

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания
по выполнению практических работ по дисциплине**

Петрофизика

для студентов специальности
21.05.02 Прикладная геология
специализации Геология месторождений нефти и газа

Ставрополь, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

..... 3

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1 Пористость

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2 Влажность, влагоемкость горных пород,
двойной слой**

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3 Проницаемость горных пород

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4 Электромагнитные свойства

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5 Искусственная радиоактивность в
геофизике**

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины является формирование набора компетенций будущего специалиста в области обучения, воспитания и развития, соответствующим целям ОП ВО специальности «Геолого-геофизические технологии в нефтегазовом деле»

Задачи дисциплины – ознакомить студентов с применением современных методов математического моделирования в геолого- геофизической практике.

Ценность и актуальность настоящего издания заключается в том, что за последние 5 лет не издавались федеральные учебники по математическому моделированию в геофизике.

Настоящее издание обобщает многолетний опыт автора по проведению практических занятий по данной дисциплине, а также опыт предыдущих учебных изданий и фондовых материалов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Пористость

Цель работы. Ознакомление с понятием плотности и плотностями пластовых жидкостей. Освоение методики определения плотности жидкости пикнометрическим способом.

Теоретическая часть

Плотность σ – физическое свойство тел, количественно оцениваемое величиной отношения их массы к занимаемому ими объему. Единица измерения плотности в СИ – 1 кг/м^3 , допускается применение производной единицы – 1 г/см^3 .

Плотность пород σ_n зависит от плотностей ее твердой σ_t , жидкой $\sigma_{ж}$ и газовой σ_g фаз, а также от соотношения их в единице объема породы V_n .

Знание плотностей пород необходимо для решения следующих геологических задач: установление плотностной дифференциации пород; детальное группирование пород; выяснение характера связей плотности с другими петрофизическими величинами; оценка особенностей формирующегося осадка; направление и степень преобразования пород; выявление региональной и локальной смены пород; выяснение особенностей и истории формирования тектоники площадей, территорий, регионов;

освещение вопросов формирования локальных структур в условиях различных тектонических зон; районирование территорий по характеру изменения плотности с глубиной; выделение в разрезах плотностных контактов (границ) и установление причин их появления, отражающих условия осадконакопления; оценка угленосности отложений и их оруденения.

Плотность газовой, жидкой и твердой фаз пород определяется для оценки их вклада в плотность пород, общего представления о вещественном или минеральном составе и качестве почвенного воздуха, пластовых газов, вод, нефтей, минералов и пород, как одно из основных свойств для диагностики и классификации природных смесей газов, пластовых вод, нефтей, минералов и пород.

В лаборатории обычно определяют плотность абсолютно сухого образца породы σ_c , так как трудно сохранить характерные для естественного залегания пород влажность W , минерализацию и водонефтегазонасыщенность пород. Далее по значениям σ_c , известному коэффициенту объемной влажности W_n породы и плотности σ_g насыщающей ее воды или по найденным плотностям σ_g , σ_n и σ_c воды, нефти и газа и коэффициентам k_g , k_n , k_c и водо-, нефте- и газонасыщения рассчитывают плотность σ_n породы.

Плотности твердой фазы σ_t варьируют в пределах 1,0 – 7,0 г/см³, сухих пород σ_c – от 0,5 до 7,0 г/см³, влажных σ_{en} – от 1,1 до 7,0 г/см³.

В зависимости от концентрации солей плотность вод увеличивается от 1 (пресная вода) до 1,26 г/см³ (предельно крепкий раствор). С увеличением давления (глубины) плотность увеличивается. Рост температуры приводит к ее уменьшению, так как температурный коэффициент расширения, изменяясь от $6,5 \cdot 10^{-5}$ при $4 \cdot 10^\circ\text{C}$ до $58 \cdot 10^{-5}$ при температуре 65 – 70 °C, также растет.

Если известна плотность жидкости и температура, то можно определить ее минерализацию (рис. 1.1). Плотности жидкостей могут быть

измерены с большей точностью, относительная погрешность в измерении плотностей жидкостей обычно не превосходит 0,005.

Плотность нефтей колеблется в пределах 0,75 – 0,98 ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$), чаще всего в пределах 0,82 – 0,92 г/см³. Она зависит, во-первых, от содержания в ней легких низкокипящих – бензиновых и лигриновых – фракций, во-вторых, от содержания асфальтово-смолистых компонентов, обладающих плотностью порядка 1 г/см³ и выше, в-третьих, от химической природы углеводородов, составляющих основную массу нефти.

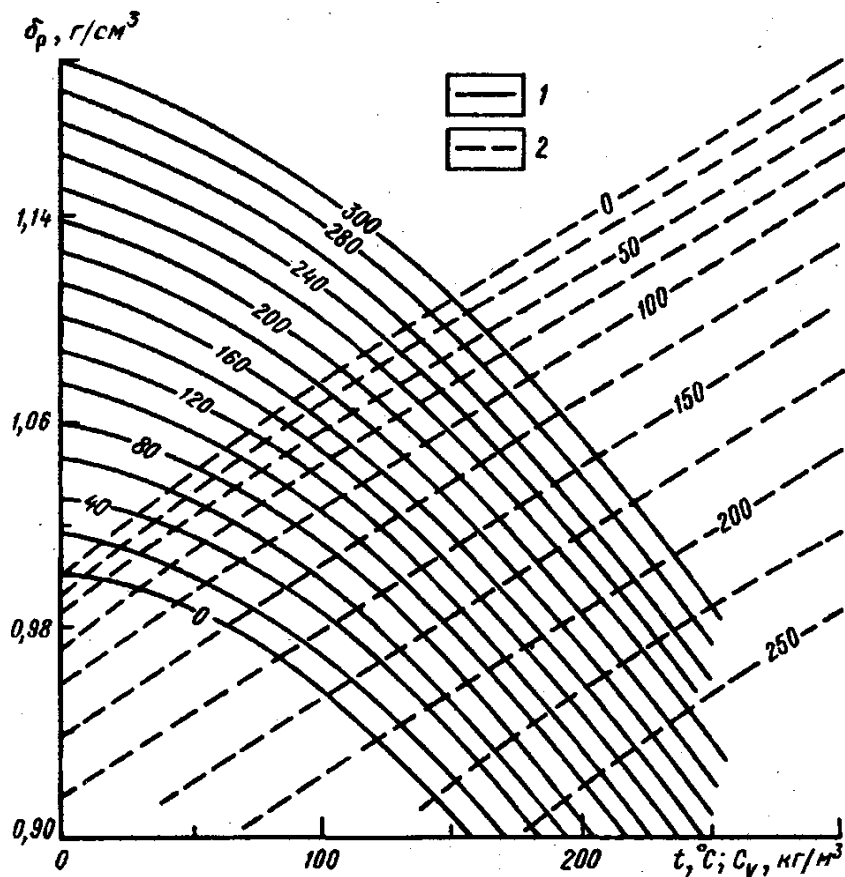


Рисунок 1.1 – Зависимость плотности растворов NaCl от объемной концентрации C_v и температуры t

1 – зависимость от температуры, 2 – зависимость от концентрации

Плотность воздуха при температуре 20 $^{\circ}\text{C}$ и давлении 0,1 МПа равна 0,0012 г/см³.

Плотность углеводородных газов находится в пределах от 0,000715 (метан) до 0,00317 (пентан) г/см³ и в среднем близка к плотности воздуха.

Для определения плотности однородной жидкой фазы или отдельных компонентов (нефть, вода) неоднородной в лабораторных условиях используют поплавковый (ареометрический), весовой (пикнометрический), гидростатический, вибрационный, радиоактивный, ультразвуковой, оптический и кондуктометрический способы. Чаще других применяется пикнометрический способ.

Пикнометрический способ определения плотности сводится к взвешиванию исследуемой жидкости в пикнометре известного объема.

Пикнометр представляет собой сосуд объемом

$$V_n = \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{m_{\text{н.в}} - m_{\text{н}}}{\rho_{\text{в}}}, \quad (1.1)$$

где $m_{\text{в}}$, $m_{\text{н.в}}$ и $m_{\text{н}}$ – соответственно массы воды в объеме пикнометра, пикнометра с водой и сухого пикнометра. Масса изучаемой жидкости в объеме V_n пикнометра будет $m_{\text{ж}} = m_{\text{н.ж}} - m_{\text{н}}$, где $m_{\text{н.ж}}$ – масса пикнометра и жидкости в его объеме.

Оборудование и материалы

1. Лабораторные весы.
2. Пикнометры.
3. Стеклянные сосуды объемом 200-500 мл.
4. Пипетки.
5. Дистиллированная вода
6. NaCl

Указания по технике безопасности

При работе в специализированной лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

1. Не входить в лабораторию без разрешения преподавателя (лаборанта).
2. Не включать без разрешения оборудование.

3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать преподавателя (лаборанта).

4. Не трогать провода и разъемы.

5. Не допускать порчи оборудования.

6. Не шуметь.

Указания по порядку выполнения работы

1. Приготовление модели пластовой воды.

1.1. В стеклянном сосуде готовим раствор NaCl, используя примерно 5–10 г соли на 100 мл воды.

2. Определение рабочего объема пикнометра V_n при температуре 20°C по воде.

2.1. Пикнометр моют и сушат, взвешивают и определяют массу пикнометра m_n .

2.2. Заполняют пикнометр дистиллированной водой до метки на горлышке.

2.3. Обтирают пикнометр и снова взвешивают для определения его массы $m_{nв}$ с водой.

2.4. Рассчитывают по формуле
$$V_n = \frac{m_{nв} - m_n}{\rho} \quad \text{объем пикнометра.}$$

3. Определение плотности жидкости.

3.1. В пикнометр, высушенный до постоянной массы, по стенке наливают исследуемую жидкость (модель пластовой воды) до метки на горлышке.

3.2. Взвешивают пикнометр для определения массы $m_{n.ж}$ пикнометра с жидкостью.

3.3. Рассчитывают плотность жидкости (г/см^3) по формуле:

$$\sigma_{жс} = \frac{(m_{п.жс} - m_n) \sigma_{\epsilon}}{(m_{п.б} - m_n)} . \quad (1.2)$$

4. Вычисление погрешности измерений.

Рассчитываем наибольшую метрологическую относительную погрешность:

$$\frac{\Delta \delta_{жс}}{\delta_{жс}} = \frac{\Delta m_{п.жс}}{m_{п.жс}} + \left(\frac{m_{п.жс} - m_n}{m_{п.б} - m_n} \right) \Delta m_n + \frac{\Delta m_{п.б}}{m_{п.б}} + \frac{\Delta \delta_{\epsilon}}{\delta_{\epsilon}} . \quad (1.3)$$

При взвешивании на лабораторных весах ВЛТЭ-1100 погрешности $\Delta m_n = \Delta m_{п.б} = \Delta m_{п.жс} = 0,01$ г. $\Delta \delta_{\epsilon}$ – погрешность определения плотности дистиллированной воды принимаем равной

Содержание отчета

Отчет формируем в соответствии с приложением А.

Исходные данные и результаты вычислений для определения $\sigma_{жс}$ пикнометрическим способом записываются по форме, приведенной в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Номер образца	Жидкость	Масса, г			σ_{ϵ} , г/см ³	V_n , см ³	$\sigma_{жс}$, г/см ³	$\frac{\Delta \delta_{жс}}{\delta_{жс}}$, %
		m_n	$m_{п.б}$	$m_{п.жс}$				

Контрольные вопросы

1. Что такое плотность?
2. Какие пластовые жидкости вы знаете?
3. Какие существуют лабораторные способы определения плотностей жидкости?
4. В каких пределах изменяется плотность пластовых жидкостей и газов?
5. Что такое пикнометр?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

Влажность, влагоемкость горных пород, двойной слой

Цель работы. Ознакомление с понятием плотности твердой фазы горных пород и пределами её изменения. Освоение методики определения плотности твердой фазы пикнометрическим способом.

Теоретическая часть

Плотность твердой фазы σ_T измеряется для оценки ее вклада в плотность пород, общего представления о вещественном или минеральном составе, выяснения генезиса обломочных пород (размещения источников и направления сноса обломочного материала), корреляции отложений, определения коэффициента пористости по Мельчеру и др.

Плотность твердой фазы или минерального скелета σ_T зависит от плотности слагающих породу минералов σ_{Ti} . Теоретически её можно рассчитать по формуле:

$$\sigma_T = \sum_{i=1}^n \sigma_{Ti} \cdot V_i, \quad (2.1)$$

где n – число минералов, слагающих породы; V_i – доля объема, занимаемого i -м минералом, плотностью σ_{Ti} .

Плотность минералов изменяется от 0,98 г/см³ для льда до 22,5 г/см³ для иридиевого осмия.

Основное влияние на плотность рудных минералов оказывает их средневзвешенная относительная атомная масса, а на плотность породообразующих минералов – упаковка атомов в молекуле.

Минералы подразделяются на **плотные** ($\sigma_t > 4$ г/см³), **средней** ($\sigma_t = 2,5-4,0$ г/см³) и **малой** ($\sigma_t < 2,5$ г/см³) плотности.

Большая часть всех минералов имеет среднюю плотность. Незначительное число минералов (10–15%) – малой плотности.

К плотным минералам относятся: селен, теллур, самородные металлы (золото, серебро, медь и др.), сульфиды, за редким исключением, более половины из окислов и гидроокислов и др.

К минералам малой плотности принадлежат следующие: из самородных неметаллов – графит и сера; некоторые из окислов и гидроокислов (лед, опал); многие минералы класса силикатов (галлуазит, монтмориллонит); некоторые из боратов (бура); водные карбонаты (сода); водные сульфаты (мирабилит), из хлоридов – галит, сильвин.

Плотность твердой фазы σ_t пород и минералов определяют следующими способами: флотационным, пикнометрическим, гидростатического взвешивания, объемным, объемно-весовым и др. Во всех способах, кроме флотационного, масса твердой фазы пород определяется взвешиванием, а объем ее гидростатическим взвешиванием при помощи пикнометров и объемометров.

При пикнометрическом способе взвешивают при температуре t и получают массы $m_{п}$ абсолютно сухого пикнометра, $m_{п.ж}$ пикнометра, заполненного до метки рабочей (пластовая вода, керосин и др.) жидкостью, $m_{п.т}$ абсолютно сухого пикнометра, заполненного на 1/3 объема абсолютно сухой измельченной твердой фазой породы, и пикнометра с тем же объемом

твёрдой фазы и рабочей жидкостью $m_{\text{п.т.ж}}$, заполняющей до метки оставшийся объём пикнометра.

Зная эти массы, можно рассчитать плотность твёрдой фазы породы:

$$\sigma^T = \frac{(m_{\text{п.т}} - m_{\text{п}}) \sigma_{\text{ж}}}{(m_{\text{п.ж}} - m_{\text{п}} - m_{\text{п.т.ж}} + m_{\text{п.т}})} \quad (2.2)$$

Оборудование и материалы

1. Лабораторные весы.
2. Пикнометры.
3. Пипетки.
4. Весовой стаканчик с притертой крышкой.
5. Совочек или шпатель для перемешивания пробы и взятия навески.
6. Металлическая ступка с пестиком.
7. Сита с диаметрами отверстий 0,1 и 0,25 мм.
8. Рабочая (пикнометрическая) жидкость (вода, спирт, бензин и т. п.).

Указания по технике безопасности

При работе в специализированной лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

1. Не входить в лабораторию без разрешения преподавателя (лаборанта).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать преподавателя (лаборанта).
4. Не трогать провода и разъемы.
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не шуметь.

Указания по порядку выполнения работы

1. Подготовка твердой фазы.

1.1. Отбирают образцы массой 15–20 г, не содержащие случайных примесей или включений;

1.2. Отобранные образцы измельчают в металлической (или фарфоровой) ступке;

1.3. Пропускают через набор сит диаметром 0,25–0,1 мм;

1.4. Полученные обломки породы диаметром 0,1–0,25 мм отмывают от нефти и остаточных солей спиртом или ксилолом;

1.5. Высушивают образцы (в зависимости от их состава и чувствительности к нагреванию) при комнатной температуре до постоянной массы;

2. Определение плотности твердой фазы.

2.1. Калибруют пикнометры по воде, определяют массу воды в объеме пикнометра.

2.2. Определяют массу $m_{п.т}$ подготовленной твердой фазы, для чего в абсолютно сухой пикнометр объемом 50–100 см³ с массой $m_{п}$ помещают 4–5 г или 10–11 г подготовленной твердой фазы породы и взвешивают.

2.3. Кипячением дегазируют обломки твердой фазы породы. Для этого пикнометр с породой заполняют дистиллированной водой так, чтобы порода и вода заняли 2/3 его объема и на 20–60 мин (в зависимости от состава твердой фазы) помещают пикнометр в кипящую водяную баню.

После прекращения выделения пузырьков воздуха доводят воду в пикнометре до метки на горлышке. Следят, чтобы уровень воды в пикнометре оставался постоянным (нижний край мениска воды должен находиться на уровне метки).

2.4. Определяют массу $m_{п.т.ж}$, для чего пикнометр обтирают и взвешивают.

2.5. Рассчитывают по формуле $\sigma_{\tau} = \left(\frac{(m_{п.т.} - m_{п.}) \sigma_{\text{плотность}}}{m_{п.ж} - m_{п.} - m_{п.т.ж} - m_{п.т.}} \right)$

твёрдой фазы породы.

Вычисление погрешности измерений.

Рассчитываем наибольшую метрологическую относительную погрешность:

$$\frac{\Delta \sigma_{\tau}}{\sigma_{\tau}} = \frac{\sigma_{\tau}}{m_{\tau} \sigma_{\text{ж}}} \left[\left(\frac{\sigma_{\text{ж}}}{\sigma_{\tau}} - 1 \right) (\Delta m_{п.т.} + \Delta m_{п.}) + \Delta m_{п.ж} + \Delta m_{п.т.ж} \right] + \frac{\Delta \sigma_{\text{ж}}}{\sigma_{\text{ж}}} \quad (2.3)$$

При взвешивании на лабораторных весах ВЛТЭ-1100 погрешности $\Delta m_{п.} = \Delta m_{п.т.} = \Delta m_{п.ж} = \Delta m_{п.т.ж.} = 0,01$ г. $\Delta \sigma_{\text{ж}}$ – погрешность определения плотности дистиллированной воды принимаем равной

Содержание отчета

Отчет формируем в соответствии с приложением А.

Исходные данные и результаты для определения σ_{τ} пикнометрическим способом записываются по форме, приведенной в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Порода	№ образца	№ пикнометра	Масса, г				Плотность, г/см ³		$\Delta \sigma_{\text{ж}} / \sigma_{\text{ж}}, \%$
			$m_{п.}$	$m_{п.в.}$	$m_{п.т.}$	$m_{п.т.в.}$	$\sigma_{в.}$	σ_{τ}	

Контрольные вопросы

1. Что такое плотность твёрдой фазы и чем отличается от плотности сухой породы?
2. В каких пределах изменяется плотность твёрдой фазы?
3. Какие существуют зависимости в изменении плотности химических элементов?
4. Какие факторы определяют плотность минералов?
5. Какие существуют способы определения плотности твёрдой фазы?

6. В чем сущность пикнометрического способа определения твердой фазы?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Проницаемость горных пород

Цель работы. Определение плотности абсолютно сухой породы δ_c , не содержащей растворимых солей и нефти, путем деления массы образца m_c в воздухе на его объем V_c .

Теоретическая часть

Определение плотности абсолютно сухой породы гидростатическим взвешиванием – это один из методов определения плотности породы, который относится к весовым. Масса m_c получается путем взвешивания образца в воздухе, а его объем рассчитывается по формуле:

$$V_c = \frac{(m_c - m_c^{жс})}{\delta_{жс}}, \quad (3.1)$$

где $m_c^{жс}$ – масса сухой породы при взвешивании в жидкости;

$\delta_{жс}$ – плотность жидкости (в качестве жидкости могут использоваться дистиллированная вода, керосин, бензол и любая жидкость с известной плотностью).

Плотность абсолютно сухого образца определяется по формуле:

$$\delta_c = m_c \delta_{жс} / (m_c - m_c^{жс}) \quad (3.2)$$

где m_c – масса сухой породы при взвешивании в воздухе.

При определении плотности δ_c пористых и проницаемых образцов, для увеличения точности породы покрывают непроницаемой оболочкой (парафином, коллодием и тому подобное), при покрытии парафином требуется сушильный шкаф (иначе будут не плохие погрешности), в котором покрытая порода будет высушиваться и лишний парафин растечется от породы, а поры останутся покрыты парафином.

Затем определяют объем образца покрытого непроницаемой пленкой по формуле: $V_{c.ob} = \frac{m_{c.ob} - m_{жс}}{\delta_{жс}}$, *об (непроницаемая оболочка), затем

определяется объем материала, покрывающего образец по формуле: $V_{об} = (m_{c.ob} - m_c) / \delta_{об}$, где $\delta_{об}$ - плотность материала непроницаемой пленки.

Также определяем объем образца $V_c = V_{c.ob} - V_{об}$, и его плотность в воздухе по

формуле:

$$\delta_c = \frac{m_c}{V_{c.ob} - V_{об}} = \frac{m_c}{\left[\frac{m_{об} - m_{c.ob}}{\delta_{жс}} \right] - \left[\frac{m_{об} - m_c}{\delta_{об}} \right]}. \quad (3.3)$$

Оборудование и материалы

1. Технические весы, с возможность взвешивать на весу.
2. Металлическая проволока или нить, для подвешивания образцов.
3. Дистиллированная вода
4. Стекланные сосуды

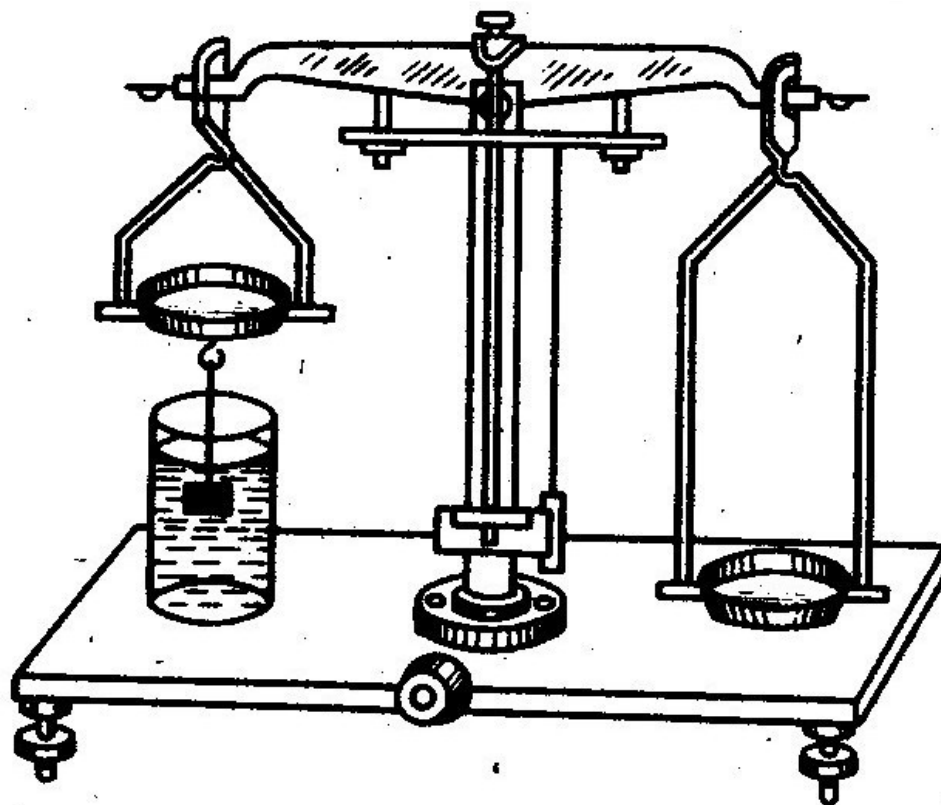


Рисунок 3.1 – Гидростатические весы
для взвешивания образцов в воде

Указания по технике безопасности

При работе в специализированной лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

1. При использовании огнеопасной жидкости запрещается открытый огонь и рекомендуется использовать перчатки.
2. Не входить в лабораторию без разрешения преподавателя (лаборанта).
3. Не включать без разрешения оборудование.
4. При несчастном случае или поломке оборудования позвать преподавателя (лаборанта).
5. Не трогать провода и разъемы.
6. Не допускать порчи оборудования.
7. Не шуметь.

Указания по порядку выполнения работы

1. Проверка работоспособности весов.

1.1. Весы ВЛР200 включаются рычажком сбоку, на шкалах справа и слева должны быть выставлены нули.

нужно посмотреть на подсвечивающуюся шкалу посередине, где должны быть видны цифры. Нужно запомнить на какой цифре стоит светящаяся шкала, чтобы знать абсолютный 0 (если шкала, например, показывает 10, то при снятии значения мы будем отнимать 10 мг).

1.1. Проверить заземление.

1.2. Включить весы за 20-30 минут до начала работы.

1.3. Перед началом работы ручкой установить на отметку "00" диск делительного устройства и ручкой ввести нулевую отметку шкалы в отсчетную отметку экрана.

1.4. При работе на весах могут применяться методы прямого и точного взвешивания.

При прямом взвешивании в изолированном положении весов поместить взвешиваемый груз на левую чашку весов и уравновесить его накладными гирями из набора Г-2-210 и встроенными гирями, навешивая их ручкой на правое плечо коромысла.

Поворотом ручки ввести весы в рабочее положение.

Если после включения весов изображение шкалы не попадает на экран, то, дополнительно накладывая (или снимая) накладные гири и навешивая (или снимая) гиревым механизмом встроенные гири, вывести изображение шкалы на экран.

Снять показания со шкалы.

Наложение и снятие накладных и встроенных гирь производить только в изолированном положении весов.

Введение весов в рабочее положение, во избежание раскачивания подвесок, производить плавным поворотом ручки, при этом дверцы весовой камеры должны быть закрыты.

1.1. Проверить заземление.

1.2. Включить весы за 20-30 минут до начала работы.

1.3. Перед началом работы ручкой установить на отметку "00" диск делительного устройства и ручкой ввести нулевую отметку шкалы в отсчетную отметку экрана.

1.4. При работе на весах могут применяться методы прямого и точного взвешивания.

При прямом взвешивании в изолированном положении весов поместить взвешиваемый груз на левую чашку весов и уравновесить его накладными гирями из набора Г-2-210 и встроенными гирями, навешивая их ручкой на правое плечо коромысла.

Поворотом ручки ввести весы в рабочее положение.

Если после включения весов изображение шкалы не попадает на экран, то, дополнительно накладывая (или снимая) накладные гири и навешивая (или снимая) гиревым механизмом встроенные гири, вывести изображение шкалы на экран.

Снять показания со шкалы.

Наложение и снятие накладных и встроенных гирь производить только в изолированном положении весов.

Введение весов в рабочее положение, во избежание раскачивания подвесок, производить плавным поворотом ручки, при этом дверцы весовой камеры должны быть закрыты.



Рисунок 3.2 – Шкала

1.2. На левую часть весов подвешивается порода (или исследуемый объект), а на правой части весов ставятся гирьки известной массы. При подвешивании образца весом более 105 мг цифры на подсвечивающейся шкале пропадут, при уравнивании весов мы должны добиться получения цифр на шкале. Для этого с правой стороны мы подставляем гирьки. Справа от шкалы есть 2 колёсика: 1-ое колёсико отвечает за шкалу, которая находится правее от светящейся шкалы и показывает сотые миллиграммы, светящаяся шкала показывает десятые миллиграммы; 2-ое колёсико отвечает за изменение шкалы, которая находится правее от светящейся шкалы, она показывается знаки после запятой. Измеренный вес будет равен весу гирьки на правой стороне весов + сотым миллиграмма на шкале левее от подсвечивающейся шкалы + десятые миллиграмма на подсвечивающейся шкале + знаки после запятой на шкале правее от подсвечивающейся.

2. Измерительная часть

2.1. Отбирают однородные образцы массой 5–10 г и более без включений и трещин, не свойственных этой породе.

2.2. Подбирается нить или проволока для подвешивания породы, взвешивается в жидкости (m_{np}).

2.3. Образцы взвешивают в воздухе m_c (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 - Взвешивание породы в воздухе

2.4. В колбу наливают жидкость (дистиллированная вода, керосин, бензол или др.), желательно, чтобы вес колбы с жидкостью составлял меньше 200 г (весы ВЛР200 измеряют не более 200 грамм). Колба с жидкостью предварительно взвешивается (рис. 3.4), для последующего исключения из результатов. Получаем массу $m_{колб}^{ж}$. Ширина колбы должна быть больше диаметра образца, чтобы он не касался стенок и дна колбы.



Рисунок 3.4 – Взвешивание жидкости

2.5. Взвешивают образцы в колбе с жидкостью так, чтобы они не касались стенок и дна колбы (рис. 3.5). Для этого подвешивают на тонкой проволочке к дужке технических весов, под ним устанавливают стакан и грузиками уравнивают весы, так чтобы была видна шкала. Получаем массу $m_{с.колб.пр}^{жс}$ породы, колбы с жидкостью и проволоки.



Рисунок 3.5 - Взвешивание породы в жидкости.

3. Расчетная часть

3.1. Находим массу породы в жидкости

$$m_{ж} = m_{ж \text{ с.колб.пр}} - m_{ж \text{ колб}} - m_{пр}$$

3.2. Зная массы породы в воздухе и в жидкости, а также плотность жидкости находим объем породы по формуле: $V_c = (m_c - m_{ж}^{ж}) / \delta_{ж}$

3.3. Затем находим плотность породы по формуле:

$$\delta_c = \frac{m_c \delta_{ж}}{(m_c - m_{ж}^{ж})} \quad (3.4)$$

Для более точных измерений берут 2 одинаковые породы и проводят все вышеназванные измерения и вычисления.

4. Вычисление погрешности измерений.

Рассчитываем наибольшую метрологическую относительную погрешность:

$$\frac{\Delta \delta_c}{\delta_c} = \frac{m^*}{m_c - m_c^*} \left(\frac{\Delta m^*}{m_c^*} + \frac{\Delta m_c}{m_c} \right) + \frac{\Delta \delta}{\delta_c} = \frac{m^* \delta_c}{m_c \delta_c} \left(\frac{\Delta m^*}{m_c^*} + \frac{\Delta m_c}{m_c} \right) + \frac{\Delta \delta}{\delta_c}, \quad (3.5)$$

при $\delta_c = 1 \text{ г/см}^3$ и $\Delta m_c^* = \Delta m_c$, формула упрощается:

$$\frac{\Delta \delta_c}{\delta_c} = \Delta m_c (2\delta_c - 1) / m_c. \quad (3.6)$$

Так как в качестве жидкости у нас дистиллированная вода, то для расчетов используем формулу 3.6.

Содержание отчета

Отчет формируем в соответствии с приложением А.

Выполнив все необходимые записи показаний измерительных приборов, надо произвести вычисления, занести в таблицу 3.1 и сделать краткие выводы по работе.

Таблица 3.1

Номер образца			
Название породы			
Масса, г	$m_{\text{пр}}$		
	m_c		
	$m_{\text{колб}}^*$		
	$m_{\text{с.колб.пр}}^*$		
	m_c^*		
Объем, см ³	V_c		
Плотность, г/см ³	$\delta_{\text{ж}}$		
	δ_c		
Погрешность, %	$\Delta \delta_c / \delta_c$		

Контрольные вопросы

1. По какой формуле определяется объем породы?
2. По какой формуле определяется плотность породы?
3. Для чего породы покрывают непроницаемой оболочкой?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

Электромагнитные свойства

Цель работы. Ознакомление с основными магнитными параметрами горных пород. Освоение методики определения остаточной намагниченности, азимута склонения и угла наклона горных пород магнитометрическим способом.

Теоретическая часть

Магнетизм – свойство пород намагничиваться в магнитном поле, изменять его и иногда сохранять намагниченное состояние после прекращения действия поля.

В результате намагничивания любой объем породы приобретает магнитный момент. Магнетизм проявляется при взаимодействии двух намагниченных образцов пород или образца породы и проводника, по которому течет ток; его определяют концентрация и распределение в породе диа-, пара-, антиферро-, ферро- или гораздо чаще ферромагнитных компонентов, их химический состав, структура кристаллической решетки минералов, в частности, тип связи в ней атомов или ионов. Магнетизм зависит от происхождения и условий жизни пород. Он не постоянен, если растут со временем действующие на погружающуюся породу давление и температура; при этом изменяется не только ее структура, но и минеральный состав.

Магнитные свойства горных пород описываются несколькими параметрами, среди которых для интерпретации геофизических данных наибольший интерес представляют магнитная восприимчивость χ , магнитная проницаемость μ и вектор намагниченности горных пород J .

Магнитная восприимчивость χ характеризует способность материалов намагничиваться под воздействием магнитного поля:

$$\chi = \frac{J}{H}, \quad (4.1)$$

где $\vec{J}$ – вектор намагниченности вещества, А/м; $\vec{H}$ – вектор напряженности

существующего магнитного поля, внешнего по отношению к веществу, А/м.

Магнитная восприимчивость (величина безразмерная) определяется для единицы объема или массы.

Напряженность суммарного магнитного поля, т. е. сумма напряженностей намагничивающего поля и внутреннего поля, возникающего под действием намагничивающего поля, называется **магнитной индукцией** (или плотностью магнитного потока). Магнитная индукция определяется по формуле:

$$\vec{B} = \vec{H} + 4\pi \vec{J} . \quad (4.2)$$

Мерой намагничивания вещества служит вектор $\vec{J}$. Он равен векторной сумме всех магнитных моментов $\vec{M}_M$ молекул, заключенных в единице объема вещества:

$$\vec{J} = \frac{1}{V} \sum 2\vec{M}_M . \quad (4.3)$$

Связь между индукцией и напряженностью поля в вакууме характеризуется **магнитной постоянной** μ_0 . В СИ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Магнитная проницаемость показывает, во сколько раз увеличилось магнитное поле в результате намагничивания среды.

Абсолютная магнитная проницаемость вещества характеризует связь между индукцией и напряженностью в любой среде и определяется по формулам:

$$\mu_a = \vec{B} / \vec{H} , \quad (4.4)$$

$$\mu_a = \mu \mu_0 , \quad (4.5)$$

где μ – относительная магнитная проницаемость вещества, характеризующая отношение абсолютной проницаемости к магнитной постоянной.

Намагниченность $\vec{J}$ складывается из вектора остаточной намагниченности $\vec{J}_n$ и вектора индуцированной намагниченности $\vec{J}_i$:

$$\vec{J} = \vec{J}_n + \vec{J}_i . \quad (4.6)$$

Остаточная естественная

намагниченность

$\rightarrow$

J_n приобретается

породами в предшествующее время в отличие от **индуцированной**

намагниченности J_i

→

, которая вызвана действием современного нормального геомагнитного поля.

Диамагнитные материалы имеют отрицательную магнитную восприимчивость ($\chi < 0$, $\mu < 1$); они намагничиваются в направлении, противоположном направлению магнитного поля.

Абсолютные значения магнитной восприимчивости диамагнитных веществ невысокие и редко достигают 10^{-4} ед. СИ.

К диамагнетикам относятся инертные газы, ряд металлов (медь, серебро, золото, цинк, висмут, ртуть) и неметаллов (кремний, кварц, алмаз, графит, сера, фосфор), галенит, кварц, кальцит, гипс, ангидрид и другие безжелезистые минералы, нефть и вода.

Парамагнитные материалы обладают положительной магнитной восприимчивостью ($\chi > 0$, $\mu > 1$); они намагничиваются по направлению поля. Магнитная восприимчивость парамагнетиков существенно зависит от температуры, с ростом которой она уменьшается.

К парамагнетикам относятся щелочные и щелочноземельные металлы, соли элементов группы железа и породообразующие минералы (плагиоклазы, калиевые полевые шпаты, мусковит, скаполит, шпинель, топаз, апатит, биотиты, амфиболы, хлориты, пироксены, оливины и др.), газы O_2 , NO, соли редкоземельных элементов.

Ферромагнитные материалы характеризуются положительными и очень высокими значениями магнитной восприимчивости и $\mu \gg 1$.

Ферромагнетики обладают в отсутствие внешнего магнитного поля определенным атомным магнитным порядком. Он проявляется в существовании спонтанной (самопроизвольной) намагниченности. Это свойство характерно для металлических кристаллов, сплавов и соединений переходных элементов.

Ферромагнитные вещества обладают сложной зависимостью намагничивания от намагничивающего поля. Закон намагничивания характеризуется петлей гистерезиса.

Магнитная восприимчивость ферромагнетиков проявляется до

определенной температуры (точки Кюри), выше которой они превращаются в парамагнетики. Для большинства ферромагнетиков точка Кюри находится в пределах 700 – 1000°С.

К наиболее распространенным ферромагнитным минералам относятся магнетит, титаномагнетит, гематит, пирротин, гетит и др.

Ферромагнетики делятся на собственно ферромагнетики, антиферромагнетики и ферриты. У собственно ферромагнетиков магнитные моменты всех атомов, входящих домен, ориентируются в одном направлении. Намагниченность их очень сильная. В доменах антиферромагнетиков атомы (ионы) делятся на две примерно равные части. Одна часть атомов имеет направление магнитных моментов, противоположное направлению магнитных моментов других атомов (ионов). В результате происходит полная или частичная компенсация моментов.

Антиферромагнетики намагничиваются слабо, но их намагниченность стабильная во времени. Примером может служить минерал гематит. У ферритов происходит частичная компенсация магнитных моментов доменных атомов (ионов). К ним относятся минералы магнетит и пирротин.

В настоящее время существует множество способов и методик определения магнитных свойств горных пород. Они основаны на взаимодействии магнитного поля вещества (породы) со следующим:

- 1) вращающимися электрическими катушками (индукционные магнитометры);
- 2) рамками с током (флюксметры);
- 3) движущимися электрическими зарядами (магнитометры на эффекте Холла);
- 4) постоянными магнитами (оптико-механические магнитометры);
- 5) спиновыми магнитными моментами при намагничивании магнитных материалов (феррозондовые магнитометры);
- 6) магнитными моментами атомных ядер (ядерные магнитометры);
- 7) спиновыми магнитными моментами электронов (электронно-спиновые магнитометры);
- 8) магнитными моментами атомов (атомные магнитометры);
- 9) сверхпроводящие системы при сверхнизких температурах (криогенные магнитометры).

Все перечисленные типы магнитометров имеют широкий предел чувствительности ($10^{-4} - 10^{-9}$). Высокая чувствительность некоторых типов магнитометров не всегда сопровождается высокой стабильностью их показаний. При выборе аппаратуры необходимо учитывать конкретные условия измерения и решаемые задачи.

При изучении магнитных характеристик горных пород наибольшее распространение получили оптико-механические магнитометры (имеющие астатическую систему с постоянными магнитами) типа МАЛ-201 (рис. 4.1),

ЛАМ-22. Основной измеряемой величиной является вектор намагниченности $\vec{J}$, представляющий сумму векторов остаточной намагниченности $\vec{J}_n$ и индуктивной намагниченности $\vec{J}_i$, созданной магнитным полем Земли.

На магнитометре непосредственно измеряются составляющие магнитных моментов индуктивной намагниченности M_i и остаточной намагниченности M_n . Зная магнитные моменты, объемы образцов и намагничивающее поле, можно определить векторы $\vec{J}_n$ и $\vec{J}_i$.

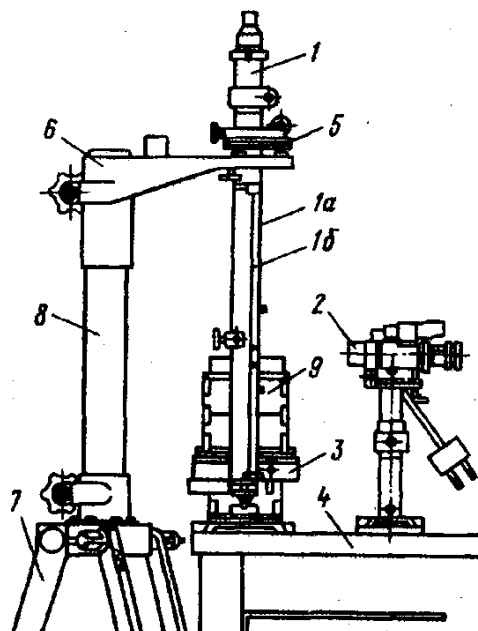


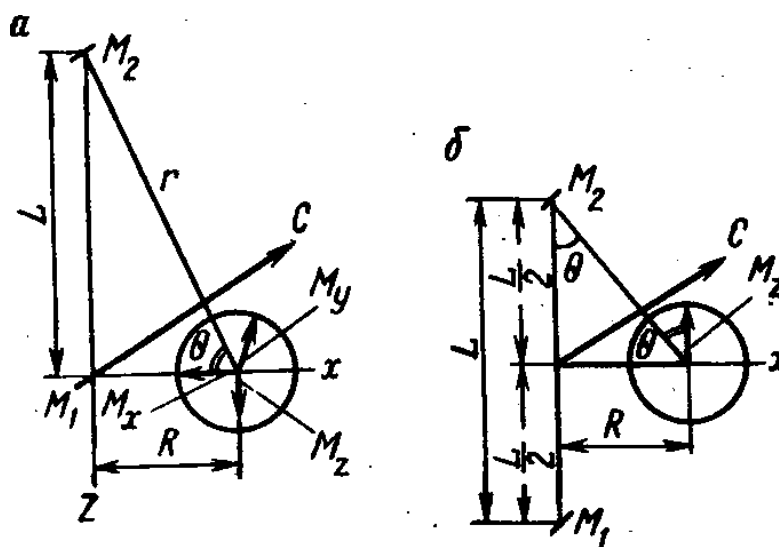
Рисунок 4.1 – Схема астатического магнитометра
 1 – цилиндрический корпус магнитометра (а – защитный кожух, б – торсионный подвес); 2 – система двухмагнитная с зеркалом 3 и котировочным магнитом; 4 – подвес системы; 5 – демпфер; 6 – арретир; 7 – опоры; 8 – немагнитный держатель; 9 – крючок с подвеской

На уровне нижнего магнита астатической системы (рис. 4.2, а) определяются проекции M_x , M_y , M_z магнитного момента остаточной намагниченности. Так как астатическая система установлена в плоскости меридиана, а измеряется составляющая момента, перпендикулярная плоскости меридиана, то индуктивная составляющая, вызванная полем земли, не влияет на измерения (на уровне нижнего магнита). Если какая-то часть горизонтальной составляющей магнитного поля земли создает

некоторую индуктивную составляющую, то после обработки данных измерений эта индуктивная составляющая полностью исключается. Таким образом, определяются только проекции момента остаточной намагниченности.

При расположении исследуемых образцов на равноудаленном расстоянии от верхнего и нижнего магнитов астатической системы (рис. 4.2, б) на магниты действуют поля исследуемых образцов, созданные вертикальными составляющими остаточного магнитного момента и индуктивного. Однако вертикальная составляющая индуктивной намагниченности всегда будет направлена в одну сторону (например, вверх), а вертикальная составляющая момента остаточной намагниченности изменит свое направление вместе с поворотом образца на 180° вокруг горизонтальной оси.

Рисунок 4.2 – Схемы различных способов измерения



магнитных свойств образцов пород

Расположение образца: а – на уровне нижнего магнита,
б – в равноудаленном положении от магнитов

Оборудование и материалы

1. Магнитометр астатический.
2. Контейнеры для образцов $50 \times 50 \times 50$ мм и $70 \times 70 \times 70$ мм.

3. Образцы правильной геометрической формы размером до 70×70×70 мм.

4. Инструкция по эксплуатации прибора.

Указания по технике безопасности

При работе в специализированной лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

1. Не входить в лабораторию без разрешения преподавателя (лаборанта).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать преподавателя (лаборанта).
4. Не трогать провода и разъемы.
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не шуметь.

Указания по порядку выполнения работы

Измерения могут выполняться двумя способами: на уровне нижнего магнита астатической системы; в положении, равноудаленном от обоих магнитов.

На уровне нижнего магнита определяются величина и направление остаточной намагниченности J .

В положении, равноудаленном от обоих магнитов, измеряется одновременно величина вертикальных составляющих остаточной и индуктивной намагниченности. Для их разделения измерения выполняются при двух положениях образца, поворачивая его на 180° в вертикальной плоскости.

1. Измерения на уровне нижнего магнита

1.1. Производят настройку и регулировку магнитометра и оптической системы.

1.2. Градуируют магнитометр при помощи градуировочных катушек и определяют цену деления шкалы отсчета ($A \cdot m^2/\text{дел}$)

$$E_m = \frac{A_m \cdot K \cdot I \cdot 10^5}{n}, \quad (4.7)$$

где A_m – постоянная прибора, определяется по паспорту; K – постоянная катушки на единицу тока ($A \cdot m^2/m \cdot A$); I – сила тока при градуировке (мА); n – число делений отсчета по шкале.

1.3. Строят градуировочный график при разных позициях m (1,2,3,...,9)
 $E_m = f(m)$.

1.4. Отбирают ориентированные образцы – в естественном залегании на образцы наносят взаимно перпендикулярные оси направленные на север, восток и вертикально вниз.

1.5. Придают образцам правильную геометрическую форму размером $70 \times 70 \times$ мм при намагниченности образцов свыше 20 А/м. При намагниченности до 20 А/м можно использовать грубообработанные образцы, приближающиеся по форме к изометрической.

1.6. Ориентируют образцы по осям держателя и укрепляют их пластилином. Слабомагнитные образцы рекомендуется укреплять парафином. Центр массы образца по возможности должен совпадать с центром держателя. Образцы, которые не помещаются в держатель, можно устанавливать непосредственно на столик так, чтобы расстояние между образцом и системой было в 2–3 раза больше среднего размера образца.

1.7. Устанавливают держатель с образцом в некоторое положение m на столике осью OX в сторону астатической системы. В этом положении производят отсчет n_{x1} .

1.8. Переворачивают держатель с образцом на 180° в горизонтальной плоскости (вокруг вертикальной оси) и в этом же положении m производят

отсчет n_{x2} .

1.9. Для повышения точности держатель с образцом разворачивают на 180° в вертикальной плоскости (вокруг горизонтальной оси, ось OX направлена от магнитной системы) и производят отсчет n_{x3} .

1.10. Разворачивают держатель с образцом вновь на 180° в горизонтальной плоскости и производят отсчет n_{x4} .

1.11. По результатам четырех измерений определяют составляющую момента по оси x

$$M_x = \frac{(n_{x1} - n_{x2}) + (n_{x4} - n_{x3})}{4} \cdot E_m, \quad (4.8)$$

где E_m – цена деления прибора в единицах намагниченности для позиции m .

1.12. Выполняют аналогичные измерения и расчеты составляющих момента по y и z :

$$M_y = \frac{(n_{y1} - n_{y2}) + (n_{y4} - n_{y3})}{4} \cdot E_m, \quad (4.9)$$

$$M_z = \frac{(n_{z1} - n_{z2}) + (n_{z4} - n_{z3})}{4} \cdot E_m, \quad (4.10)$$

1.13. Перед началом измерения и в конце цикла в отсутствие образца берется отсчет положения нуля для контроля за поведением системы. При необходимости вводится поправка в результаты измерения за смещение нуля. Определяют проекции вектора остаточной намагниченности $\vec{J}_x = \vec{M}_x / V$, $\vec{J}_y = \vec{M}_y / V$, $\vec{J}_z = \vec{M}_z / V$, где V – объем образца

1.14. Рассчитывают модуль вектора $\vec{J} = \sqrt{\vec{J}_x^2 + \vec{J}_y^2 + \vec{J}_z^2}$

1.15. Определяют направление вектора:

азимут $A_z = \arctg \vec{J}_x / \vec{J}_y$;

склонение $D = \arcsin \vec{J}_x / \sqrt{\vec{J}_x^2 + \vec{J}^2}$;

наклонение $\varphi = \arctg \vec{J}_z / \sqrt{\vec{J}_x^2 + \vec{J}^2}$.

2. Измерение в равноудаленном положении от магнитов

2.1. Выполняют операции 1–6, указанные в измерении на нижнем уровне магнита.

2.2. Устанавливают подставку на столик образцов или поднимают сам столик на 75 мм.

2.3. Устанавливают держатель с образцом в некоторое положение т, направляя ось Ox вниз для согласования знаков отклонения и производят отчет n_{x1} .

2.4. Поворачивают держатель с образцом на 180° в горизонтальной плоскости (вокруг вертикальной оси) и производят отчет n_{x2} .

2.5. Разворачивают держатель с образцом на 180° в вертикальной плоскости (вокруг горизонтальной оси) и производят отчет n_{x3} .

2.6. Еще раз переворачивают держатель с образцом на 180° вокруг вертикальной оси и производят отчет n_{x4} .

2.7. Повторяют операции 3, 4, 5, 6 по осям Oy , Ox и производят отсчеты n_{y1} , n_{y2} , n_{y3} , n_{y4} , n_{z1} , n_{z2} , n_{z3} , n_{z4} .

2.8. По результатам измерений рассчитывают проекции моментов на оси x , y , z по формулам:

$$\vec{M}_{ix} = \frac{n_{x1} + n_{x2} + n_{x3} + n_{x4}}{4} \cdot E_m, \quad (4.11)$$

$$\vec{M} = \frac{(n_{x1} + n_{x2}) - (n_{x3} + n_{x4})}{4} \cdot E_m, \quad (4.12)$$

По аналогичным формулам рассчитывают проекции моментов $\vec{M}_{iy}$, $\vec{M}_{iz}$, $\vec{M}_z$.

2.9. Определяют проекции вектора остаточной намагниченности $\vec{J}_x = \vec{M}_x / V$; $\vec{J}_y = \vec{M}_y / V$; $\vec{J}_z = \vec{M}_z / V$;

2.10. Находят модуль вектора остаточной намагниченности:

$$\vec{J} = \sqrt{\vec{J}_x^2 + \vec{J}_y^2 + \vec{J}_z^2}. \quad (4.13)$$

2.11. Определяют направление вектора:

$$\begin{aligned} \text{азимут } A &= \arctg \frac{J_x}{J_y}; \\ \text{склонение } D &= \arcsin \frac{J_z}{\sqrt{J_x^2 + J_y^2}}; \end{aligned}$$

$$\text{наклонение } \varphi = \arctg \frac{J_z}{\sqrt{J_x^2 + J_y^2}}.$$

Если известна вертикальная составляющая магнитного поля в данной точке H , возможно определить магнитную восприимчивость χ по составляющим векторов индуктивной намагниченности $\vec{J}_{ix}, \vec{J}_{iy}, \vec{J}_{iz}$.

2.12. Рассчитывают составляющие вектора индуктивной намагниченности $J_x = M_x / V$; $J_y = M_y / V$; $J_z = M_z / V$.

2.13. Определяют величины проекций магнитной восприимчивости по оси x, y, z :

$$\chi_x = J_{ix} / H_z; \quad \chi_y = J_{iy} / H_z; \quad \chi_z = J_{iz} / H_z \quad \text{и среднюю величину}$$

$$\text{магнитной восприимчивости } \chi_{cp} = \frac{M_{ix} + M_{iy} + M_{iz}}{3VH_z}.$$

Содержание отчета

Отчет формируем в соответствии с приложением А.

Контрольные вопросы

1. Что такое относительная магнитная проницаемость?
2. Что такое магнитная восприимчивость?
3. В каких единицах в системе СИ измеряются χ и μ ?
4. В каких единицах в системе СИ измеряются намагниченность вещества J и напряженность магнитного поля H ?
5. Для каких магнетиков справедливы приведенные формулы определения магнитной восприимчивости $\chi = \frac{J}{H}$ и относительной магнитной проницаемости $\mu = \frac{B}{B_0}$? Почему?
6. Для какой цели производится поворот образца на 180° при

определении вектора намагниченности с помощью магнитометра?

7. В чем принципиальная разница измерения проекций магнитного момента на уровне нижнего магнита и в равноудаленной точке?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Искусственная радиоактивность в геофизике

Цель работы. Изучение удельного электрического сопротивления пластовой воды для решения различных промыслово-геофизических задач.

Теоретическая часть

Пластовая вода, насыщающая породу, оказывает значительное влияние на величину УЭС $\rho_{в.п.}$. Величина удельного электрического сопротивления воды ρ_v зависит от химического состава растворенных в ней солей, от их концентрации и от температуры.

В связи с тем, что удельные электрические сопротивления растворенной в пластовых водах основной части солей незначительно отличаются друг от друга и что в пластовых водах, как правило, преобладает соль NaCl, в лаборатории модель пластовой воды готовят на базе NaCl.

Определение удельного электрического сопротивления воды ρ_v возможно по известной концентрации (минерализации) солей с использованием зависимости $\rho_v = f(C)$. Измерения УЭС ρ_v воды возможны как на постоянном, так и на переменном токе. Если измерения проводятся на постоянном токе, то в измерительной ячейке используют электроды повышенной стабильности (из платины или серебра), измеряют активное

сопротивление воды R_{ϵ} и по эталонному графику $R_{\epsilon} = f(\rho_{\epsilon})$ находят удельное электрическое сопротивление воды ρ_{ϵ} . При измерениях на переменном или пульсирующем токе требования к стабильности электродов снижаются и используется чаще всего принцип непосредственной оценки ρ_{ϵ} на переменном токе.

Оборудование и материалы

1. Резистивиметр типа ПР-1.
2. Инструкция по эксплуатации резистивиметра ПР-1.
3. Насыщенный раствор $NaCl$.
4. Дистиллированная вода.

Указания по технике безопасности

При работе в специализированной лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

1. Не входить в лабораторию без разрешения преподавателя (лаборанта).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать преподавателя (лаборанта).
4. Не трогать провода и разъемы.
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не шуметь.

Указания по порядку выполнения работы

1. Определение сопротивления пластовой воды.

Для определения сопротивления используется ванна для пластовой воды, платформа NI ELVIS II или мультиметр (тестер).

1.1. Измеряем объем пластовой воды. Для начала необходимо измерить геометрические размеры ванны – длину, ширину высоту (по уровню

жидкости). Важно чтобы ванна располагалась строго горизонтально для достижения необходимой точности. Для упрощения задачи можно воспользоваться мерным стаканом.

2.2. Измеряем сопротивление пластовой воды. Включаем мультиметр в режиме измерения самых низких значений сопротивления, щупы замыкаются накоротко (соединяются между собой). Измеренное сопротивление погрешности необходимо записать для исключения в дальнейшем сопротивления проводов и щупов из показаний. После этого щупы подключаются к электродам. Измерения проводятся ступенчато, т.е. сначала включается измерение наибольшего диапазона, потом измерения на более низких диапазонах. Как только значения перестали определяться, мультиметр стоит перевести на измерение предыдущего (большого) диапазона. Стоит помнить, что чем меньше диапазон измерений, тем выше точность измерений. Исходя из этого, следует переводить мультиметр в наиболее чувствительный режим. Измерения можно проводить несколько раз, чтобы уменьшить погрешность. При этом выбирается среднее значение сопротивления.

Если же проводится исследование зависимости значений удельного электрического сопротивления от минерализации раствора, то необходимо менять минерализацию, добавляя $NaCl$.

2. Обработка результатов измерений

После проведения измерений, результаты следует оформить в виде таблицы, где также будут указаны измеренные и рассчитанные величины.

2.1. Определяем удельное сопротивление пластовой воды:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{L}, \quad (5.1)$$

где R – показания мультиметра, включенного в режим омметра;

S – площадь сечения алюминиевых пластин;

L – длина корпуса.

2.2. По полученным значениям построим график, наглядно показывающий зависимость значений УЭС от минерализации. Для построений можно воспользоваться редактором Microsoft Excel.

2.3. При петрофизических исследованиях зачастую используют не значение удельного электрического сопротивления, а значения обратной величины – удельной электрической проводимости (УЭП). Поскольку эти величины обратные, то можно перейти от одной к другой, используя формулу:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}, \quad (5.2)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление

σ – удельная электрическая проводимость

По значениям УЭП, как и по значениям УЭС, построить график зависимости от минерализации.

Содержание отчета

Отчет формируем в соответствии с приложением А.

Экспериментальные и рассчитанные значения записываются по форме, приведенной в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Измеренные величины	№ опыта			
	1	2	3	4
$R_{погр}$, Ом				
$R_{изм}$, Ом				
d_1 , м				
d_2 , м				
L , м				
M , кг				
Рассчитанные величины				
R , Ом				
Q , кг/м ³				
ρ , Ом · м				

Значения УЭС и УЭП, в зависимости от минерализации пластовой воды записываются по форме, приведенной в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Величины	Минерализация Q , кг/м ³			
ρ , Ом · м				
σ , См · м				

Контрольные вопросы

1. От чего зависит величина удельного электрического сопротивления воды?
2. Как измеряется сопротивление пластовой воды?
3. Формула определения удельного сопротивления пластовой воды.

Приложение А

Требования к оформлению отчета по выполнению лабораторных работ

Практическое занятие представляет собой научный отчет небольшого объема, в котором обобщается работа в рамках определенной темы, проведенная студентом.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т. д.).

Отчеты по лабораторным работам оформляются на листах А и собираются в альбом лабораторных работ

Образец титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО
«Северо-Кавказский федеральный университет»
Кафедра «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»
ОТЧЕТ
по лабораторной работе № _
«_____»
наименование работы
по дисциплине «ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД»
Выполнил студент группы _____

Ф.И.О.
Проверил преподаватель

Ф.И.О.
Ставрополь, 20__г.

Цель работы: приводится формулировка цели лабораторной работы. Формулировки цели для каждой лабораторной работы приведены в методических указаниях.

Теоретическая часть: приводятся теоретические сведения, которые могут помочь во время защиты лабораторной работы.

Оборудование и материалы: приводится перечень использованного оборудования и материалов.

Порядок выполнения работы: описываются последовательно этапы выполнения работы с указанием результатов.

Вывод: кратко описываются итоги проделанной работы и приводится анализ полученных результатов.

Параметры форматирования

Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А4).

Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков – четкими, без ореола и затенения.

Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14.

Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом.

Лист с текстом должен иметь поля: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм.

Необходимо различать в тексте **дефис** (-) (например, корреляционно-регрессионный) и **тире** (–) (Alt + 0150).

Нумерация рисунков, таблиц и формул должна соотноситься с номером лабораторной работы. Например, в лабораторной работе 1 таблицы и рисунки нумеруются так: Таблица 1.1, Рисунок 1.1, (1.1) и так далее.

Рисунки должны быть оформлены с учетом особенности черно-белой печати (рекомендуется использовать в качестве заливки различные виды штриховки и узоров, в графиках различные виды линий – пунктирные, сплошные и т. д., разное оформление точек, по которым строится график – кружочки, квадраты, ромбы, треугольники).

Рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1.1 – Название).

Надписи на рисунках должны читаться.

Рисунки должны читаться отдельно от текста, поэтому оси должны иметь название и единицы измерения;

Таблицы должны иметь название. Таблицы нумеруются сверху (Таблица 1.1 – Название).

Формулы выполняются в редакторе формул **MathType** (желательно). Если в вашем Microsoft Word нет этого редактора, то нажимаем вкладку *Вставка* → *Объект* → *Microsoft Equation 3.0*, в появившемся окне пишем

формулу. Формулы выравниваются по центру, их номера ставятся при помощи табулятора в круглых скобках по правому краю. Допускается выполнение формул и уравнений рукописным способом черными чернилами.

Заголовки должны быть выделены относительно основного текста, например, выполнены в полужирном стиле.

Страницы нумеруются арабскими цифрами. Номер страницы ставится в центре нижней части листа без точки. Титульный лист включается в общую нумерацию, номер на нем не ставится.

Литература

Основная литература:

1. Зеливянская, О. Е. (СКФУ). Физика горных пород : учебное пособие(курс лекций) для студентов специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки» / О. Е. Зеливянская ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 156 с

Дополнительная литература

1. Добрынин, В. М. Петрофизика (физика горных пород) : учебник для вузов / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендельштейн, Д. А. Кожевников. - М. : Нефть и газ ; РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. - 368 с. : ил. - Библиогр.: с. 355-357. - Предм. указ.: с.358-362. - ISBN 5-7246-0295-4
2. Зинченко, В. С. Петрофизические основы гидрогеологической и инженерно-геологической интерпретации геофизических данных : учеб. пособие / В. С. Зинченко ; Рос. гос. геологоразвед. ун-т им. С. Орджоникидзе. - М. : Тверь : Изд-во АИС, 2005. - 387 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. МО. - Библиогр.: с. 378-382. - ISBN 5-94789-117-4
3. Петрофизика : учебник для вузов / Г. С. Вахромеев, Л. Я. Ерофеев, В. С. Канайкина, Г. Г. Номоконова. - Томск : Изд-во Томского ун-та, 1997. - 462 с. : ил. - Библиогр.: с. 456-458. - ISBN 5-7511-0851-5
4. Ржевский, В. В. Основы физики горных пород : учебник для вузов / В. В. Ржевский, Г. Я. Новик. - 6-е изд. - М. : URSS, 2012. - 360 с. : ил. - (Классика инженерной мысли: горное дело). - Гриф: Доп. МО. - Библиогр.: с. 335-336. - ISBN 978-5-397-03053-3
5. Ржевский, В. В. Основы физики горных пород : учебник для вузов / В. В. Ржевский, Г. Я. Новик. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Недра, 1973. - 286 с. : ил. - Библиогр.: с. 280-282
6. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика) : справочник геофизика / под ред. Н. Б. Дортман. - М. : Недра, 1976. - 527 с. : ил. - Библиогр.: с. 501-525

Интернет-ресурсы

- 1 <http://ansatte.uit.no/webgeology/> сайт Университета Тромсё (University of Tromsø), Норвегия
- 2 <http://oilcraft.ru/load/2> - нефтегазовый портал
- 3 <http://www.geokniga.org/inboxes> - Геологический портал GeoKniga

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине

Петрофизика

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология, специализации- Геология месторождений нефти и газа

Цель методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин образовательной программы (далее ОП).
2. Создания в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, ее назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО
2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов
3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

1.1. Требования к условиям реализации ОП:

- требования к обязательному минимуму содержания образовательной программы подготовки специалиста, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим ФГОС ВО;

- в программу специалитета входит «Дисциплины (модули)», который включает дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы и дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы специалитета, являются обязательными для освоения обучающимся вне зависимости от направленности (профиля) программы специалитета, которую он осваивает. Набор дисциплин (модулей), относящихся к обязательной части программы специалитета, вуз определяет самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. Дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений определяют направленность (профиль) программы специалитета. Набор дисциплин (модулей), относящихся к части, формируемой участниками образовательных отношений, определяет вуз самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. После выбора обучающимся направленности (профиля) программы, набор соответствующих дисциплин (модулей) становится обязательным для освоения обучающимся;

- максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем дисциплинам и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане,
- в рабочих программах учебных дисциплин с распределением по разделам или конкретным темам.

2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;

- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:



3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.

4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.
8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет-конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Содержание внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов

Методические указания для студентов по выполнению самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекциям;
2. Подготовка к практическим занятиям;
3. Самостоятельное изучение учебной литературы.

Литература

Основная литература:

Зеливянская, О. Е. (СКФУ). Физика горных пород

:учебное пособие(курс лекций) для студентов специальности

21.05.03

«Технология геологической разведки» / О. Е. Зеливянская ; Сев.- Кав. федер. ун-т - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 156 с

Дополнительная литература

Добрынин, В. М. Петрофизика (физика горных пород) : учебник для вузов / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендельштейн, Д. А. Кожевников. - М. : Нефть и газ ; РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. - 368 с. : ил. - Библиогр.: с. 355-357. - Предм. указ.: с.358-362. - ISBN 5-7246-0295-4

Зинченко, В. С. Петрофизические основы гидрогеологической и инженерно-геологической интерпретации геофизических данных : учеб. пособие / В. С. Зинченко ; Рос. гос. геологоразвед. ун-т им. С. Орджоникидзе. - М. : Тверь : Изд-во АИС, 2005. - 387 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. МО. - Библиогр.: с. 378-382. - ISBN 5-94789-117-4

Петрофизика : учебник для вузов / Г. С. Вахромеев, Л. Я. Ерофеев, В. С. Канайкина, Г. Г. Номоконова. - Томск : Изд-во Томского ун-та, 1997. - 462 с. : ил. - Библиогр.: с. 456-458. - ISBN 5-7511-0851-5

Ржевский, В. В. Основы физики горных пород : учебник для вузов / В. В. Ржевский, Г. Я. Новик. - 6-е изд. - М. : URSS, 2012.

- 360 с. : ил. - (Классика инженерной мысли: горное дело). - Гриф: Доп. МО. - Библиогр.: с. 335-336. - ISBN 978-5-397-03053-3

Ржевский, В. В. Основы физики горных пород : учебник для вузов / В. В. Ржевский, Г. Я. Новик. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Недра, 1973. - 286 с. : ил. - Библиогр.: с. 280-282

Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика) : справочник геофизика / под ред. Н. Б. Дортман. - М. : Недра, 1976. - 527 с. : ил. - Библиогр.: с. 501-525

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

О. Е. Зеливянская

Петрофизика

Методические указания по выполнению курсовых работ
Специальности 21.05.02 Прикладная геология

Ставрополь

2026

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	3
<u>Цель, задачи и реализуемые компетенции</u>	4
<u>Формулировка задания</u>	5
<u>Структура работы</u>	6
<u>Общие требования к написанию и оформлению работы</u>	7
<u>Последовательность выполнения задания</u>	9
<u>Критерии оценивания работы</u>	10
<u>Порядок защиты работы</u>	10
<u>Список рекомендуемой литературы</u>	11
<u>Приложение А Требования к оформлению отчета по выполнению лабораторных работ</u>	12

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа – обязательный вид учебной работы, выполняется студентом в течение семестра.

Курсовая работа является самостоятельной исследовательской работой студента и представляет собой логически завершенное и оформленное научное исследование.

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с ФГОС ВО по специальности 21.05.03 Технология геологической разведки и Положением о выполнении и защите курсовых работ в СКФУ.

Цель, задачи и реализуемые компетенции

Новая модель образования, реализуемая в федеральном университете, освоение федеральных государственных образовательных стандартов предъявляют высокие требования к качеству подготовки специалистов. Выпускники университета по глубине усвоенных фундаментальных знаний и научному кругозору должны быть способны самостоятельно и высокопрофессионально решать производственные и научные задачи. Развитие навыков самостоятельной учебной, исследовательской и научной работы студентов происходит в процессе выполнения курсовых работ.

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Петрофизика» имеет целью расширение знаний студентов, обучение методам теоретического анализа явлений и закономерностей науки, отработку навыков самостоятельного применения теоретических знаний к комплексному решению профессиональных задач, использования справочной литературы, методов математической обработки экспериментальных данных, компьютерных технологий. Выполняя курсовую работу по «Петрофизике» студент подготавливается к выполнению курсовых проектов и выпускной квалификационной работы.

В процессе выполнения курсовой работы по дисциплине «Петрофизика» студентом должны решаться следующие задачи:

- Приобретение новых теоретических знаний в соответствии с темой работы и заданием руководителя.
- Умение систематизировать, обобщать и логично излагать концепции, альтернативные точки зрения по исследуемой проблеме.
- Развитие учебно-исследовательских и методических навыков, необходимых для системного научного анализа изучаемого явления.
- Совершенствование профессиональной подготовки.

Формулировка задания

Одним из важнейших компонентов в системе курсовой работы является правильное определение тематики.

Тематика курсовых работ должна быть актуальной, отвечать учебным задачам дисциплины «Петрофизика», а также потребностям науки и практики.

Актуальность тематики курсовых работ – это, прежде всего, научность, современность и направленность к получению студентами навыков самостоятельной творческой работы.

Темы курсовых работ должны быть комплексными, т.е. содержать ряд взаимосвязанных между собой проблем и строиться на фактическом материале профильных предприятий и учреждений, а также на итогах учебной практики студентов, на научных работах членов кафедры, студенческих научных кружков и проблемных групп, с использованием новейших достижений отечественной и зарубежной науки, актуальных прикладных аспектов.

Темы курсовых работ утверждаются на заседании кафедры ГМПР в течение 2-х недель после начала семестра. Выписка из протокола заседания кафедры передается в дирекцию института нефти и газа, где формируется распоряжение об утверждении тем курсовых работ. В течение 10 дней после выхода распоряжения об утверждении тем курсовых работ (проектов) специалист по учебно-методической работе дирекции вносит темы работ в автоматизированную базу университета.

Руководителем курсовой работы является, как правило, преподаватель, ведущий данную дисциплину или практические занятия, или иной преподаватель кафедры, обладающий методическим опытом и научной квалификацией.

Основные содержательные и процессуальные аспекты, необходимые для выполнения работы, оформляются руководителем в заданиях по курсовой работе (Приложение 1). В заданиях необходимо четко сформулировать тему работы и требования, определяющие ее объем, содержание, а также исходные данные.

Структура работы

Курсовая работа должна содержать элементы новизны, наряду с фундаментальным аспектом должен быть проведен анализ современного состояния изучаемой проблемы, а также включенность в региональную проблематику. Задание по курсовой работе (проекту) необходимо индивидуализировать с учетом интересов и способностей студентов.

Курсовая работа должна состоять из **введения, теоретической части, эмпирической (практической, расчетно-графической) части, заключения, списка литературы и приложения**. В отдельных случаях, в соответствии с тематикой работы, эмпирическая часть может отсутствовать.

Во **введении** обосновывается актуальность выбранной темы исследования; отражаются объект, предмет, задачи, цели, методы, новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

Теоретическая часть должна содержать анализ состояния изучаемой проблемы на основе обзора научной, научно-информационной, справочной литературы. Представленный материал должен быть логически связан с целью исследования. В параграфах теоретической части необходимо отражать отдельные компоненты проблемы и завершать их выводами.

Эмпирическая (практическая, расчетно-графическая) часть (при наличии) включает описание системы экспериментального исследования, обоснование методов исследования, анализ результатов экспериментального исследования, схемы, графические и математические способы интерпретации полученных данных, выводы.

Заключение содержит выводы, подтверждающие или опровергающие первоначальные предположения (гипотезы), перспективы дальнейшего изучения проблемы, связь с практикой, анализ реализации целей и задач исследования.

Список использованных источников должен содержать перечень всех используемых автором нормативных документов, монографий, учебных и учебно-методических пособий, статей и интернет-источников.

Приложение содержит весь фактический материал экспериментальных исследований (анкеты, опросники, схемы, чертежи, расчетные материалы, карты, рисунки, ответы респондентов и т.д.).

Общие требования к написанию и оформлению работы.

Курсовые работы должны оформляться:

В соответствии с требованиями государственных стандартов: ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам; ГОСТ 2.106 - 96. Текстовые документы; ГОСТ 2.104-68. Основные надписи; Единая система конструкторской документации; Единая система технологической документации; Единая система программной документации; ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание; ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов; ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления; ГОСТ 7.80-2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления; ГОСТ 7.0.12-2011. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила.

В соответствии с методическими рекомендациями, разработанными кафедрами на основании вышеперечисленных ГОСТов и соответствующей нормативно-технической документации по направлению.

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением 2.

Курсовые работы рекомендуется представлять в объеме 30-40 страниц.

Параметры форматирования

Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А4).

Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков – четкими, без ореола и затенения.

Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14.

Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом.

Лист с текстом должен иметь поля: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм.

Необходимо различать в тексте **дефис** (-) (например, корреляционно-регрессионный) и **тире** (–) (Alt + 0150).

Нумерация рисунков, таблиц и формул должна соотноситься с номером лабораторной работы. Например, в лабораторной работе 1 таблицы и рисунки нумеруются так: Таблица 1.1, Рисунок 1.1, (1.1) и так далее.

Рисунки должны быть оформлены с учетом особенности черно-белой печати (рекомендуется использовать в качестве заливки различные виды штриховки и узоров, в графиках различные виды линий – пунктирные, сплошные и т. д., разное оформление точек, по которым строится график – кружочки, квадраты, ромбы, треугольники).

Рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1.1 – Название).

Надписи на рисунках должны читаться.

Рисунки должны читаться отдельно от текста, поэтому оси должны иметь название и единицы измерения;

Таблицы должны иметь название. Таблицы нумеруются сверху (Таблица 1.1 – Название).

Формулы выполняются в программе редактор формул **MathType**; выравниваются по центру, их номера ставятся при помощи табулятора в круглых скобках по правому краю. Допускается выполнение формул и уравнений рукописным способом черными чернилами.

Заголовки должны быть выделены относительно основного текста, например, выполнены в полужирном стиле.

Страницы нумеруются арабскими цифрами. Номер страницы ставится в центре нижней части листа без точки. Титульный лист включается в общую нумерацию, номер на нем не ставится.

Последовательность выполнения задания.

Выполнение курсовой работы начинается с получения задания студентом.

Необходимым условием, обеспечивающим эффективность дальнейшей работы, является индивидуальная беседа руководителя со студентом по заданию. В ходе беседы руководитель выясняет степень подготовленности студента к выполнению данного задания, рекомендует необходимую литературу и информирует о порядке выполнения задания. В результате индивидуальной беседы может быть уточнена или выбрана студентом другая тема работы.

Задание выдается за подписью руководителя работы, датируется днем выдачи, утверждается заведующим кафедрой и регистрируется в кафедральном журнале.

Студент должен регулярно (не реже чем раз в две недели) отчитываться перед руководителем о ходе выполнения работы.

Если работа содержит эмпирическую (практическую, расчетно-графическую) часть, то руководитель, прежде всего, должен провести экспертизу этой части, а затем указать все ошибки, неточности по работе в целом.

После проверки руководителем выполнения одного этапа работы студенту (в случае положительного заключения) разрешается перейти к следующему этапу.

Не позднее, чем за 4 недели до начала зачетно-экзаменационной сессии, выполненная работа сдается руководителю для предварительного просмотра.

Работа перед сдачей руководителю подписывается студентом. Если работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к курсовым работам, она допускается к защите, о чем руководитель делает надпись на титульном листе.

Критерии оценивания работы.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если

- объём выполненной пояснительной записки полностью соответствует заданию, высока доля самостоятельной работы студента;
- доклад студента полностью отражает содержание курсовой работы;
- оформление курсовой работы и приложений выполнено на высоком уровне в соответствии с требованиями;
- на все вопросы членов комиссии даны исчерпывающе полные и правильные ответы.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если

- объём выполненной работы полностью соответствует заданию, имеются элементы самостоятельной работы;
- в докладе или в оформлении курсовой работы или приложений имеются незначительные погрешности или неточности;
- на отдельные вопросы членов комиссии даны неполные правильные ответы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если

- объём выполненной курсовой работы не полностью соответствует заданию, отсутствуют элементы самостоятельной работы;
- содержание дипломного проекта не полностью раскрыто в докладе;
- низкое качество оформления курсовой работы и приложений;
- на большинство вопросов членов комиссии не дано правильных ответов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если

- содержание работы в докладе не раскрыто;
- на большинство вопросов членов комиссии не дано правильных ответов.

Порядок защиты работы.

Защита курсовой работы является обязательной формой проверки выполнения работы. Защита производится на заседании специальной комиссией, утверждаемой директором института нефти и газа и состоящей из 3 преподавателей кафедры ГМПР, при непосредственном участии руководителя, в присутствии студентов.

Публичная защита стимулирует научный интерес, творчество, ответственность студентов.

Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите.

Защита сопровождается мультимедийной презентацией. Если результатом работы было создание лабораторной установки, учебного стенда и т.п., то результаты работы также представляются во время защиты.

После окончания доклада и ответов на вопросы, научный руководитель зачитывает отзыв на курсовую работу студента (Приложение 3).

Защита курсовых работы проводится не позднее, чем за две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовую работу или не защитивший ее по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Курсовые работы, представляющие теоретический и практический интерес, следует представлять на конкурс в студенческие научные общества, конференции.

Список рекомендуемой литературы.

УТВЕРЖДАЮ
Зав кафедрой ГМПР

Керимов А-Г Г.

Институт нефти и газа
Кафедра «Геофизические методы поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых»
Специальность 21.05.03 Технология геологической разведки
Специализация «Геофизические методы исследования скважин»

**ЗАДАНИЕ
на курсовую работу**

студента _____
(фамилия, имя, отчество)

по дисциплине «Петрофизика»

1. Тема работы _____
2. Цель _____
3. Задачи _____

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:
 - а) по теоретической части _____

 - б) по эмпирической части _____

5. Исходные данные:
 - а) по литературным источникам _____

 - б) по вариантам, разработанным преподавателем _____

 - в) иное _____

6. Список рекомендуемой литературы _____

7. Контрольные сроки представления отдельных разделов курсовой
работы
25 % _____ «__» _____ 20__ г.

50 % _____ « ____ » _____ 20__ г.
75 % _____ « ____ » _____ 20__ г.
100 % _____ « ____ » _____ 20__ г.

8. Срок защиты студентом курсовой работы « ____ » _____ 20__ г.

Дата выдачи задания « ____ » _____ 20__ г.

Руководитель курсовой работы

ученая степень, звание

личная подпись

И. О. Фамилия

Задание принял(а) к исполнению студент _____ формы обучения
_____ курса группы ТГР-с- _ - _____

личная подпись

И. О. Фамилия

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
Институт нефти и газа
Кафедра «Геофизические методы поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых»

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине «Петрофизика»
на тему: « »

Выполнил:

студент 3 курса группы ТГР-с-_____
специальности 21.05.03 Технология
геологической разведки

формы обучения

ПОДПИСЬ

Руководитель работы:

ФИО, должность, кафедра

Работа допущена к защите _____

подпись руководителя _____ дата _____

Работа выполнена и защищена с оценкой	Дата защиты
--	-------------

Члены комиссии	_____	_____	_____
	должность	подпись	И. О. Фамилия
	_____	_____	_____
	должность	подпись	И. О. Фамилия
	_____	_____	_____
	должность	подпись	И. О. Фамилия

Ставрополь, 20 г.

Отзыв

На курсовую работу студента 3 курса

ФИО

Тема: «...»

Актуальность: курсовая работа посвящена...

В первой главе ...Вторая глава посвящена...

Проанализирован ... объём литературы.

За время работы студент проявил себя как ...

Таким образом, работа выполнена на ... уровне, соответствует требованиям, предъявляемым к курсовым работам, и заслуживает ... оценки.

Научный руководитель

«...» 201 г.