия по плотности.

В осадочных горных породах плотность возрастает с уменьшением размера составляющих породу частиц, с возрастанием степени диагенеза, возраста, глубины залегания. Все эти факторы приводят к снижению пористости осадочной породы, а значит к её уплотнению.

Среди магматических пород плотность возрастает от эффузивных к интрузивным. То есть интрузивные породы более плотные, чем их эффузивные аналоги.

Рост плотности регионально метаморфизованных пород корреспондирует со степенью метаморфизма. Основными агентами метаморфизма являются температура и давление. Их воздействие приводит к перекристаллизации минералов с образованием более плотных модификаций кристаллических решеток, а при наиболее интенсивных воздействиях и к переплавлению пород.

Экзогенные процессы выветривания и окисления приводят к снижению плотности горных пород за счёт дезинтеграции зёрен и образования микро- и макро- трещин. Для пород различного генезиса это проявляется в разной степени согласно селективности выветривания.

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.

**4. Порядок выполнения работы**

Перед началом выполнения работы, по приложению 1, изучите управление, используемое в виртуальных работах.

1. Достаньте из коробки пенал с образцом, извлеките из пенала образец, положите его на стол.

2. Возьмите медную проволоку, примените ее к образцу. Образец автоматически обмотается проволокой.

3. Откройте дверцу весов, примените образец с проволокой к подвеске. Зафиксируйте результат (Р1).

4. Извлеките образец из весов, положите его на стол.

5. Поставьте емкость на электронагреватель (плитку), и только после этого поверните регулятор температуры. Пока идет процесс нагревания, выводится надпись «Идет процесс разогрева …» и производить какие-либо действия нельзя. Через некоторое время появится надпись «Парафин достиг расплавленного состояния». У плитки погаснет лампочка на 1 мин, через 1 мин опять загорится, и так до тех пор, пока пользователь не выключит электронагреватель.

6. Возьмите образец, окуните его в разогретый парафин.

7. Снова взвесьте образец (Р2). Объем парафина вычисляют по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$V\_{пар}=\frac{P\_{2}-P\_{1}}{ρ\_{пар}}$$ | (2) |

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

8. Извлеките образец, положите его на стол.

9. Возьмите из шкафа канистру с водой, налейте дистиллированной воды в стакан - примерно 2/3 объема. Уберите канистру в шкаф.

10. Установите стакан на мостик весов, закрепите на подвеске образец. Взвесьте образец (Р3).

На практике при взвешивании необходимо следить за тем, чтобы образец не прикасался к стенкам стакана и все время полностью находился под водой.

В соответствии с законом Архимеда масса образца в воде будет меньше чем в воздухе на массу воды в объёме образца. Таким образом, объем парафинированного образца будет равен:

|  |  |
| --- | --- |
| $$V\_{пар.обр}=\frac{P\_{2}-P\_{3}}{ρ\_{в}}$$ | (3) |

Объем образца находят из соотношения:

|  |  |
| --- | --- |
| $$V\_{обр.}=V\_{пар.обр.}-V\_{пар}$$ | (4) |
|  |  |

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

|  |  |
| --- | --- |
| $$ρ\_{}=\frac{P\_{1}}{V\_{обр.}}=\frac{P\_{1}}{V\_{пар.обр.}-V\_{пар}}$$ | (5) |

11. Затем все приборы и реагенты помещаются в исходное состояние. Использованную воду слейте в канистру для слива. Опыт можно повторить.

12. Все результаты и расчеты заносятся в таблицу 1.

**5. Допустимая погрешность измерений**

Способ парафинирования при тщательном выполнении операций дает хорошие результаты.

1. Погрешность взвешивания: $∆P=\pm 0,001г.$, т.е.:

$$∆P\_{отн}=\frac{∆P}{P\_{ср}}=\frac{0,007}{1,8}\*100\%=0,4\%$$

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°С.

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

 Таблица 1

*Форма записи результатов измерения*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| P1масса чистого сухого образца,г | P2масса запарафинированного образца в воздухе,г | P3масса запарафинированного образца в воде,г | Vобробъем образца,см3 | ρплотностьобразца,г/см3 |
|    |    |    |    |    |

**6. Контрольные вопросы**

1. Что называют плотностью горной породы?
2. Какие виды плотностей горных пород выделяют?
3. В чем заключается сущность метода гидростатического взвешивания?
4. Почему образец перед погружением в воду парафинируют? Всегда ли это необходимо?
5. Назовите основные факторы, влияющие на плотность горных пород.
6. Что называют удельным весом горной породы?
7. Напишите зависимость между удельным весом и плотностью горных пород.
8. Что называют объемной массой горной породы?
9. Объясните, почему объемная масса испытанных пород изменяется в больших пределах.
10. Что больше, плотность или объемная масса горных пород, и почему?
11. Какие факторы оказывают наибольшее влияние на объемную массу горных пород?
12. Как изменяется объемная масса пород земной коры с глубиной залегания?
13. Что называют объемным весом горной породы?
14. Укажите основные области использования плотностных свойств пород в горном деле.

**7. Рекомендованная литература**

**Основная литература**

1.  Основы физики горных пород : учеб. для студентов горн. специальностей вузов / ***В. В. Ржевский, Г. Я. Новик***. – 5-е изд. – М. : Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2010. – 360 с. – (Классика инженер. мысли  горне дело).

2. Основы горного дела : учеб. для студентов вузов, обучающ. по направлению "Горн. дело" (квалификация – бакалавр техники и технологии) и по специальности "Физ. процессы горн. или нефтегаз. пр-ва" направления подготовки "Горное дело" / ***В. И. Городниченко, А. П. Дмитриев***. – М. : Горная книга, Изд-во Москов. гос. горн. ун-та, 2008. – 464 с. : ил.

**Нормативные документы**

1. ГОСТ 21153.0–75. Породы горные. Отбор проб и общие требования к методам физических испытаний [Электронный ресурс]. – Введ. 1976–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 3 с. // Бесплатная библиотека стандартов и нормативов [сайт]. – Режим доступа: http://www.docload.ru/standart/Pages\_gost/35093.htm, свободный.  Загл. с экрана.  Дата обращения:01.04.2020.

2. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик [Электронный ресурс]. – Введ. 1985–07–01. – М. : Стандартинформ, 2005. – 17 с. // Бесплатная библиотека стандартов и нормативов [сайт]. – Режим доступа: <http://www.docload.ru/standart/Pages_gost/4674.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения: 01.04.2020.

3. ГОСТ 2160–92. Топливо твердое минеральное. Методы определения плотности [Электронный ресурс]. – Введ. 1993–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 6 с. // Бесплатная библиотека стандартов и нормативов [сайт]. – Режим доступа: http://www.docload.ru/standart/Pages\_gost/28105.htm, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения: 02.04 2020.

**Приложение 1**

**Управление, используемое в виртуальных работах**

Для работы в виртуальных лабораторных работах применяются следующие клавиши (рис.3):

W, S, A, D – для перемещения в пространстве;

F2, E – аналоги средней клавиши манипулятора (при первом нажатии берется объект, при последующем – ставится);

Ctrl – присесть; F10 – выход из программы.

|  |
| --- |
| 1.JPG |
| Рис. 3. Активные клавиши клавиатуры |

|  |
| --- |
| 2.JPG |
| Рис. 4. Функции манипулятора |

Левая клавиша мыши (1) (рис. 4) - при нажатии и удерживании обрабатывается (поворачивается, переключается) тот или иной объект.

Средняя клавиша (2) - при первом нажатии (прокрутка не используется) берется объект, при последующем – ставится (прикрепляется).

Правая клавиша (3) - появляется курсор–указатель (при повторном - исчезает).

***Примечание:*** При появившемся курсоре невозможно перевести взгляд вверх и стороны.

Составитель

Белов Сергей Викторович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОРОДЫ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ**

Методические указания по выполнению

лабораторной работы по дисциплине «Физика горных пород»

для студентов направления 21.05.04 «Горное дело»

Отпечатано на ризографе.

Тираж экз.

Филиал ГУ КузГТУ в г. Белово. 652644, г. Белово, ул. Ильича 32-а