**Понятие плотности в гравиразведке**

Плотность – это свойство веществ, определяющееся их массой M и объемом V:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1) |

Единицы измерения плотности в системе СИ – 1 кг/м3, в системе СГС – 1 г/см3.

С плотностью веществ тесно связан их удельный вес, определяющийся из отношения силы тяжести тела (веса тела P) к его объему:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (1.2) |

где g – местное ускорение силы тяжести.

Плотность равна удельному весу веществ на широте 45o, на уровне моря, т.е. в условиях, для которых эталон единицы массы равен эталону единицы веса. Различие между плотностью и удельным весом в средних широтах при небольших превышениях рельефа составляет 0,2-0,4%. Хотя в геологическом отношении различия незначительны, для строгости определений вместо термина «масса образца» будем использовать термин «вес образца».

В гравиразведке в зависимости от способов вычисления плотности используется несколько понятий [*Инструкция*, 1980]:

- **истинная плотность (*σ*ист)** – плотность, определенная в условиях естественного залегания горных пород;

- **кажущаяся плотность (*σ*каж)** – плотность, полученная по наземным или скважинным измерениям силы тяжести или ее производных (на значения кажущейся плотности оказывают действие аномалиеобразующие массы).

При введении поправки за рельеф и для интерпретации следует использовать истинные плотности. При введении поправок за влияние промежуточного слоя можно использовать кажущиеся плотности.

По образцам пород могут быть определены:

1) плотность горной породы или истинная (*σ*ист);

2) плотность минералогическая или плотность твердой фазы пород *σ*м);

3) плотность абсолютно сухой породы (образец высушивается при t = 105 оС) (*σ*а.с.);

**4) плотность воздушно-сухой породы *σ*в.с. (образцы хранились некоторое время в кернохранилище и первоначальное содержание влаги изменилось);**

5) плотность влажной породы (насыщение пор флюидом обычно принимается равным 50-70%) (*σ*в).

Для гравиразведки всегда необходимо знание истинной плотности (*σ*ист) Плотность воздушно-сухой породы (*σ*в.с.), как правило, дает уменьшенное значение (*σ*ист), что следует учитывать. Плотность влажной породы (*σ*в) обычно наиболее близка к значению истинной плотности (*σ*ист).

Для представительной характеристики изучаемой территории проводится определение плотности по образцам каждого петрографического типа пород, отобранных с поверхности и из керна скважин (петроплотностное опробование). Количество образцов пород одного типа и возрастной принадлежности (выборка) должно быть статистически представительным – более 5-10 шт [*Соколова Т.Б. и др.*, 2011].

По результатам обобщения составлены сводные таблицы средних статистических плотностных характеристик наиболее распространенных типов пород [*Вахромеев Г.С. и др.*, 1999; *Физические…*, 1976]. В таблицах приложения 1 приведены пределы изменения плотностей и средние значения для наиболее распространенных пород.

**2. Способы определения плотности**

Различают две группы методов определения средней плотности:

1) путем измерения массы и объема пород (в том числе гидростатический способ).

2) определение плотности в естественном залегании:

- по гравиметрическим измерениям в скважинах;

- по результатам рассеяния и поглощения гамма лучей породами (гамма-гамма-метод в скважинах, в поверхностных слоях земной коры и на образцах);

- по эмпирически установленным зависимостям между плотностью и другими физическими параметрами пород (например, установление связи скорость-плотность, метод Неттльтона);

- по результатам подземной регистрации космического излучения.

**2.1. Гидростатический способ определения плотности**

В случае если образец горной породы имеет правильную геометрическую форму и возможно вычислить его объем (V), то плотность породы легко рассчитывается по формуле 1 после простого взвешивания на высокоточных весах.

При массовых определениях плотностей образцы в редких случаях имеют правильную форму и точно определить объем образца не удается. Поэтому для определения плотности в лабораторных и полевых условиях применяется способ гидростатического взвешивания.

Он сводится к двойному взвешиванию испытуемого образца горной породы – в воздухе и в воде. Поскольку

|  |  |
| --- | --- |
| вес образца в воздухе , | (1.3) |
| вес образца, погруженного в воду, , | (1.4) |
| то ; | (1.5) |

где *σ* – плотность образца, *V* – объем образца, *σвода=*1 г/см3 – плотность воды.

Отсюда следует:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.6) |

Для сохранения естественной влажности водопроницаемых горных пород их образцы сразу после отбора должны парафинироваться. Делают это при температуре 60-70 оС*,* чтобы законсервировать образец с поверхности, но одновременно не исказить результат измерений за счет проникновения парафина в поры пород. При этом формула 1.6 усложняется:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (1.7) |

где k = (1/*σ*параф)-1; *σ*параф – плотность парафина, Pпараф – вес образца после парафинирования.

С появлением тонких пленок, в которые может быть завернут образец, парафинирование применяется реже. При этом полностью обеспечивается сохранность образца и он может быть использован при последующих геологических исследованиях (определение петрофизических свойств, минералогический анализ и т.п.).

**3. Приборы для определения плотности методом гидростатического взвешивания**

Для определения плотности образцов неправильной формы используется метод гидростатического взвешивания. Для этого могут быть использованы электронные весы или специализированный механический прибор – денситометр Самсонова.

**3.1. Денситометр Самсонова**

Денситометр – прибор для определения плотности образца горных пород методом гидростатического взвешивания – представляет собой циферблатные весы с равноплечим коромыслом, имеющим форму ломанной (т.е. плечи коромысла составляют между собой угол 180о-φ). Определение плотности производится по образцам пород без взвешиваний и вычислений, путем прямого отсчета по плотностной шкале прибора. Закрепленный на коромысле и уравновешенный противовесами в воздухе, образец погружается в сосуд с водой и по шкале плотности отсчитывается значение объемного веса, т.е. плотности [*Булычев А.А. и др.*, 2007].

Если к плечу коромысла подвесить образец и уравновесить его грузом, навешенным на противоположное плечо так, чтобы оно составляло угол α1 с горизонтальной плоскостью, то

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.8) |

где Рвозд - вес образца в воздухе, Ргруз - вес груза.

Если образец погрузить в сосуд с водой, то коромысло будет составлять с горизонтом угол α2.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.9) |

Подставив значения весов образца в воздухе и воде из выражений 1.8 и 1.9 в выражение 1.6, получается:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.10) |

Таким образом, при определении ***σ*** не нужно знать величину груза Ргруз. Величины *tgα1=***A**и *ctgϕ =***B** являются постоянными денситометра, т.е. плотность измеряемого образца ***σ*** есть функция угла ***α2.*** Поэтому шкалу отсчета углов ***α2*** можно проградуировать в значениях плотности. Необходимо отметить, что шкала отсчетов плотности нелинейная.

Как и любые высокоточные механические устройства, денситометр требует тщательного ухода. В частности, ежедневно до начала работы и по окончании определяются систематические ошибки (поправки денситометра) по всей шкале прибора посредством взвешивания эталонных грузов. Для определения случайной ошибки денситометра ежедневно производится не менее 10% повторных определений плотности, сравнений с результатами измерений на весах. Допустимая погрешность измерения плотности 0,01 г/см3 в диапазоне плотностей от 1,20 до 4,20 г/см3. Максимальная нагрузка на плечо коромысла не должна превышать 300 г, минимальная – 50 г.

**3.2. Электронные весы, снабженные поддонным крюком**

Для простейшей технической реализации определения плотности гидростатическим способомэлектронные весы, снабжаются поддонным крюком, за который может быть подвешен образец и выполнено взвешивание в воде.

В условиях настоящей работы измерения выполняются с использованием весов AND DX-1200 (Япония) (рис. 1.1) [*Электронные…*]. Расширение «1200» обозначает максимальный вес – 1200 г, который может быть измерен. Точность весов ±0,01 г. Весы снабжены встроенным эталоном веса и не требуют частой калибровки. Также у весов запрограммирована функция тарирования (обнуление отсчета), которая позволяет учесть вес емкости или упаковки, в которой находится образец, подвесной системы (крюк, нить) до начала взвешивания.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 1.1. Внешний вид  электронных весов AND-DX. |

**4. Последовательность действий при работе с электронными весами AND DX-1200 [*Электронные*…]**

1. Отрегулируйте горизонтальный уровень весов с помощью регулировочных ножек. Подъемные (регулировочные) винты присутствуют ТОЛЬКО на передних ножках. Их вращением индикатор пузырькового уровня приводится в центральное положение.
2. Убедитесь, что нить подвесного крюка снизу прибора свободно проходит через отверстие основания, на которое установлены весы. В противном случае поправьте положение прибора, повторите предыдущий пункт.
3. Убедитесь, что кабель питания подключен к электросети. Если кабель питания отключен, после подключения дождитесь, пока появится на дисплее индикатор режима ожидания (символ треугольник «◄» в левом нижнем углу дисплея). Обычно не более 10 сек.
4. Включите дисплей нажатием клавиши «ON:OFF» (взвешивание возможно только после включения дисплея. Эта клавиша доступна в любое время. Осторожно - нажатие клавиши во время работы весов приведёт к прерыванию операции и отключению дисплея).
5. Сигналом того, что прибор готов к работе является показание «0.00 g» или иное численное значение.
6. Нажмите красную клавишу «**RE-ZERO» -** выполнится тарирование, то есть установка нулевого отсчета. На дисплее весов появится «**0.00 g»**. Перед каждым взвешиванием выполняйте тарирование, чтобы предупредить возникновение ошибок.
7. Взвешивание образца "в воздухе".
   * Поместите образец аккуратно в центр чашки весов.
   * Дождитесь появления индикатора стабильности (символ «**○**» на левой стороне дисплея), сопровождающего показание веса.
   * Внесите в таблицу вес образца.
   * Снимите образец с чашки весов.
8. Взвешивание образца "в воде".
   * Аккуратно подвесьте образец за поддонный крюк.
   * Поместите в контейнер с водой, стараясь не придавать крутящего момента, не раскачивать.
   * Образец в подвешенном положении не должен касаться стенок сосуда.
   * Дождитесь стабилизации показаний.
   * Внесите в таблицу вес образца.
   * Выньте образец из воды и вытрите насухо.
9. Повторно взвесьте образец "в воздухе".
10. Для взвешивания следующего образца повторите операции пунктов 6–9 .
11. По завершению работы выключите дисплей весов нажатием клавиши «ON:OFF».