

**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

РАЗВЕДОЧНАЯ ГЕОФИЗИКА

для студентов направления подготовки
21.03.01 Нефтегазовое дело
Направленность (профиль) Геолого-геофизические технологии в
нефтегазовом деле

Ставрополь, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 Обработка и качественная интерпретация гравиметрических данных.....	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 Методы измерения силы тяжести. Устройство гравиметров.....	10
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 Решение прямой задачи магниторазведки для некоторых тел простейшей формы.....	22
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 Изучение высокоточного протонного магнитометра.....	29
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 Обработка данных микросейсмокаротажа.....	41
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 Установка сейсмического оборудования.....	47
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7 Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ).....	56
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8 Определение удельных сопротивлений горных пород с помощью электрического каротажа	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Требования к оформлению отчета по выполнению практических работ.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Инструктаж по технике безопасности.....	72
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	80

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

(Тема 2. Гравиразведка)

Обработка и качественная интерпретация гравиметрических данных

Цель работы: знакомство с приемами и методами первичной обработки гравиметрических данных.

Оборудование и материалы: работа выполняется вручную (для численных расчетов используется инженерный калькулятор) либо на компьютере (системные требования – Windows 2000, XP, Microsoft Office 10).

Теоретическая часть

Поскольку гравиметрами измеряются не полные значения ускорения силы тяжести, а его приращения, наблюдения с гравиметром всегда начинаются на опорных пунктах, где полные значения силы тяжести определяются заранее с повышенной точностью. Создание сети опорных пунктов осуществляется от государственных опорных пунктов I, II и III классов. Зная полное значение силы тяжести на опорном пункте (так называемое “жесткое” значение – $g_{оп1}$) и, взяв отсчет на этом пункте ($n_{оп}$), а затем на пунктах рядовой съёмки ($n_1; n_2; n_3...n_i$ и т.д.), приращения силы тяжести на каждом из рядовых пунктов относительно опорного можно определить, как

$$\begin{aligned}\Delta g_1 &= C(n_1 - n_{оп1}), \\ \Delta g_2 &= C(n_2 - n_{оп1}), \\ &....., \\ \Delta g_i &= C(n_i - n_{оп1}), \\ &.....,\end{aligned}\tag{1}$$

где C – цена деления гравиметра.

Алгебраически суммируя приращения на каждом пункте с жестким значением, получают полные значения силы тяжести на каждом рядовом пункте:

$$\begin{aligned} g_1 &= g_{on1} + \Delta g_1, \\ g_2 &= g_{on1} + \Delta g_2, \\ &\dots\dots\dots, \\ g_i &= g_{on1} + \Delta g_i, \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (2)$$

Однако, полученные значения g_i будут определены с ошибкой, поскольку гравиметр обладает сползанием нуль-пункта. Для учета этой ошибки каждое звено рейса (маршрута) должно не только начинаться, но и заканчиваться на опорном пункте, причем не обязательно на том же, так как полные (абсолютные) значения силы тяжести известны на каждом из опорных пунктов. При этом надо выполнять обязательное условие – промежуток времени между отсчетами на опорных пунктах (или говорят: длительность звена рейса) должен быть не больше времени рабочего режима гравиметра, которое определяют опытным путем перед началом работы. Обычно это время не превышает 3–4 часов.

Затем приступают к обработке данных. Вычисляют для каждой точки разность отсчетов, вычитая из отсчетов на каждой точке самый первый отсчет на опорной точке:

$$\Delta n_i = n_i - n_0. \quad (3)$$

Умножают разности отсчетов на цену деления:

$$\Delta g = C \cdot \Delta n_i. \quad (4)$$

На миллиметровке строят график зависимости сползания нуль-пункта от времени (рис. 1), считая эту зависимость линейной. Затем определяют величину сползания нуль-пункта для каждого пункта рядовых наблюдений

пропорционально времени. Время отсчитывается от отсчета на первом опорном пункте и поправка вводится с обратным знаком.

Пример:

$$C = 5 \text{ мГал/об}, \quad g_{on1} = 981290.00 \text{ мГал}, \quad g_{on2} = 981308.90 \text{ мГал}.$$

Таблица 1

Полевые данные звена гравиметрического рейса с результатами ее обработки

Профиль, пикет	t^0 (°C)	Время (ч:мин)	Отсчет (об)	Δg (мГал)	$g_{абс.}$ (мГал)	Поправка за сполз. 0	$g_{испр.}$ (мГал)
ОП–1	12 ⁰	9:00	4.500		981 290.00	0	
1		9:10	5.200	+ 3.50	293.50	-0.05	293.45
2		9:20	6.400	+ 9.50	299.50	-0.10	299.40
3		9:40	2.000	- 12.50	277.50	-0.20	277.30
4		9:50	6.200	+ 8.50	298.50	-0.25	298.25
5		10:00	5.100	+ 3.00	293.00	-0.30	292.70
ОП–2	14 ⁰	11:00	8.400	+ 19.5	981 309.50	-0.60	308.90

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности (см. Приложение 2).

Выполнение работы

Задание:

1. Провести полную обработку звена рейса с гравиметром, используя следующие данные:

Таблица 2

Полевые данные звена гравиметрического рейса

ПР, ПК	t^0 (°C)	Время, (ч:мин)	Отсчет, (дел)	Δg (мГал)	$g_{абс.}$ (мГал)	Попр. за сполз. 0	$g_{испр}$ (мГал)
ОП – 1	15 ⁰	9:15	6.589				
0.25		9:23	6.327				
0.50		9:34	6.152				
0.75		9:44	6.008				
1.00		9:53	6.298				
1.25		10:06	6.456				
1.50		10:15	6.701				
1.75		10:25	6.825				
2.00		10:33	6.998				
2.25		10:42	7.252				
2.50		10:54	7.508				
2.75		11:03	7.643				
3.00		11:12	7.828				
3.25		11:24	7.777				
3.50		11:32	7.915				
3.75		11:40	7.920				
4.00		11:51	7.950				
ОП – 2	16 ⁰	12:00	8.125				

Жесткое значение на первом опорном пункте $g_{он1} = 981226.15$. Цены делений при средней температуре звена 15.5⁰ и значения $g_{он2}$ приведены в таблице 3:

Таблица 3

**Значение цены деления гравиметра C и жесткое значение ускорения
силы тяжести g_{on2} на опорном пункте №2**

№ вариан. н.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C мГал/о б	+5.510	+4.250	+0.550	+5.250	+8.500	-5.510	-4.250	-10.55	-5.25	-8.500
g_{on2} (мГал)	233.50	232.00	243.05	233.50	238.31	218.2 9	218.0 1	210.5 6	219.10	211.50
№ вариан. н.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C мГал/о б	+5.210	+4.550	+10.15 0	+5.350	+8.400	-5.210	-4.200	-10.25	-5.35	-8.700
g_{on2} (мГал)	233.50	232.00	243.05	233.50	238.31	218.2 9	218.0 1	210.5 6	219.10	211.50

Вычисления значений силы тяжести вести с точностью до сотых долей мГал.

Порядок выполнения работы следующий:

1. Вычисляют приращения Δg :

$$\Delta g_i = C(n_i - n_0) \quad (5)$$

2. Абсолютное значение $g_{абс.}$ рассчитывают:

$$g_{абсi} = g_{on1} + \Delta g_i \quad (6)$$

3. Вычисляют сползание нуля-пункта в течение рейса

$$P_{н.н. \max} = g_{абс. on2} - g_{on2} \quad (7)$$

где $g_{абс. on2}$ – абсолютное значение на ОП–2, полученное в рейсе по формуле (5), g_{on2} – известное жесткое значение на ОП–2.

4. Определяют поправки за сползание нуля-пункта в каждой точке наблюдения ($P_{н.п.i}$). Для этого на миллиметровке строят график зависимости сползания нуля-пункта от времени (рис. 1). По графику определяют поправки в каждой точке наблюдения. Поправку вводят с обратным знаком.

5. Вычисляют $g_{испр.i}$ по формуле:

$$g_{испр.i} = g_{абс.i} + P_{н.п.i} \quad (8)$$

✓ **Данные по выполненной работе занести в отчет**

Содержание отчета

Отчет оформляется в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

Контрольные вопросы:

1. Опорная сеть. Способы создания опорной сети.
2. Рядовая сеть. Способы создания рядовой сети.
3. Абсолютные и относительные значения силы тяжести.
4. Нарисуйте примерный рельеф местности, по которой шел оператор (для Вашего варианта).
5. Как можно ввести поправку за сползание нуля-пункта без использования графика?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

(Тема 2. Гравиразведка)

Методы измерения силы тяжести. Устройство гравиметров

Цель работы: знакомство с принципами измерения силы тяжести и устройством основных типов разведочных гравиметров.

Оборудование и материалы: гравиметр ГНУ/К-В, инструкция к применению гравиметра.

Теоретическая часть

1. Принципы измерения силы тяжести

Измерения ускорения силы тяжести бывают двух видов: **абсолютные и относительные**. При абсолютных измерениях определяется полное значение ускорения силы тяжести g в пункте наблюдений. Относительные измерения заключаются в определении разности (приращения) Δg силы тяжести между пунктами наблюдений или отношения силы тяжести на двух пунктах g_2/g_1 . Для определения Δg сравнивают показания одного и того же прибора на исходном и определяемом пунктах.

Все существующие методы измерения силы тяжести могут быть разделены на **динамические и статические**. Динамическими называются методы, при которых наблюдается движение тела под действием силы тяжести, а непосредственно измеряемой величиной является время, необходимое телу для перехода из одного фиксированного положения в другое. Статическими называются такие методы, в которых наблюдается изменение положения равновесия тела под действием силы тяжести и некоторой силы, уравновешивающей ее, а непосредственно измеряемой величиной является линейное или угловое смещение тела с постоянной массой.

К динамическим методам относятся:

1. Маятниковый метод, основанный на зависимости периода T свободных колебаний маятника от величины силы тяжести g (формула Гюйгенса):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1)$$

где l – длина маятника, отсюда:

$$g = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 l. \quad (2)$$

Обычно длину физического маятника трудно измерить с большой точностью, поэтому используют либо специальные обратные маятники,

либо проводят относительные измерения (если в одном из пунктов известно полное значение силы тяжести g_1). В последнем случае, если измерить периоды качания маятника в двух пунктах T_1 и T_2 , то:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{g_2}{g_1}, \quad (3)$$

или

$$g_2 = \frac{T_1^2}{T_2^2} g_1. \quad (4)$$

2. Баллистический метод основан на зависимости времени падения тел в вакууме (t) от значения силы тяжести (g):

$$h = \frac{gt^2}{2}, \text{ или } g = \frac{2h}{t^2}, \quad (5)$$

где h – высота, с которой падает объект при нулевой начальной скорости.

Из-за требований высокой точности определения величин h и t , только в 60-х годах 20 века, с применением лазерной техники, появилась возможность конструировать приборы для измерения силы тяжести этим методом.

3. Струнный метод основан на измерениях собственных поперечных колебаний струны, натянутой грузом. Частота колебаний (f) идеально гибкой струны определяется:

$$f = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{Mg}{l}}, \quad (6)$$

где L – длина струны, M – масса груза, подвешенного на струне, l – линейная плотность струны (г/см) отсюда:

$$g = \frac{4L^2 f^2 l}{M}. \quad (7)$$

Этот принцип в абсолютных измерениях не используется из-за сложностей определения эффективной длины реальной струны.

Приборы, созданные на основе рассмотренных выше методов, называются соответственно маятниковыми, баллистическими и струнными гравиметрами. Из-за большого их веса и малой производительности эти гравиметры используются в основном для решения геодезических задач или для создания сети опорных гравиметрических пунктов, на которых измеряются полные значения ускорения силы тяжести g .

Для гравиразведочных целей чаще всего используют **статические методы** относительных измерений силы тяжести. В этих методах измерения осуществляются по принципу компенсации, т.е. действие силы тяжести компенсируется упругими силами пружин, газов или жидкости и система при действии силы тяжести остается в равновесии. **Мерой силы тяжести служит величина компенсирующей силы.**

Наибольшее применение в гравиразведке получили статические гравиметры, в конструкции которых для повышения чувствительности системы **применен принцип астазирования**. Принцип измерений и конструкция чувствительной системы у всех этих гравиметров одинаковы, а внешние различия продиктованы спецификой среды измерений. Основные типы разведочных гравиметров следующие:

1. Для наземных измерений – ГАК-7Т, ГР/К-1, ГР/К-2 – старые обозначения (гравиметр разведочный кварцевый, цифры 1 или 2 обозначают класс точности гравиметра); ГНУ/К-А, ГНУ/К-В, ГНУ/К-С – новые обозначения (гравиметр наземный, узкодиапазонный, кварцевый; А, В, С – классы точности приборов) и др.
2. Донные гравиметры – КДГ-Ш, ГАК-7ДТ и др.
3. Скважинные гравиметры – ГСК-110.
4. Морские набортные гравиметры – ГМН-К.

По характеру действующих упругих сил гравиметры с пружинными системами подразделяют на приборы с поступательным движением грузика, прикрепленного к пружине (гравиметры первого рода), и приборы с вращательным движением рычага-маятника (гравиметры второго рода). **В**

гравиметрах второго рода использован принцип вертикального сейсмографа академика Н. Б. Голицына. Особенно широкое применение получили гравиметры второго рода, упругая система которых изготовлена из плавленого кварца (кварцевые гравиметры).

Рассмотрим принцип устройства этого типа гравиметров.

2. Общее устройство гравиметра (на примере ГНУ/К-В)

Гравиметр состоит из корпуса (рис. 1) с чувствительной системой и работающими элементами и внешнего теплоизолирующего контейнера. Внешний контейнер представляет собой стальной цилиндр (кожух) (2) с установочными винтами (4) внизу. По дну и стенкам кожуха проложен слой теплоизоляции. В контейнер вставляется сосуд Дьюара (3) – полый цилиндрический стакан с посеребренными двойными стенками. Корпус гравиметра, в котором установлены стойки для крепления кварцевой системы, представляет собой герметичный металлический стакан, из которого выкачан воздух.

Любой ремонт, связанный со вскрытием системы гравиметра, выполняется только в специализированной мастерской экспедиции. На верхней панели гравиметра расположены уровни (11), отсчетное устройство (10) с микрометрическим винтом, Г-образный термометр, отверстие для доступа к диапазонному винту, которое закрыто текстолитовым стержнем, окуляр микроскопа (7), патрон для лампы и отверстие для доступа к штуцеру, через который выкачивается воздух из системы. Корпус гравиметра вставлен в сосуд Дьюара. Для более плотного соединения и во избежание повреждений сосуда Дьюара на корпус гравиметра надет шерстяной чехол.

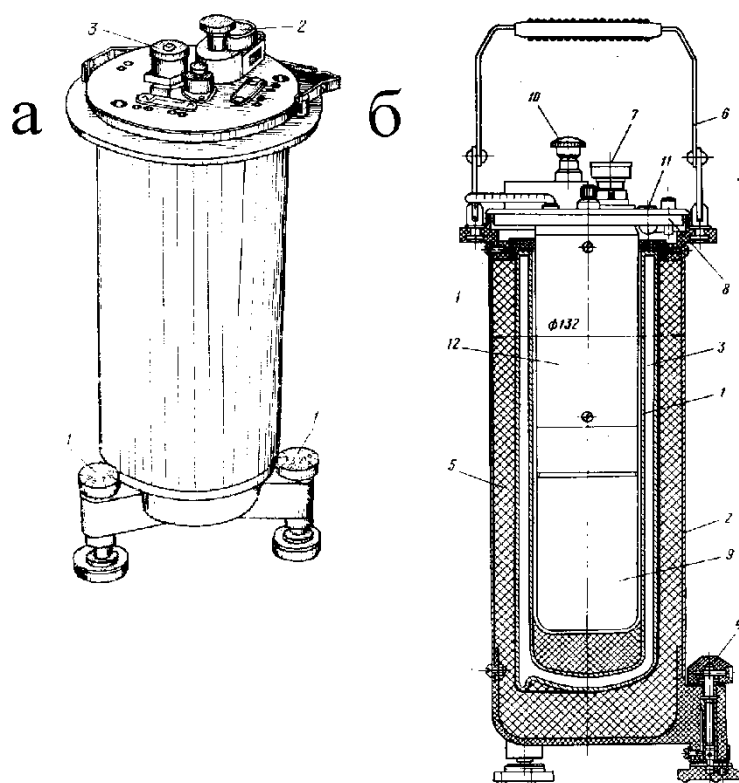


Рис. 1. Общий вид гравиметра ГНУ/К-В.

а - внешний вид гравиметра:

1 — установочные винты; 2 — отсчетное микрометрическое устройство; 3 — окуляр.

б — разрез гравиметра:

1 — средняя часть гравиметра; 2 — внешний кожух; 3 — сосуд Дьюара; 4 — установочный винт; 5 — теплоизоляция; 6 — ручка для переноски; 7 — окуляр; 8 — верхняя плата; 9 — вакуумная камера; 10 — отсчетное микрометрическое устройство; 11 — уровень; 12 — теплозащитный столб.

3. Чувствительная система гравиметра (на примере ГАК-7Т)

Рассмотрим устройство системы гравиметра на примере прибора ГАК-7Т (рис.2).

На кварцевой рамке (1) натянута тонкая кварцевая нить (2), на которой укреплены: маятник (3), рычаг с главной астазирующей пружиной (4), диапазонный рычаг с диапазонной пружиной (5) и винтом (6). С основной несущей нитью связаны также элементы системы температурной компенсации рамка (10), нить компенсации линейной составляющей температуры (11), пружина компенсации нелинейной составляющей температуры (12), рычаг (13), укрепленный на оси (15) и металлическая нить (14). Измерительная рамка (7) с рычагом и пружиной (8) соединяется с микрометрическим винтом (9), на котором укреплена шестеренка счетчика оборотов. Астазирующая пружина служит для повышения чувствительности гравиметра. Диапазонным винтом можно грубо подстраивать наиболее

удобный отсчет на исходной точке съёмки, где значение поля силы тяжести принято за нулевое. Измерения приращений силы тяжести Δg осуществляется компенсационным способом.

На пунктах наблюдений маятник (3) под действием силы тяжести отклоняется вниз или вверх. Вращая микрометрический винт (9) и натягивая или опуская пружину (8), оператор выводит маятник в горизонтальное положение. Мерой измеряемого приращения силы тяжести служит количество оборотов винта (9), необходимое для компенсации отклонения маятника. Регистрация положения маятника оптическая. На конце маятника установлен тонкий кварцевый стерженек (21). Положение маятника контролируют в окуляре, в который луч света попадает от лампочки (16), проходя через систему линз (17), отражаясь в зеркальце (18) и преломляясь в призме (19). В окуляре блик маятника виден колеблющимся справа налево. Для того чтобы амплитуда качания маятника была не более пределов видимости окуляра, конец маятника помещен между зубцами вилки ограничителя колебаний. Все элементы системы, кроме нити (14) и ограничителя выполнены из плавленого кварца, поскольку у кварца очень мал температурный коэффициент расширения. Однако под действием

температуры изменяется хрупкость кварца, поэтому в гравиметре предусмотрены меры к уменьшению влияния внешних температурных воздействий.

На тонкой нити, являющейся осью вращения, укреплен рычаг (маятник) с массивным грузиком на конце. Маятник удерживается в

исходном положении силой натяжения главной (астазирующей) пружины, (нижний конец которой через рычаг прикреплен к маятнику) и силой закручивания нити подвеса маятника.

При изменении силы тяжести маятник прибора отклоняется от положения равновесия, растягивая главную пружину и закручивая нить подвеса до тех пор, пока момент силы тяжести не будет уравновешен моментом главной пружины и моментом закручивания нити подвеса. Действие силы тяжести компенсируют, закручивая измерительные пружины. Для фиксации маятника в положении равновесия на нем имеется индекс, который совмещается в поле зрения окуляра микроскопа с нулевым делением

шкалы. В момент совмещения индекса маятника с нулевым делением шкалы берут отсчет в делениях шкалы микрометра n (рис. 3).

Действие астазирующей пружины приводит к тому, что повышается чувствительность гравиметра: при небольших изменениях силы тяжести в результате нарушения равновесия маятник отклоняется на достаточно большой угол.

Для перевода показаний прибора в деления шкалы микрометра в единицы измерения силы тяжести – миллигалы (мГл), используют переводной коэффициент – **цену деления гравиметра C** (т.е. значение в мГл, соответствующее одному обороту шкалы микрометра).

Приращение силы тяжести между двумя пунктами наблюдений Δg вычисляют по формуле:

$$\Delta g = C(n_2 - n_1), \quad (8)$$

где n_1 и n_2 – отсчеты в делениях шкалы микрометра в пунктах 1 и 2.

Цену деления гравиметра определяют при эталонировании на специальных полигонах, в результате многократных измерений между пунктами, где приращения Δg заранее промерены с высокой точностью:

$$C = \frac{\Delta g}{(n_2 - n_1)} \text{ [мГл/дел]}. \quad (9)$$

Чувствительная система гравиметра помещена в специальный корпус, в котором предусмотрен ряд мер теплоизоляции системы: на корпус надет шерстяной чулок, он помещен в сосуд Дьюара и т.п. Это сделано с целью уменьшения сползания нуль-пункта прибора. Для учета смещения нуль-пункта во времени в процессе проведения гравиметрических съемок через определенные промежутки времени (2–3 часа) производят наблюдения на точках опорной гравиметрической сети, в которых значение силы тяжести определяется с повышенной точностью.

Для наземных кварцевых гравиметров типа ГАК-7Т существует методика взятия отсчета на точке. Она заключается в следующем: Гравиметр

устанавливают на точке наблюдения и выводят уровни в нулевое положение. После установки гравиметра на точке, оператор, глядя в окуляр, вращает микрометрический винт (1) (рис. 3) до совмещения индекса маятника с нулевым делением шкалы в окуляре. После этого отсчеты по гравиметру берут следующим образом:

- а) первая цифра отсчета (количество полных оборотов микрометрического винта), определяется по совмещению шкалы (2) с риской (3) (на рис. 3 это число 5);
- б) далее записываются две цифры, полученные при совмещении шкалы (4) с нулевым делением шкалы (5) (на рис. 3 это число 33);
- с) последней цифрой отсчета берется номер деления шкалы (5) (от 1 до 10), которое наиболее точно совпадает с одним из делений шкалы (4) (на рис. 3 это число 5).
- д) в результате получили число 4,335, которое показывает количество оборотов микрометрического винта.

Современные гравиметры типа ГАК позволяют измерять силу тяжести

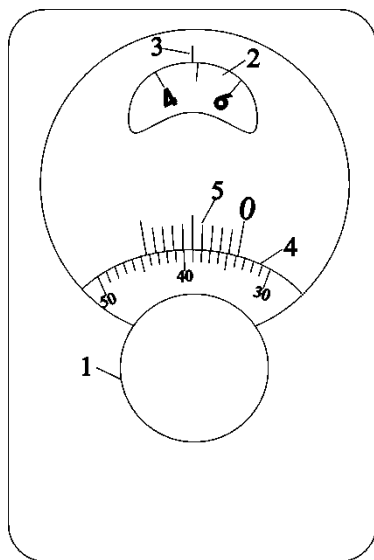


Рис. 3. Вид отсчетного устройства гравиметра ГАК-7Т.

с точностью до 0,01 мГал. Они позволяют проводить только относительные измерения Δg , следовательно, для получения абсолютных значений силы тяжести необходимо привязываться к опорной гравиметрической сети. Такую увязку выполняют, как правило, многократными рейсами на вертолетах или автомашинах.

Гравиметры типа ГАК просты в обращении, время наблюдений на одном пункте 1–2 мин. Малая масса гравиметров (6–7 кг) позволяет использовать их в труднопроходимых районах.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности (см. Приложение 2).

Выполнение работы

Задание:

1. Ознакомиться, зарисовать и описать общий вид и принципиальную схему гравиметра ГНУ/К-В.
2. Взять отсчеты по гравиметру в двух точках, записать их и рассчитать Δn .

✓ **Данные по выполненной работе занести в отчет**

Содержание отчета

Отчет оформляется в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит точность определения силы тяжести маятниковым способом? Что определить с высокой точностью легче – период качания маятника или длину маятника?
2. Почему в маятниковом способе используют относительные измерения по отношению периодов качания, ведь можно сразу по периоду определить полное (абсолютное) значение силы тяжести?
3. Определите, с какой точностью надо определять время падения тела (с постоянной высоты в 2 метра) при измерениях баллистическим

способом, если необходима точность измерения силы тяжести 0,1 мГал?

4. Для чего в разведочных гравиметрах используется принцип астазирования и в чем его суть?
5. Исходя из основных особенностей разведочных гравиметров, изложите главные требования к методике проведения гравиметрических наблюдений?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

(Тема 3. Магниторазведка)

Решение прямой задачи магниторазведки для некоторых тел простейшей формы

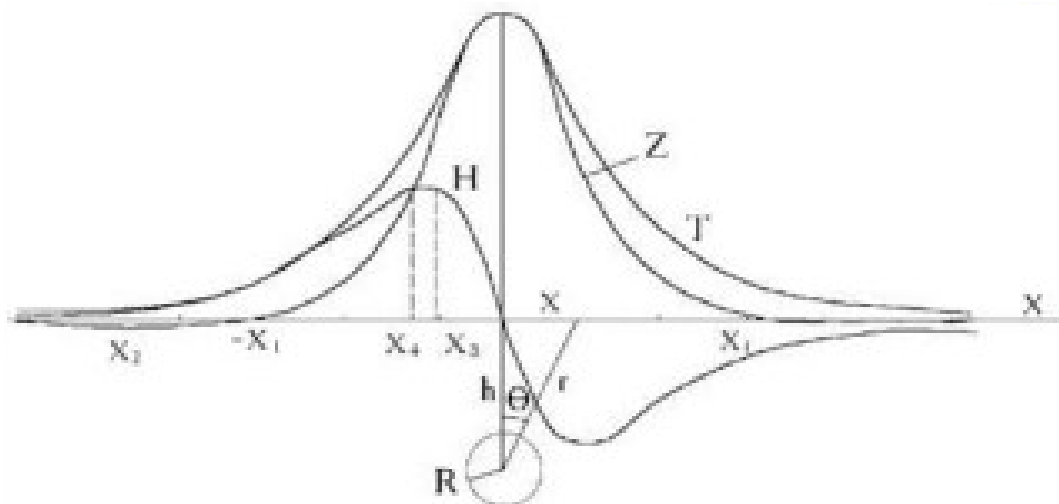
Цель работы: приобретение навыков решения прямой задачи магниторазведки для тел простейшей формы.

Оборудование и материалы: работа выполняется вручную (для численных расчетов используется инженерный калькулятор) либо на компьютере (системные требования – Windows 2000, XP, Microsoft Office 10).

Теоретическая часть

Прямой задачей называется расчет аномалий потенциала и его производных по известному распределению намагниченности в земной коре.

В магниторазведке прямая задача для тел простейшей формы решается с помощью аналитических формул, которые получены из выражения для потенциала элементарного диполя.



$$Z = \frac{M(2h^2 - x^2)}{(x^2 + h^2)^{5/2}}, \quad H = -\frac{3Mxh}{(x^2 + h^2)^{5/2}}, \quad T = \frac{Mh}{(x^2 + h^2)^{5/2}}$$

$$h = \frac{x_1}{1.41} = \frac{x_2}{2} = \frac{x_3}{0.5} = \frac{x_4}{0.56}.$$

Рис. 1. Кривые магнитных аномалий от вертикально намагниченного шара

В магниторазведке для вычисления H и Z составляющих магнитного поля используются формулы, указанные в таблице 2. При этом произведение fM ($f\lambda$) заменяется магнитным моментом $M = I \cdot V$ (намагниченная сфера) или $M = I \cdot S$ (бесконечная дипольная линия), где I – намагниченность, V – объем, S – площадь.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности (см. Приложение 2).

Выполнение работы

Задание:

1. Из таблицы 1 по указанию преподавателя записываются исходные данные. При решении задачи используются формулы из таблицы № 2. В первую очередь для контроля должны быть найдены максимальные и минимальные значения вычисляемой составляющей (столбцы 5, 6 таблицы 2).
2. По формулам, приведенным в четвертом столбце таблицы 2, подсчитываются значения искомой составляющей для различных значений X , причем X изменяется в пределах ± 10 км. Расстояние между соседними точками X равно 1 км. При выполнении задания следует учитывать размерность, все вычисления удобнее проводить в системе СГС. Для справок ниже приводятся соотношения используемых единиц:

$$1 \text{ Е (этвеш)} = 10^{-9} \text{ с}^{-2} (V_{xz}, V_{zz})$$

$$1 \text{ Э (эрстед)} = [1/(4\pi)] \cdot 10^3 \text{ A/m} = 79,6 \text{ A/m}(Z, H)$$

3. После выполнения вычислений, на миллиметровке размером в развернутый лист выполняется чертеж, на котором изображается возмущающее тело и соответственно кривые над ним. Расчеты и чертеж можно выполнить на компьютере в стандартной программе Microsoft Excel 2010.

Таблица 1

Исходные данные

№ пп	№ Форма аномального тела	Вид поля	R (км)	ξ (км)	ξ_1 (км)	ξ_2 (км)	h, L (км)	σ г/ см ³	I (Э)	Максима льное значение
1	Шар	V_z	1	2				1		6,98мГл
2		V_{xz}	1	2				1		30Е
3		Z	1	1					$1 \cdot 10^{-4}$	83,8Э
4	Бесконечный круговой горизонтальный цилиндр	V_z	1	2				1		21мГл
5		V_z	1	3				1,5		21мГл
6		V_{xz}	1	2				1		68,1Е
7		H	1	3					$2 \cdot 10^{-3}$	90Э
8		Z	1	2					$1 \cdot 10^{-3}$	157Э
9	Тонкий вертикальный стержень	V_z		1	0,25			2		16,8мГл
10		V_z		2	0,5			2		8,4мГл
11		Z		1	0,5				$2 \cdot 10^{-3}$	25,1Э
12		H		2	0,25				$2 \cdot 10^{-3}$	38,1Э
13	Вертикальный тонкий пласт	V_z			1		0,5	2		9,24мГл
14		V_{xz}			0,5		0,1	2		27Е
15		V_{zz}			2		0,3	2		40Е
16		H			2		0,2		$1 \cdot 10^{-2}$	100Э
17		Z			1		0,1		$1 \cdot 10^{-2}$	100Э
18	Заряженная плоскость	H		1			2		$1 \cdot 10^{-4}$	44,3Э
19		Z		2			4		$2 \cdot 10^{-4}$	88,6Э
20	Бесконечная горизонтальная	V_z			1	2		0,5		20,9мГл

21	материальная полуплоскость	V_z			1	3		0,5		41,9мГл
22		V_{xz}			3	4		1		38,4Е
23		H			1	3			$3 \cdot 10^{-4}$	60Э
24		Z			1	2			$1,5 \cdot 10^{-3}$	100Э

Таблица 2

Формулы для вычисления аномального эффекта

№ п. п.	Форма тела	Вид поля	Формула	Максимум	Минимум
1	2	3	4	5	6
1	Шар	V_z	$\frac{fM\xi}{(X^2+\xi^2)^{3/2}}$	$\frac{fM}{\xi^2}$ (x=0)	0 (x→±∞)
		V_{xz} и H	$\frac{-3fM\xi x}{(X^2+\xi^2)^{5/2}}$	$\frac{0.859fM}{\xi^3}$ (x = - $\frac{\xi}{2}$)	$\frac{-0.859fM}{\xi^3}$ (x = $\frac{\xi}{2}$)
		V_{zz} и Z	$f \frac{M(2\xi^2-x^2)}{(X^2+\xi^2)^{5/2}}$	$fM \frac{1}{\xi^3}$ (x=0)	$\frac{-0.036fM}{\xi^3}$ (x = ±2ξ)
2	Бесконечный круговой горизонтальный цилиндр (бесконечная дипольная линия)	V_z	$\frac{2f\lambda\xi}{X^2+\xi^2}$	$2f\lambda \frac{1}{\xi}$ (x=0)	0 (x→±∞)
		V_{xz} и H	$\frac{-4f\lambda\xi x}{(X^2+\xi^2)^2}$	$\frac{1.299f\lambda}{\xi^2}$ (x = - $\frac{\xi}{\sqrt{3}}$)	$\frac{-0.036fM}{\xi^3}$ (x = $\frac{\xi}{\sqrt{3}}$)
		V_{zz} и Z	$f \frac{2\lambda(\xi^2-x^2)}{(X^2+\xi^2)^2}$	$2f\lambda \frac{1}{\xi}$ (x=0)	$\frac{-0.25f\lambda}{\xi^3}$ (x = $\frac{\xi}{\sqrt{3}}$)
3	Тонкий вертикальный стержень (ξ ₂ →∞), точечный магнитный полюс	V_z	$\frac{f\lambda}{\sqrt{x^2+\xi^2}}$	$f\lambda \frac{1}{\xi}$ (x=0)	0 (x→±∞)
		V_{xz} и H	$\frac{-f\lambda x}{(x^2+\xi^2)^{3/2}}$	$\frac{0.385f\lambda}{\xi^2}$ (x = $-\frac{\xi}{\sqrt{2}}$)	$\frac{-0.385f\lambda}{\xi^2}$ (x = $\frac{\xi}{\sqrt{2}}$)
		V_{zz} и Z	$\frac{f\lambda\xi}{(x^2+\xi^2)^{3/2}}$	$f\lambda \frac{1}{\xi^2}$ (x=0)	0 (x→±∞)

4	Бесконечная материальная вертикальная плоскость ($\xi_2 \rightarrow \infty$, магнитная полюсная линия)	V_{xz} и H	$\frac{-2f\mu x}{x^2 + \xi^2}$	$f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = -\xi$)	$-f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = \xi$)
		V_{zz} и Z	$\frac{2f\mu \xi}{x^2 + \xi^2}$	$2f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = 0$)	0 ($x \rightarrow \pm\infty$)
5	Бесконечная горизонтальная материальная плоскость, заряженная плоскость	V_z	$2f\mu \left(\arctg \frac{x+1}{\xi} \right. \\ \left. - \arctg \frac{x-1}{\xi} \right)$	$2f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = 0$)	0 ($x \rightarrow \pm\infty$)
6	Бесконечная материальная горизонтальная полуплоскость (Горизонтальная заряженная полуплоскость)	V_z	$2f\mu \left(\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{x}{\xi} \right)$	$2\pi f\mu$ ($x \rightarrow +\infty$)	0 ($x \rightarrow \infty$)
		V_{xz}	$2f\mu \frac{\xi}{x^2 + \xi^2}$	$2f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = 0$)	0 ($x \rightarrow \pm\infty$)
		V_{zz}	$2f\mu \frac{x}{x^2 + \xi^2}$	$f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = \xi$)	$-f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = \xi$)

- ✓ **Данные по выполненной работе занести в отчет**

Содержание отчета

Отчет оформляется в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

Контрольные вопросы:

1. Прямые и обратные задачи магниторазведки.
2. Способы решения прямой задачи магниторазведки.

Изучение высокоточного протонного магнитометра

Цель работы: ознакомиться с принципом действия и работой современных высокоточных протонных магнитометров ММПГ–1 и ММРОС–2.

Оборудование и материалы: протонные магнитометры ММПГ–1 и ММРОС–2, инструкции к применению магнитометров.

Теоретическая часть

1. Принцип свободной прецессии протонов

Принцип действия протонных или ядерных магнитометров основан на явлении свободной прецессии протонов в земном магнитном поле. Датчиком магнитометра является ампула с диамагнитной жидкостью, молекулы которой содержат атомы водорода (например, воду или бензол). Магнитные моменты молекул обусловлены только магнитными моментами ядер атомов водорода – протонами. Ампулу помещают в катушку L , через которую пропускают в течение нескольких секунд ток, создавая в ней вспомогательное магнитное поле H_0 напряжённостью в несколько десятков кА/м (рис. 1). Под действием поля H_0 магнитные моменты протонов ориентируются и жидкость приобретает суммарный магнитный момент M . После выключения тока магнитные моменты протонов начинают прецессировать вокруг направления измеряемого магнитного поля H с частотой $\omega = \gamma_p \cdot H$, где $\gamma_p = 2,6752 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1} \cdot \text{Тл}^{-1}$ – магнитомеханическое (гиромагнитное) отношение протона. Прецессия суммарного магнитного момента M приводит к появлению в катушке L переменной ЭДС с частотой, равной частоте прецессии ω . Прецессия постепенно затухает благодаря процессу релаксации, обусловленному слабым взаимодействием между протонами и атомами парамагнитных примесей, растворённых в рабочей

жидкости. Для чистой воды время релаксации 3 с. Для повторного измерения поля цикл повторяют. Цикличность работы датчика устраняют, например, с помощью системы из 2 датчиков, работающих поочередно.

2. Принцип динамической поляризации протонов

Для получения достаточно больших ЭДС применяют методы динамической поляризации ядер. При этом ориентация магнитных моментов протонов осуществляется благодаря их взаимодействию с электронными моментами парамагнитных ионов – эффект Оверхаузера (в воде растворяют парамагнитную соль). Таким способом ядерную намагниченность удастся увеличить в несколько сот раз. Применение вещества, содержащего радикалы нитрозодисульфоната калия, позволяет увеличить намагниченность ещё примерно в 40 раз.

Протонный магнитометр состоит из магниточувствительного блока или датчика (протонсодержащий сосуд с водой, спиртом, бензолом и т. п., вокруг которого намотаны возбуждающая и измерительная катушки); соединительных проводов; электронного блока (предусилитель, схема коммутации, умножитель частоты, частотомер и световой индикатор); регистрирующего устройства и блока питания. Рабочий цикл, т. е. время определения значений магнитного поля в каждой точке, складывается из времени поляризации датчика (для воды оно составляет 3–8 с), времени переключения датчика и времени определения частоты сигнала, наведенного в катушке датчика (0,1–0,4 с). В зависимости от протонсодержащего вещества и точности определения частоты прецессии рабочий цикл составляет 1–10 с.

При небольшой скорости движения носителя магнитометра (наземный или морской варианты) данные о магнитном поле Земли T получают практически непрерывно. При большой скорости, например при скорости самолета 350 км/ч, расстояние между замерами составляет 300 м. С

Рис. 1. Схема протонного магнитометра: L – катушка, создающая магнитное поле; P – катушка, в которой возникает ЭДС, обусловленная прецессией ядерных моментов вокруг измеряемого магнитного поля H ; U – усилитель сигнала; $Ч$ – частотомер.

использованием металлических носителей – кораблей или самолетов, обладающих собственным магнитным полем. При этом датчик магнитометра буксируют на кабеле, длина которого должна в несколько раз превышать продольные размеры носителя.

С помощью протонного магнитометра дискретно (1 раз в 1–10 с) измеряют абсолютное значение магнитной индукции геомагнитного поля с погрешностью $\pm 1\text{--}2$ нТл при низкой чувствительности ($\pm 45^\circ$) к ориентации датчика по магнитному меридиану, независимости от температуры и времени (отсутствует смещение нуля). Протонные магнитометры используют при наземных (например, отечественные магнитометры ММПГ–1 и ММПОС–2) и морских (ММП–3) съемках, реже при воздушных съемках (МСС–214) и скважинных наблюдениях (ЛОМ–2, МСП–Г и МСП–2).

Указания по технике безопасности: к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности (см. Приложение 2).

Выполнение работы

1. ММПГ–1 – новая модель пешеходного протонного магнитометра, предназначенная для широкого производственного применения при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых (рис. 2). По идеологии построения и технической реализации этот магнитометр соответствует современному техническому уровню и может конкурировать с зарубежными аналогами. Обладая достаточно высокой разрешающей способностью и быстродействием, а также стабильностью показаний во времени, магнитометр обеспечен эффективной системой микропроцессорного управления, снабжен достаточно емким накопителем цифровой информации и имеет возможность использования спутниковой навигации для координатной привязки пунктов наблюдения. В отличие от прежних

отечественных моделей протонных магнитометров в ММПГ-1 впервые реализована двухканальная система измерения, что позволяет наряду со значением модуля геомагнитного поля (Т) одновременно получать значения градиента (Гр) или приращения поля (Р).

**Технические характеристики протонного магнитометра-градиентометра
ММПГ-1:**

Диапазон измерения модуля магнитной индукции по каждому каналу	от 20 000 до 100 000 нТл с погрешностью отсчитывания 0,01 нТл
Систематическая погрешность абсолютных измерений по каждому каналу	не более ± 2 нТл
Среднеквадратическая погрешность измерения магнитной индукции по каждому каналу	в диапазоне от 30 000 до 100 000 нТл – не превышает 0,03 нТл;
	в диапазоне от 20 000 до 30 000 нТл – не превышает 0,09 нТл
Нестабильность показаний во времени за 8 часов непрерывной работы	не выходит за пределы $\pm 0,2$ нТл
Режимы	ручной и автоматический с программируемым циклом работы 1 с при максимальном быстродействии 1 измерение в 2 с
Время установления рабочего режима	не более 5 мин
Погрешность хода встроенных часов магнитометра	не более ± 1 с за сутки
Питание	от аккумулятора или от внешнего источника постоянного тока напряжением 13 ± 2 В
Средняя потребляемая мощность при периодичности работы 1 измерение в 10 с	в одноканальном варианте – не более 1 Вт
	в двухканальном варианте – не более 2 Вт

Угловая рабочая зона магнитоизмерительного преобразователя	находится в пределах $\pm 45^\circ$ от оптимального положения
Изменение показаний, вызванное отклонением оси ПП от оптимального положения на угол $\pm 45^\circ$	не превышает ± 1 нТл
Емкость твердотельной памяти (сохраняемая информация – поле, время, координаты, а также данные начальной установки – дата, номер участка, номер прибора)	1 Мбайт
Цифровой выход	Информация из встроенного накопителя может быть выведена на ПК по интерфейсу RS-232
Диапазон рабочих температур	от -10°C до $+50^\circ\text{C}$
Изменение показаний магнитометра в диапазоне рабочих температур	не должно выходить за пределы $\pm 0,5$ нТл
Масса рабочего комплекта	для одноканального варианта – не более 4,5 кг
	для двухканального – не более 6 кг

Комплектация протонного магнитометра-градиентометра ММПГ–1:

1. Преобразователь магнитоизмерительный.

2. Блок измерительно-регистрирующий.
3. Аккумулятор, запасной аккумулятор, зарядное устройство для аккумуляторов.
4. Комплект кабелей: кабель МИП-БИР, кабель питания, кабель ДП, кабель RS-232.
5. Принадлежности: ранцевый подвес, футляр, ножка, ручка.
6. Диск с программным обеспечением, руководством по эксплуатации и методикой калибровки.



Рис. 2. Протонный магнитометр-градиентометр ММПГ–1.

Задание 1:

1. Ознакомиться с техническими характеристиками магнитометра.
2. Изучить инструкцию по работе с магнитометром.
3. Включить магнитометр и ознакомиться с режимами работы магнитометра.
4. Произвести измерение индукции ГМП в тестовом режиме. Найти среднее значение индукции.
5. Установить на электронном блоке координаты пункта наблюдения, время, дату, номер участка, номер прибора.

6. Произвести измерение индукции ГМП на 5 пунктах наблюдения (на каждом пункте произвести 5 физических наблюдений и найти среднее значение на данном пункте).
7. Данные по выполненной работе занести в отчет.

2. Магнитометр-градиентометр MMPOS–2 – это высокоточный прибор, предназначенный для измерения модуля геомагнитного поля (рис. 3). MMPOS–2 может использоваться как для проведения пешеходных съемок, так и в качестве стационарной вариационной станции.

MMPOS-2 состоит из специализированного полевого регистратора (Data logger) DLPOS и двух оверхаузеровских датчиков (MMPOS-2 является аналогом магнитометра MMPOS-1 и отличается наличием дополнительного измерительного канала и датчика). Магнитометр-градиентометр MMPOS–2 позволяет измерять модуль геомагнитного поля и по первому OVN зонду и нормированную на базу разность полей.

Магнитометр-градиентометр MMPOS-2 обеспечивает все режимы полевых работ:

1. Площадная съемка с полуавтоматическим вводом пикета и маршрута, времени по встроенным часам.
2. Пешеходная съемка с автоматическим вводом координат и времени по GPS-приемнику Garmin 60 или любым другим по протоколу NMEA 183 с промежуточной маркировкой.
3. Пешеходная съемка с автоматическим вводом координат и времени по GPS-приемнику Garmin 60 или любым другим по протоколу NMEA 183 с промежуточной маркировкой.
4. Вариационная (базовая) станция (по одному датчику).
5. Тестовый режим без сохранения данных с вычислением среднего значения и СКО по 11 измерениям.

**Технические характеристики протонного магнитометра-градиентометра
MMPOS–2:**

Разрешение	0,001 нТл
Чувствительность (СКО)	0,01 нТл в 3 сек цикле
	0,05 нТл в 1 сек цикле
Рабочий диапазон	20000-100000 нТл
Абсолютная погрешность	1 нТл
Градиентоустойчивость	20000 нТл/м (40000 форсаж)
Цикличность измерений	1, 2, 3 сек (опционально - до 0.2 сек)
Дисплей	LCD 240x128
Влагозащищенная клавиатура	32 клавиши
Диапазон температур	от –20°С до +60°С
Питание без / с подсветкой	0,7 / 3 Вт
Внутренние часы, стабильность	1 сек/сутки
Объем памяти	в режиме вариаций – 25000 измерений
	в режиме площадной съемки, включая GPS – 80000 измерений
Порт связи / разгрузки	RS 232
Порт GPS (протокол NMEA 183)	RS 232
Аккумулятор	7А/час обеспечивает 24 часа вариационных наблюдений при цикле 3 секунды или 5 дней полевых работ
Размер POS–1	910x120x70 мм
Размер DLPOS	260x150x45 мм
Общий вес	6,5 кг

Комплектация магнитометра-градиентометра MMPOS-2:

1. Блок электроники POS-2.
2. OVH зонд с гибким кабелем 3,4 м (2 шт.).
3. Комплект соединительных труб 0,5 м (4 шт.) и проходных (Г-образных) хомутов для крепления OVH зонда (2 шт.).
4. Регистратор DLPOS V2.0-gps.
5. Специализированный рюкзак.
6. Аккумулятор Pb 12 – 7Ah (2шт.).
7. Зарядное устройство.
8. Комплект кабелей: кабели связи, питания, разгрузки, вариационный кабель 25–50 м.
9. Программное обеспечение (ПО) QMSOft, включающее POSLink для разгрузки данных, учета вариаций, переход в планарные координаты. По обновления POS и DLPOS.
10. Комплект документации (паспорт и описание POS-1, включающее сборник команд управления по порту RS232; описание и инструкция пользователя DLPOS.
11. Магнитометр MMPOS-2 упакован в деревянный транспортировочный ящик.

Блок управления магнитометром-градиентометром MMPOS-2 позволяет подключать **GPS-приемник** для осуществления координатной привязки измерений на местности. В комплект данной опции входит:

1. GPS-приемник Garmin 60.
2. Программное обеспечение GPS-DLPOS.
3. Блок крепления.
4. Кабель связи Garmin-DLPOS.



Рис. 3. Протонный магнитометр-градиентометр MMPOS–2.

Задание 2:

1. Ознакомиться с техническими характеристиками магнитометра.
2. Изучить инструкцию по работе с магнитометром.
3. Включить магнитометр и ознакомиться с 3-мя режимами работы магнитометра (измеритель индукции ГМП, градиентометр, магнитовариационная станция).
4. Произвести измерение индукции ГМП, горизонтального и вертикального градиентов ГМП в тестовом режиме. Найти среднее значение индукции.
5. Установить на электронном блоке координаты пункта наблюдения, время, дату, номер участка, номер прибора.
6. Произвести измерение индукции ГМП на 5 пунктах наблюдения (на каждом пункте произвести 5 физических наблюдений и найти среднее значение на данном пункте).
7. На одном пункте наблюдения выполнить измерения индукции ГМП в режиме МВС, предварительно задав период измерений.
8. Данные по выполненной работе занести в отчет.

✓ **Данные по выполненной работе занести в отчет**

Содержание отчета

Отчет оформляется в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

Контрольные вопросы:

1. Абсолютные и относительные способы измерения индукции ГМП.
2. Магнитометры. Виды магнитометров.
3. Магнитные моменты электронов, ядер атомов и атомов.
4. Протонные магнитометры. Схема и принцип действия протонного магнитометра.
5. Эффект Оверхаузера.
6. Погрешности в измерении ГМП с помощью протонного магнитометра.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

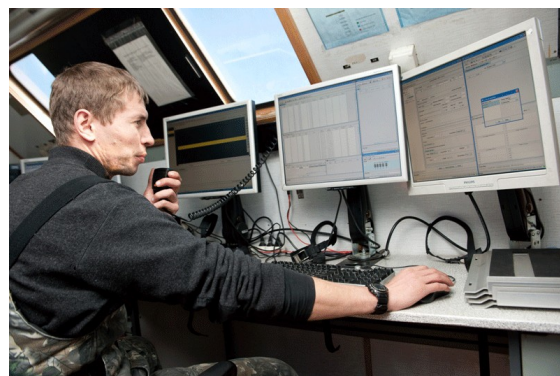
(Тема 4. Сейсморазведка)

Обработка данных микросейсмокаротажа

Цель работы: получение навыков обработки данных микросейсмокаротажа. Микросейсмокаротаж (МСК) проводится с целью изучения верхней части разреза (ВЧР), которая состоит из зоны малых скоростей (ЗМС), подстилающих пород (ПП) до линии приведения, а иногда может включать и промежуточный слой, так называемую зону пониженных скоростей (ЗПС).

Теоретические основы

Изучение ЗМС проводится для определения оптимальной глубины заложения взрывчатого вещества, (т. к. глубина взрыва должна быть ниже подошвы ЗМС, т. е. $H_{взр} > H_{змс}$) для уменьшения потерь энергии волны ввиду того, что зона малых скоростей обладает интенсивными поглощающими свойствами; а также для расчета статических поправок при работах МОГТ.



При обратном МСК регистрация сейсмических волн осуществляется на поверхности земли, а возбуждение на разных глубинах скважины (с шагом определенным проектом работ или достаточным для необходимой точности изучения ВЧР). При прямом МСК регистрация сейсмических волн осуществляется в скважине на разных глубинах (с определенным проектом

шагом, или достаточным для необходимой точности изучения ВЧР), а возбуждение происходит на поверхности.

Для проведения МСК бурится скважина, забой которой на 20-100 м глубже подошвы ЗМС. В идеале если изучается ВЧР до линии приведения. Около устья скважины ставятся несколько (2-6) сейсмоприемников на расстояниях от 1 до 20 м от скважины, иногда по обе стороны от нее (по профилю). В скважину опускается зонд, на котором закреплены гирлянды электродетонаторов и производятся их поочередные взрывы на разных глубинах, начиная от забоя, через 2-6 м (рис. 1.а).

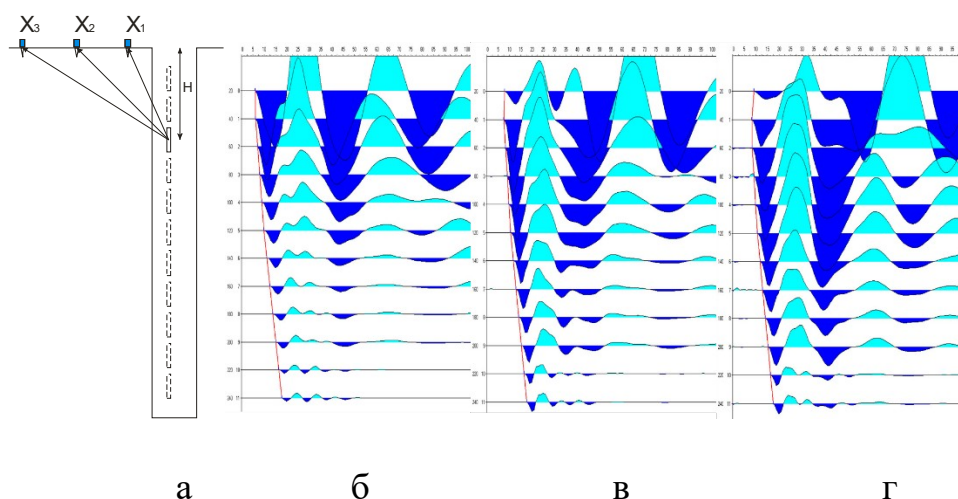


Рисунок 4.1 Микросейсмокаратаж: а) методика проведения; б) сейсмограмма на удалении 1м; в) сейсмограмма на удалении 3м; г) сейсмограмма на удалении 5м

С сейсмограммы МСК снимаются времена прихода волны к пункту приема (t_n время наблюденные), процедура называется пикировка первых вступлений.

Наблюденное время расположенных на расстояниях от скважины, приводится к вертикальному времени t_v по формуле:

$$t_v = t_n \cdot \cos(\alpha) = \frac{t_n \cdot H}{\sqrt{H^2 + \chi^2}} \quad (1)$$

Найденные вертикальные времена усредняются для одних и тех же глубин Н. Затем строится вертикальный годограф, который представлен отрезками прямых линий. По вертикальному годографу определяются пластовые скорости.

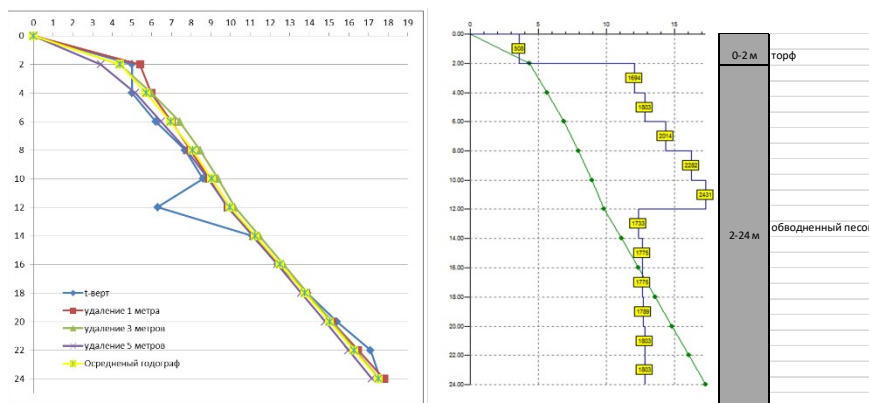


Рисунок 4.2 Вертикальный годограф

Границы пластов находятся по изломам вертикального годографа, а подошва ЗМС определяется по резкому возрастанию скорости в коренных породах:

$$V_{пл} = \frac{\Delta H}{\Delta t_{\phi}} \quad (2)$$

Порядок выполнения работы

1. Находятся вертикальные времена по формуле (1).
2. Усредняются вертикальные времена для одних и тех же глубин Н.
3. Строится вертикальный годограф вертикальным времен.
4. Определяются мощности пластов (ЗМС, ЗПС) по изломам вертикального годографа.
5. Определяются пластовые скорости по формуле (2).
6. Результаты обработки заносятся в таблицу вычислений.

Таблица вычислений

ГЛУБИНА	$X_1=1$ м		$X_2=3$ м		$X_3=5$ м		тв,ср, (с)	Анализ скоростей	
	тн (с)	тв (с)	тн (с)	тв (с)	тн (с)	тв (с)		толщина	интервальная скорость
Н (м)									

Исходные данные

ГЛУБИНА	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	тн (с)			тн (с)			тн (с)		
(м)	$X_1=1$	$X_2=3$	$X_3=5$	$X_1=1$	$X_2=3$	$X_3=5$	$X_1=1$	$X_2=3$	$X_3=5$
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	6.040	7.892	9.215	2.865	2.865	9.347	3.394	5.908	8.951
4	6.172	7.495	8.289	8.289	8.289	11.464	8.554	8.554	10.141
6	7.098	8.289	8.421	9.877	8.951	11.596	9.678	9.678	9.744
8	8.024	9.038	9.170	11.244	10.097	12.655	10.803	10.802	10.934
10	8.950	9.788	9.920	12.611	11.243	13.746	11.927	11.926	12.125
12	9.877	10.538	10.670	13.978	12.390	14.837	13.052	13.051	13.316
14	11.199	11.728	11.816	15.212	13.536	15.929	14.264	14.175	14.374
16	12.522	12.919	12.963	16.447	14.683	17.020	15.477	15.300	15.432
18	13.845	14.110	14.109	17.682	15.829	18.111	16.690	16.424	16.491
20	15.168	15.300	15.256	18.916	16.976	19.203	17.902	17.549	17.549
22	16.491	16.491	16.402	20.151	18.122	20.294	19.115	18.673	18.607
24	17.814	17.682	17.549	21.386	19.269	21.386	20.328	19.798	19.666

ГЛУБИНА	Вариант 4			Вариант 5			Вариант 6		
	тн (с)			тн (с)			тн (с)		
(м)	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	9.744	15.830	13.052	11.464	14.242	16.623	10.406	11.332	16.623
4	9.480	12.126	12.258	13.448	13.316	15.036	12.390	13.978	18.277
6	10.869	11.596	11.861	15.002	14.672	16.193	13.812	14.904	19.931
8	12.258	12.610	13.184	16.557	16.028	17.351	15.234	16.182	20.989
10	13.647	13.624	14.507	18.111	17.384	18.508	16.656	17.461	22.047
12	15.036	14.639	15.830	19.666	18.740	19.666	18.079	18.740	23.106
14	16.182	15.763	17.042	20.834	19.842	20.526	19.225	19.798	23.987
16	17.329	16.888	18.255	22.003	20.945	21.386	20.372	20.856	24.869
18	18.475	18.012	19.468	23.172	22.047	22.246	21.518	21.915	25.751
20	19.622	19.137	20.680	24.340	23.150	23.106	22.665	22.973	26.633
22	20.768	20.261	21.893	25.509	24.252	23.966	23.811	24.031	27.515
24	21.915	21.386	23.106	26.678	25.355	24.826	24.958	25.090	28.397

ГЛУБИНА	Вариант 7			Вариант 8			Вариант 9		
	тн (с)			тн (с)			тн (с)		
(м)	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	13.052	16.359	19.005	7.363	9.215	10.538	8.524	11.788	19.990
4	20.592	23.635	25.090	8.554	9.877	10.868	12.317	14.874	22.724
6	21.121	22.577	23.503	9.810	11.034	11.199	13.463	15.580	19.020
8	22.929	23.899	24.517	11.067	12.192	12.434	14.609	16.677	19.637
10	24.737	25.222	25.531	12.324	13.349	13.669	15.756	17.775	20.431
12	26.545	26.545	26.545	13.581	14.507	14.904	16.902	18.872	21.426
14	27.515	27.537	27.493	14.639	15.521	15.830	18.049	19.970	22.421
16	28.485	28.529	28.441	15.697	16.535	16.756	19.195	21.067	23.416
18	29.455	29.521	29.389	16.756	17.549	17.682	20.342	22.165	24.412
20	30.425	30.513	30.337	17.814	18.563	18.608	21.488	23.262	25.407
22	31.395	31.505	31.285	18.872	19.577	19.534	22.635	24.360	26.402
24	32.366	32.498	32.234	19.931	20.592	20.460	23.782	25.458	27.398

ГЛУБИНА	Вариант 10			Вариант 11			Вариант 12		
	тн (с)			тн (с)			тн (с)		
(м)	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	7.290	8.524	10.641	11.259	16.227	14.507	4.453	7.628	8.818
4	6.055	6.584	8.524	10.818	14.345	12.758	5.670	7.628	9.347
6	7.157	7.660	9.229	11.788	14.257	13.287	6.887	7.892	9.215
8	8.259	8.736	9.935	12.758	14.610	13.816	8.104	8.994	10.170
10	9.362	9.812	10.641	13.959	15.690	14.786	9.321	10.096	11.125
12	10.464	10.888	11.699	15.161	16.770	15.756	10.538	11.199	12.081
14	11.567	11.964	12.757	16.362	17.851	16.727	11.750	12.323	13.036
16	12.669	13.040	13.815	17.564	18.931	17.923	12.963	13.448	13.992
18	13.771	14.116	14.874	18.766	20.011	19.119	14.176	14.572	14.947
20	14.874	15.192	15.932	19.967	21.092	20.316	15.388	15.697	15.903
22	15.976	16.268	16.990	21.169	22.172	21.512	16.601	16.821	16.858
24	17.079	17.344	18.049	22.371	23.253	22.709	17.814	17.946	17.814

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Заполненная таблица результатами вычисления.
- выводы, вытекающие из результатов работы.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Основные задачи решаемые по методу МСК?
2. Что такое ЗМС?
3. Запишите формулу приведения наблюденного времени к вертикальному.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Установка сейсмического оборудования

Цель работы: ознакомиться с типовой схемой сеймостанции, методикой установки сейсмических приборов, и принципом работы источника сейсмических волн типа «падающий груз».

Теоретические основы

СЕЙСМОРАЗВЕДКА — геофизический метод геологоразведки, основанный на изучении распространения в земной коре упругих (сейсмических) волн, вызванных взрывом или ударом. Упругие волны, распространяясь во все стороны от источника в толще земной коры, попадают на границы раздела, изменяют свое направление и динамические свойства, при этом образуются новые волны.

На пути следования волн размещаются пункты приёма и регистрации сигналов — сейсмоприемники. Измеряя время распространения волн, и изучая характер колебаний, можно определить глубину залегания и форму тех геологических границ, на которых произошло преломление или отражение волны, а также судить о составе горных пород, через которые волна прошла на своем пути.

Пункты приёма, применяемые для регистрации волн, образуют расстановку. Расстановки имеют форму прямой линии (2D-сейсморазведка) или блока параллельных приёмных линий (3D-сейсморазведка). Графики записанных колебаний группируются в сейсмограммы и анализируются.

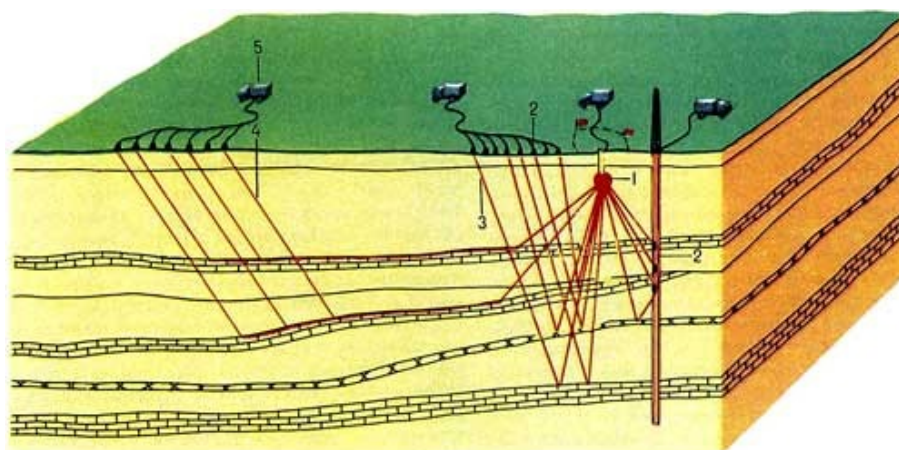


Рисунок 1.1 Упрощенная схема проведения наземных сейсморазведочных работ

1 — место взрыва; 2 — сейсμοприёмники; 3, 4 — отраженная волна; 5 — сейсмостанция.

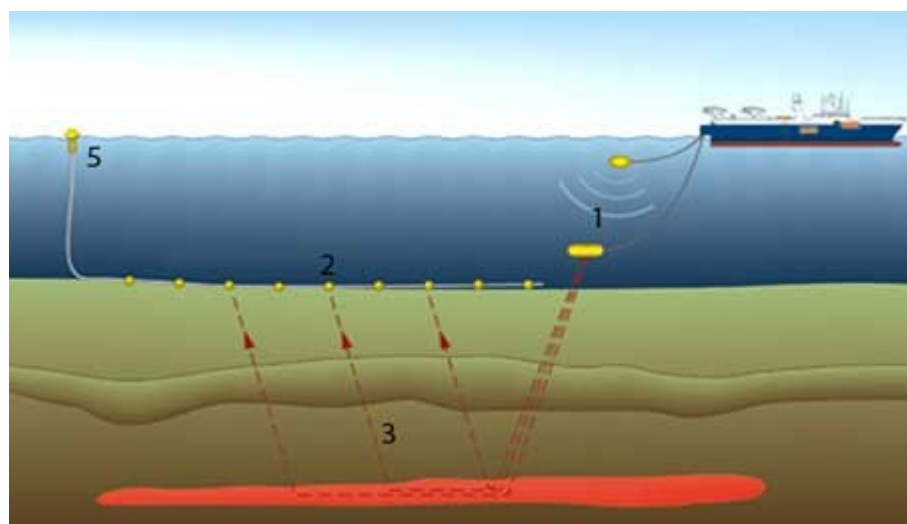


Рисунок 1.2 Упрощенная схема проведения морских сейсморазведочных работ

Сейсмические методы находят широкое применение при решении геологических задач и занимают ведущее место среди геофизических методов, применяемых при поисках месторождений нефти и природного газа, рудных месторождений и других полезных ископаемых, а также в инженерной геологии.

Сейсморазведка подразделяется:

— по стадии геологоразведочного процесса — региональная, поисковая и детальная;

— по решаемым задачам — глубинная, структурная (нефтегазовая) и инженерная;

— по условиям ведения работ — наземная, морская, скважинная.

— по размерности — 1D (в стволе скважины), 2D (с расстановкой пунктов возбуждения и приема вдоль линейного профиля) и 3D (с размещением пунктов приема по площади);

— по типу источника — взрывная, вибрационная и невзрывная импульсная.

Схема сейсмостанции Лаколлит:

Цифровая многоканальная инженерная сейсморазведочная станция имеет назначение производство сейсморазведочных работ методами МПВ, МОВ и ВСП на основе современных технических решений при:

- инженерно-геологических изысканиях
- микросейсморайонировании
- изучение ВЧР

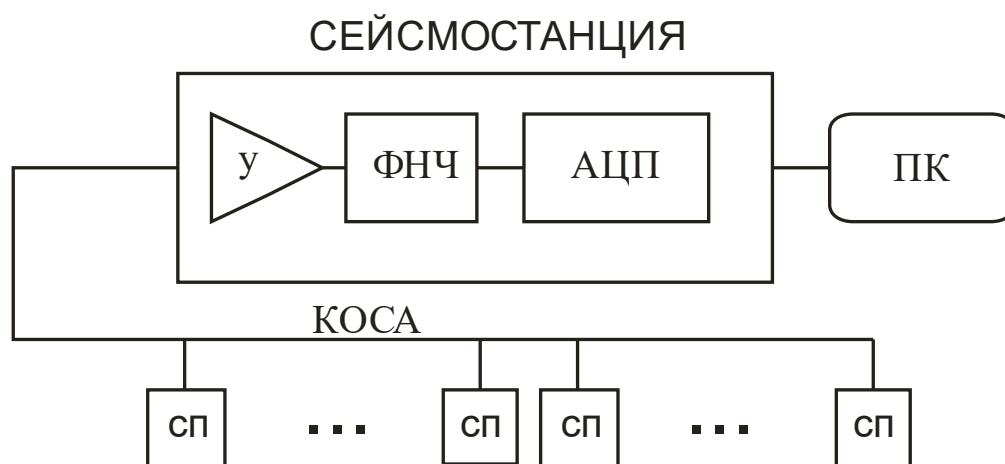


Рисунок 1.3 Упрощенная блок-схема узлов сейсморазведочной аппаратуры (Сейсмический канал)

СП – сейсмоприемник

У – усилитель

ФНЧ – Фильтр низких частот

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь

ПК – Персональный компьютер.



Рисунок 1.4 Сейсмостанция Лакколит 24 М (снят с производства).

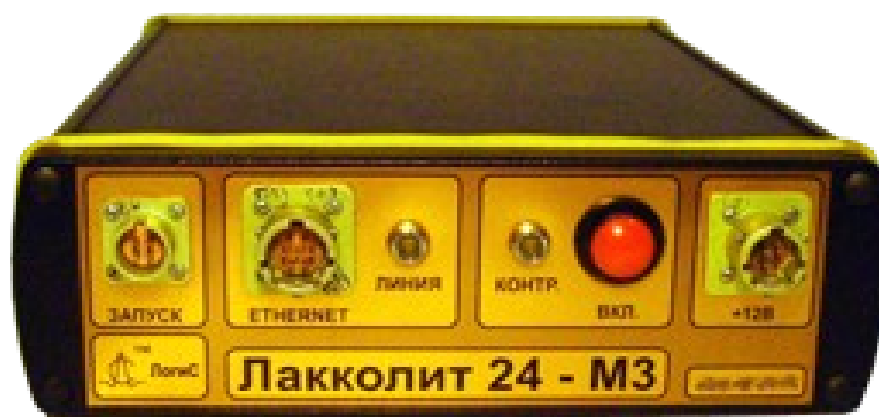


Рисунок 1.5 Сейсмостанция Лакколит 24 М3

Станция состоит из одного или нескольких электронных блоков “Лакколит Х-МЗ”.

Блок “Лакколит Х-МЗ” обеспечивает получение данных с 24-х сейсмических каналов и их предварительную обработку. Отображение результатов и дополнительная обработка данных в полевых условиях производится с помощью ноутбука с прикладным программным обеспечением или специализированного блока управления.



Рисунок 1.6 Блок-индикации сеймостанции Лакколит

Обслуживание сеймостанции производится одним оператором

Блок управления специализированный - прибор, предназначенный для управления сеймостанцией “Лакколит Х-МЗ. Блок управления позволяет получать данные и проводить первичную обработку информации в жестких полевых условиях ($-30 \dots +50^{\circ}\text{C}$). Блок управления разработан на современной базе с применением цифровых сигнальных процессоров, что обеспечивает:

просмотр записываемой информации в реальном времени на всех 24-х каналах или поканально, спектральный анализ;

архивирование информации за 10 смен работы;

перезапись на компьютер для последующей обработки;

емкость flash-памяти 2 Гб;

встроенный GPS приемник для определения географических координат с внесением в заголовок SEG Y файлов;

низкое энергопотребление (6 Вт.);

цветной TFT дисплей 640x480, сенсорный;

малые габариты и вес;

Система отметки момента

В сейсмостанции реализовано 4 вида источника сигнала, по которому станция начинает запись данных. Он имеет следующие положения:

«Безусловный» – запись данных начинается сразу после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись».

«По замыканию» – запись данных начинается при получении аппаратного синхросигнала после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись». Аппаратный синхросигнал представляет собой замыкание контактов.

«По размыканию» – запись данных начинается при получении аппаратного синхросигнала после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись». Аппаратный синхросигнал представляет собой размыкание контактов.

«По обнаружению» – запись данных начинается при обнаружении сигнала станции после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись».

Получение ОМ по радиоканалу с использованием системы «COM»:

СОМ состоит из приемного блока, передающего блока, приемной антенны, передающей антенны. СОМ позволяет производить запуск станции синхронно с источником сейсмоколебаний по радиоканалу с расстояния до 500 м. Не требуется разрешение на работу в органах ГКРЧ России.



Рисунок 1.7 Система отметки момента по радио каналу

Сейсмоприемник (геофон)

В настоящее время в сейсморазведке применяются, главным образом, сейсмоприемники, в которых для преобразования механической энергии пришедших упругих волн в электрическое напряжение используют либо инерционный принцип преобразования, либо пьезоэлектрический. Любой современный приемник сейсмических колебаний преобразует различные механические параметры, характеризующие колебания среды, в электрические сигналы.



Рисунок 1.8 Вертикальный сейсмоприемник (слева) GS-20DX; Горизонтальный сейсмоприемник (с права) GS-20DX.

Порядок выполнения работы

- Установить сейсмическое оборудование в линию.

- Подготовить на линии ПВ (счистив дерн и утрамбовав площадку размером 0.3×0.3 м), площадку для возбуждения продольной сейсмической волны.

- Произвести запись вызванных сейсмических колебаний.

- Порядок выполнения работ описать в рапорте оператора.

Подбирается место работ длиной 150 м, с плавным перепадом альтиуды в пределах 0.5 м.

Отмечаются на профиле позиции ПВ и первого ПП.

Вертикальные сейсмоприемники (для приема продольных волн) устанавливаются с шагом 2 м.

Все ПП и ПВ устанавливаются на одной прямой, при этом отклонение по ПП не более ± 0.1 м. вдоль линии профиля для ПП и не более ± 0.3 м. вдоль линии профиля для ПВ, при этом ПВ смещаются в ортогональном направлении относительно линии профиля и не более ± 0.1 м вдоль.



Рисунок 1.9 Схема положения ПП и ПВ

Подключить полевое оборудование и настроить сеймостанцию.

- Выполнить задание по лабораторной работе в коллективе из 5-6 студентов.

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Абрис профиля;
- Схема расположения ПВ и ПП.
- Журнал оператора
- Выводы, вытекающие из результатов работы.

Контрольные вопросы

1. Как синхронизируется импульсный источник с регистрирующим комплексом?
2. Какой тип волн регистрируется вертикальными и горизонтальными сейсмоприемниками?
3. Если приемники выставить на расстоянии от источника 12 м по окружности, как будет выглядеть сейсмограмма?
4. Нарисуйте упрощенную блок-схему узлов регистрирующего комплекса (сеймостанции).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

(Тема 5. Электроразведка)

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)

Цель работы: приобретение навыков решения обратной задачи электроразведки.

Оборудование и материалы: работа выполняется вручную (для численных расчетов используется инженерный калькулятор) либо на компьютере (системные требования – Windows 2000, XP, Microsoft Office 10).

При ВЭЗ используется симметричная четырехэлектродная установка AMNB. Сущность метода в том, что при неизменном положении центра установки и постоянных разносах приемной линии MN последовательно

увеличивается разнос питающей линии АВ. Поэтому при ВЭЗ исследуется изменение удельного электрического сопротивления горных пород с глубиной.

Метод ВЭЗ используется в основном при исследовании горизонтально слоистых разрезов, сложенных различными по электрическому сопротивлению породами. К числу геологических задач, решаемых методом ВЭЗ, относятся:

- глубинные структурные исследования участков платформ, в частности поиски и разведка нефтяных и газовых структур;
- картирование рельефа кристаллических фундаментов платформенных областей;
- поиски и разведка погребенных речных долин, в том числе палеодолин; гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания и т.п.

Моделирование метода ВЭЗ выполняется на электропроводной бумаге, т.е. плоском двумерном пространстве.

Объектом исследования является трехслойный разрез с плоскопараллельными границами раздела, имитируемый склеенными между собой полосками бумаги различной электропроводности. Параметры разреза:

h_1	h_2	$h_3=\infty$
ρ_1	ρ_2	ρ_3

Целью лабораторной работы является выполнение вертикального зондирования над указанным разрезом и получение зависимости $\rho_k = f(AB/2)$, т.е. кривой ВЭЗ. При измерениях используется лабораторная установка ВЭЗ со стандартными разносами линии АВ и MN и аппаратура МЭРИ-24 с генератором АСТРА-100 или Измеритель и генератор ERA-MAX.

Результаты измерений заносятся в журнал следующей формы:

AB(см)	MN(см)	K	ΔU	I	ρ_k (Ом·м)
3	1.2	0.0098			

4.2	1.2	0.0134			
6.0	1.2	0.0194			
8.0	1.2	0.0261			
8.0	3	0.00963			
10	1.2	0.0328			
10	3	0.0124			
13	3	0.0163			
18	3	0.0228			
30	3	0.0379			
50	3	0.0632			

Величины ρ_k подсчитываются по формуле: $\rho_k = K \frac{\Delta U}{I}$, где K – коэффициент установки:

$$K = \frac{\pi h}{\ln \left(\frac{AN}{AM} \right)}$$

h – толщина электропроводной бумаги, AB и MN – величины разнесов питающей и приемных линий.

По вычисленным значениям ρ_k строится кривая ВЭЗ на стандартном билогарифмическом бланке. По характеру кривой необходимо сделать выводы о количестве слоев в разрезе и соотношении удельных сопротивлений слоев.

Для выполнения работы студенты разбиваются на бригаду, состоящую из оператора, вычислителя и рабочих на профиле. По выполнении 5-6 замеров студенты меняются местами. Для оценки качества измерений проводятся контрольные замеры ρ_k в объеме 5-10% от общего числа измерений и рассчитывается средняя относительная погрешность.

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать технику безопасности при эксплуатации электроустановок. Перед каждым включением генератора необходимо оповестить об этом. Запрещается

прикасаться без защитных резиновых перчаток к проводам и электродам питающей линии "АВ", находящимся под напряжением. Во время перерывов в работе и после окончания работ генератор следует немедленно отключать от питающей линии АВ.

Порядок выполнения работы:

- а) собрать схему
- б) провести измерения согласно разносам, указанным в таблице
- в) построить кривую ВЭЗ, определить тип кривой

Контрольные вопросы

1. Что в электроразведке называют установкой?
2. По какой формуле рассчитывается коэффициент установки для симметричной установки?
3. Какие геологические задачи решаются методом вертикальных электрических зондирований?
4. За счет чего меняются глубина исследования в методе ВЭЗ?
5. Что такое кривая ВЭЗ?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

(Тема 7. Геофизические исследования скважин)

Определение удельных сопротивлений горных пород с помощью электрического каротажа

Электрический каротаж (ЭК) - методы исследования скважин, основанные на изучении электрических свойств горных пород и насыщающих их флюидов. При электрическом каротаже производятся измерения электрических полей генерируемых токовыми электродами или электромагнитными катушками. По характеру изучаемого поля методы электрометрии делятся на две больших группы – естественного и искусственного электромагнитного поля, а по частоте поля – на методы постоянного, квазипостоянного и переменного поля.

Рассмотрим электрическое поле для точечного заряда в однородной среде. Из электростатики известно, что два точечных электрических заряда q_1 и q_2 будут взаимодействовать по прямой линии с силой F , прямо

пропорциональной величине этих зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними r . Эта зависимость носит название **закона Кулона** и имеет вид:

$$F = q_1 q_2 / r^2, \quad (1)$$

где q_1 – первый точечный заряд;

q_2 – второй точечный заряд;

r – расстояние, между точечными зарядами.

Электрическое поле характеризуется напряженностью, имеющей в каждой его точке различные значения. Напряженность поля является величиной векторной (рис. 1).

По закону Кулона **напряженность** электрического поля в точке, находящейся на расстоянии r от заряда q :

$$E = q/r^2 \quad (2)$$

Если электрическое поле образовано несколькими зарядами, то общая напряженность поля равна геометрической сумме напряженностей полей всех зарядов. Линии, указывающие направление напряженности поля, называются силовыми линиями. Элементарный положительный заряд в электрическом поле движется вдоль силовых линий.

Для перемещения электрического заряда из одной точки поля в другую с разными значениями напряженности надо выполнить определенную работу, затрачивая энергию для преодоления силы взаимодействия этих зарядов. Работа, которую необходимо совершать для перемещения единичного положительного заряда из бесконечности в данную точку электрического поля, носит название **потенциала (1) этой точки**. Потенциал U каждой точки электрического поля имеет вполне определенное значение. Потенциал некоторой точки A электрического поля прямо пропорционален величине заряда и обратно пропорционален расстоянию до заряда:

$$U_A = q/r, \quad (3)$$

или, используя (2), $U_A = Er$.

Геометрическое место точек с одинаковыми потенциалами электрического одиночного заряда образует эквипотенциальную поверхность (2), которая в однородной среде имеет форму шара, если поле вызвано несколькими зарядами, то потенциал точки равен алгебраической сумме потенциалов полей, образованных отдельными зарядами. Как видно из формулы 3, потенциал и напряженность электрического поля взаимосвязаны. В очень малом интервале напряженность, взятая с противоположным знаком, характеризует изменение потенциала и носит название градиента потенциала ΔU .

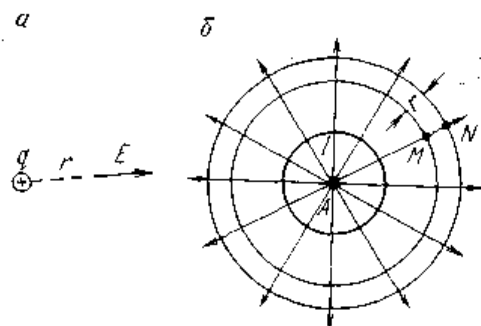


Рисунок 1 – Электрическое поле одиночного заряда (а) и точечного источника тока
в проводящей однородной среде (б)

Установка (зонд) для измерения удельного сопротивления пород состоит из двух токовых (А и В) и двух измерительных (М и N) электродов.

Если электрическое поле, созданное током I , вытекающим из точки А (точка В удалена в бесконечность), находится в условиях однородной проводящей среды (рис. 1), то токовые линии будут иметь вид силовых линий. Точки М и N (называемые измерительными электродами), находящиеся на разных расстояниях от точки А, будут лежать на различных эквипотенциальных поверхностях электрического поля. Таким образом, проходя через шаровые эквипотенциальные поверхности точек М и N, ток I создает между ними разность потенциалов ΔU :

$$\Delta U = U_M - U_N, \quad (4)$$

где U_M – потенциал измерительного электрода М;

U_N – потенциал измерительного электрода N.

но

$$\Delta U = I R, \text{ а } R = \rho_n \frac{l}{S} \quad (5)$$

тогда

$$\Delta U = I \rho_n \frac{l}{S} \quad (6)$$

где I – сила тока, вытекающего из точки А;

R – электрическое сопротивление между шаровыми поверхностями точек М и N;

$l = r$ – расстояние между поверхностями точек М и N ($l = AN - AM$);

ρ_n – удельное электрическое сопротивление среды;

S – сечение проводника, площадь эквипотенциальной поверхности ($S = 4\pi r^2$).

Учитывая, что рассматриваемые эквипотенциальные поверхности точек М и N расположены **близко** друг к другу и расстояние MN значительно меньше AM или AN, для упрощения можно считать:

$$S = 4\pi AM \cdot AN, \quad (S = 4\pi r^2), \quad (7)$$

Подставив это уравнение в (6), получим:

$$\Delta U = I \frac{\rho_n (AN - AM)}{4n AM \cdot AN} = I \frac{\rho_n}{4n} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} \right) \quad (8)$$

В электрическом каротаже при измерении ΔU расстояния между электродами сохраняются постоянными и характеризуют коэффициент зонда К:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{4n} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} \right) \quad (9)$$

или

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{4n} \left(\frac{MN}{AN \cdot AM} \right),$$
$$K = \frac{4nAN \cdot AM}{MN} \quad (10)$$

Для оценки удельного электрического сопротивления однородной среды необходимо знать коэффициент зонда, величину протекающего в цепи АВ тока и величину разности потенциалов между электродами М и N.

При постоянных значениях I и K регистрируется изменение значения ΔU , которое и будет пропорционально удельному сопротивлению среды:

$$\rho_n = K \frac{\Delta U}{I}, \quad (11)$$

где, K – коэффициент зонда;

I – ток протекающий в цепи токовых электродов АВ;

ΔU – разность потенциалов между измерительными электродами М и N.

В действительности при каротаже методом сопротивлений встречаются с неоднородной по удельному сопротивлению средой. В результате искажающего влияния таких факторов, как промывочная жидкость, зона проникновения фильтрата глинистого раствора в пласт, незатронутая проникновением часть пласта, переслаивание пластов с различными электрическими характеристиками и другие, определяется не истинное удельное сопротивление, а приближенное, которое носит название кажущегося удельного сопротивления ρ_k .

Для измерения ρ_k пользуются формулой (11), справедливой для однородной среды. Результаты измерений кажущегося удельного сопротивления представляют в виде кривой изменения ρ_k по стволу скважины с глубиной – кривая кажущегося сопротивления (КС).

Горные породы состоят из породообразующих минералов, которые имеют очень высокие значения электрического сопротивления. Однако

присутствие в породах минерализованной воды в значительной степени снижает их сопротивление, так как насыщенные минерализованной водой горные породы обладают **ионной проводимостью (3)**. Содержание воды в породе в общем случае зависит от значения коэффициента пористости горной породы (K_p), который выражается в %, т.е. показывает объем пустот в породе. Нефть и газ, которыми могут быть насыщены пласты коллектора, также имеют очень высокое электрическое сопротивление, но при регистрации электрокаротажа пласты, насыщенные нефтью или газом **не имеют** бесконечно высокого сопротивления, поскольку нефть заполняет только центральную часть пор, а сами зерна минералов, которыми сложен пласт, всегда содержат на своей поверхности физически связанную воду.

Процесс записи каротажных диаграмм на скважине представлен на рисунке 2.

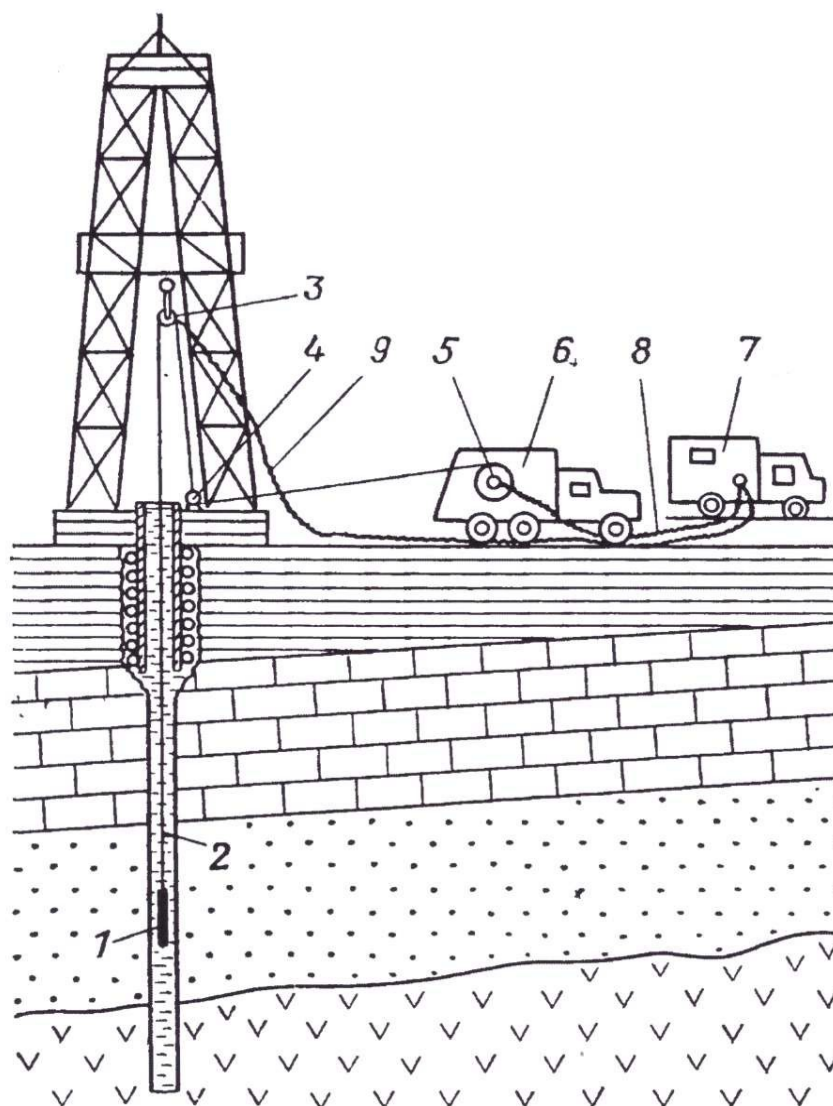


Рисунок 2 – Процесс записи каротажных диаграмм на скважине

Основными факторами, определяющими УЭС водных растворов – концентрация солей в растворе, химический состав и температура.

В пластовых водах нефтяных и газовых месторождений 70 – 95 % NaCl. Температура понижает сопротивление растворов т. к. увеличивается подвижность ионов и уменьшается вязкость.

Для измерения удельного сопротивления горных пород вскрытых скважиной применяют несколько электрических зондовых устройств. Пример простейшего зондового устройства для измерения удельного сопротивления горных пород в скважине показан на рисунке 3.

Удельное сопротивление горных пород наиболее тесно связано с их литологической характеристикой, характером насыщения (вода, газ, нефть), пористостью и проницаемостью, т. е. с параметрами, оценивающими коллекторские свойства пласта. В связи с этим метод удельного сопротивления в настоящее время является основным методом исследования геологического разреза скважин.

В зависимости от минерализации пластовой воды, заполняющей поры и трещины горных пород, их удельное сопротивление изменяется в широких пределах – от долей Ом-метра до нескольких тысяч Ом-метров. Повышение минерализации водных растворов ведет к уменьшению их удельного сопротивления за счет увеличения общего числа ионов.

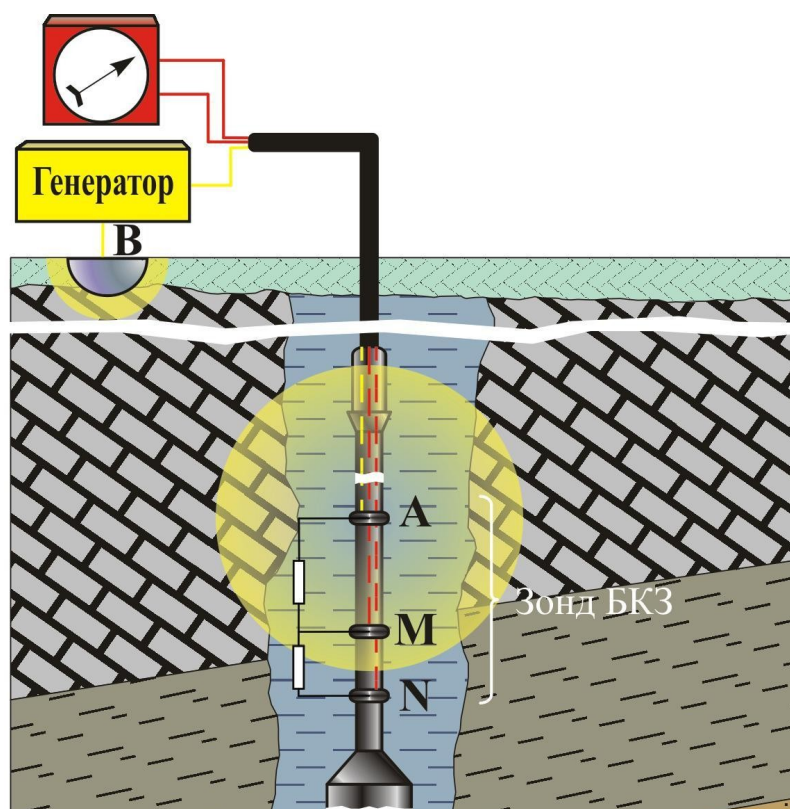


Рисунок 3 – Зондовое устройство для измерения удельного сопротивления горных пород в скважине

С повышением температуры удельное сопротивление растворов и горных пород *понижается*. Значения удельных сопротивлений наиболее распространенных осадочных горных пород приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения удельных сопротивлений горных пород

Горная порода	Удельное электрическое сопротивление, Ом м	Горная порода	Удельное электрическое сопротивление, Ом м
Глина, содержащая минерализованную воду	0,5 – 15	Песок, песчаник, насыщенный минерализованной водой	0,5 – 5
Известняк	40 – 100 000	Песок, песчаник, насыщенный минерализованной водой	10 – 10 000

Поскольку удельное сопротивление большинства породообразующих минералов осадочных пород на 5–10 порядков выше удельного сопротивления пластовой воды, то удельное сопротивление породы зависит в основном от удельного сопротивления пластовой воды, насыщающей породу, объемной влажности и геометрии пространства, занимаемого в породе водой.

Прибор электрического каротажа отображен на рисунке 4.

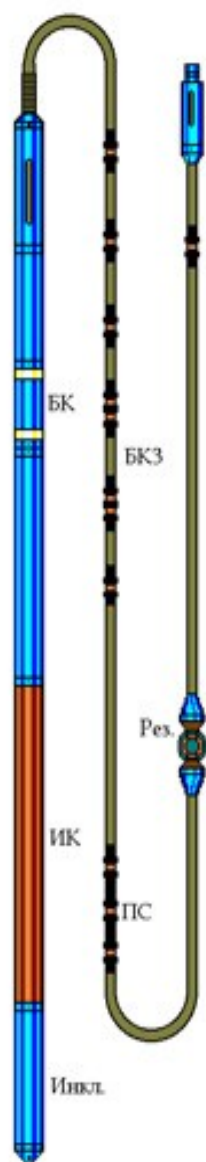


Рисунок 4 – Прибор электрического каротажа

Требования к оформлению отчета по выполнению лабораторных работ

Отчет должен содержать следующие элементы:

Титульный лист

Цель работы

Оборудование и материалы

Задание

Порядок выполнения работы

Вывод

Образец титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Кафедра нефтегазовой геофизики

Отчет по практической работе №

название работы

Вариант №

Выполнил студент группы _____

Ф.И.О.

Проверил преподаватель

должность, Ф.И.О.

Ставрополь, 20__ г.

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

Оборудование и материалы: перечисляется используемое оборудование и материалы.

Задание: приводится описание задания в соответствии с выданным вариантом.

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 (Рис. 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.

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

Методические указания

для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы
«Разведочная геофизика»
для студентов направления подготовки
21.03.01 Нефтегазовое дело
Направленность (профиль) «Геолого-геофизические технологии в
нефтегазовом деле»

1. Общие положения

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в вузе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка практических разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие

этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Самостоятельная работа по дисциплине «Разведочная геофизика» направлена на формирование следующих компетенций:

Код	Формулировка
ПК-7	Способен профессионально выполнять геофизические исследования

2. Цель и задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРС совпадает с целью обучения студента

- формирование набора компетенций будущего бакалавра.

При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельной работы и лабораторных занятий.

3. Технологическая карта самостоятельной работы студента

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
ИД-1 _{пк-7}	Подготовка к лекциям	Тестирование, собеседование	7,5	0,5	8
ИД-2 _{пк-7}	Подготовка к практическим занятиям	Тестирование, собеседование	7,5	0,5	8
ИД-3 _{пк-7}	Самостоятельное изучение литературы	Тестирование, собеседование	75	1	76
Итого за 5 семестр			106	2	108
Итого			106	2	108

4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом

4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только

после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанно читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

информационно-поисковый (задача - найти, выделить искомую информацию) усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде - как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. - использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование - предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование - краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование - лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование - дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование - краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект - сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы,

делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

а. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе

непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.

2. Выделите главное, составьте план.

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора.

а. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

б. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

4.2. Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям

Для того чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется провести самопроверку усвоенных знаний, ответив на контрольные вопросы по изученной теме.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при

изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала – умение отвечать на вопросы для собеседования.

Контроль самостоятельной работы студентов Контроль самостоятельной работы проводится преподавателем. Предусмотрены следующие виды контроля: собеседование.

Подробные критерии оценивания компетенций приведены в Фонде оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации.

К выполнению практических работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда при работе в компьютерном классе для обучающихся согласно инструкции ИОТ-УИ-274-13, утвержденной ректором СКФУ.

1. Общие требования охраны труда

1.1. К самостоятельной работе с ПЭВМ допускаются обучающиеся после прохождения ими инструктажа на рабочем месте, обучения безопасным методам работ и проверки знаний по охране труда.

1.2. Обучающиеся обязаны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные в университете, требования инструкций по охране труда:

по оказанию доврачебной медицинской помощи пострадавшим ИОТ- МЦ -08-13;

по пожарной безопасности в СКФУ ИОТ-УКБ-Об-13;

для операторов и пользователей ПЭВМ, работников, занятых эксплуатацией ПЭВМ и видео дисплейных терминалов ИОТ-УИ-05-13.

1.3. Запрещается употреблять во время учебно-воспитательного процесса алкогольные напитки, а также приходить на занятия в состоянии алкогольного, наркотического или иного опьянения.

Курить запрещено в компьютерных классах, учебных корпусах и студенческих общежитиях.

Курить разрешается на территории университета только в специально оборудованных местах.

1.4. При работе с ПЭВМ рекомендуется организация перерывов на 10 - 15 мин. через каждые 45 - 60 мин. работы.

1.5. При работе на ПЭВМ могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

Физические:

– повышенные уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучения;

– повышенный уровень статического электричества;

– повышенные уровни запыленности воздуха рабочей зоны;

– уровень положительных и отрицательных аэронов в воздухе рабочей зоны;

– неравномерность распределения яркости в поле зрения;

– повышенная яркость светового изображения;

– повышенный уровень пульсации светового потока;

– повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

– повышенный или пониженный уровень освещенности;

– повышенный уровень прямой и отраженной блескости;

– повышенный уровень ослепленности;

– повышенные энергетические потоки света;

– несоответствие параметров микроклимата нормам.

Химические:

- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны двуокиси углерода, озона, аммиака, фенола, формальдегида и полихлорированных бифенилов.

Психофизиологические:

- напряжение зрения и внимания; интеллектуальные и эмоциональные нагрузки;
- длительные статические нагрузки;
- монотонность труда; большой объем информации обрабатываемой в единицу времени;
- нерациональная организация рабочего места.

Биологические:

- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны микроорганизмов.

1.6. Запрещается находиться в компьютерном классе в верхней одежде, а также принимать пищу.

1.7. Обучающийся должен знать месторасположение первичных средств пожаротушения и уметь ими пользоваться.

1.8. Обучающийся должен знать местонахождения медицинской аптечки, правильно пользоваться медикаментами и уметь оказать доврачебную медицинскую помощь пострадавшим.

1.9. При несчастном случае на производстве обучающийся обязан:

- устранить травмирующий фактор (если это возможно);
- оказать первую медицинскую помощь пострадавшему;
- при необходимости вызвать скорую медицинскую помощь или организовать доставку пострадавшего в медицинское учреждение;
- немедленно сообщить о случившемся администратору, преподавателю, заведующему кафедрой;
- сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих и не приведет к аварии или возникновению иных чрезвычайных обстоятельств, а в случае невозможности ее сохранения - зарисовать сложившуюся обстановку (составить схемы, провести фотографирование или видеосъемку).

1.10. При работе с ПЭВМ обучающиеся должны соблюдать правила личной гигиены.

1.11. Работа в компьютерном классе разрешается исключительно в присутствии преподавателя или технического персонала компьютерного класса.

1.12. Запрещается присутствие в помещении компьютерного класса посторонних лиц.

1.13. По всем вопросам, связанным с работой вычислительной техники следует обращаться к техническому персоналу компьютерного класса.

2. Требования охраны труда перед началом работ

2.1. Перед началом работы пользователь ПЭВМ обязан:

- осмотреть и привести в порядок рабочее место, освободив его от посторонних предметов;
- убедиться в достаточности освещенности, отсутствии отражений на экране, отсутствии встречного светового потока;
- проверить комплектность компьютера;
- проверить правильность установки стола, стула, положения оборудования, угла наклона экрана, положения клавиатуры.

2.2. При подключении компьютера необходимо соблюдать следующую последовательность включения оборудования:

- включить блок питания или источник бесперебойного питания (если есть);

- включить периферийные устройства (принтер, монитор, сканер и др.);
 - включить питание системного блока или иного оборудования.
- 2.3. Запрещается приступать к работе при:
- нарушении целостности корпуса компьютера, монитора, клавиатуры, мыши;
 - обнаружении неисправности оборудования;
 - отсутствии защитного заземления устройств ПЭВМ;
 - отсутствии огнетушителя и аптечки первой помощи в компьютерном классе;
 - нарушении гигиенических норм размещения мониторов.

3. Требования охраны труда во время работы

3.1. Во время работы на ПЭВМ обучающийся обязан:

- аккуратно обращаться с клавиатурой;
- держать открытыми все вентиляционные отверстия устройств;
- соблюдать расстояние от глаз до экрана в пределах 60-80 см;
- следить, чтобы кабель (шнур) ПЭВМ был защищен от случайного повреждения и соприкосновения с горячими и сырыми поверхностями.

3.2. Пользователю ПЭВМ во время работы запрещается:

- дотрагиваться до экрана монитора и вращать монитор;
 - работать с ПЭВМ при снятом корпусе;
 - во избежание внутреннего перегрева и выхода ПЭВМ из строя закрывать во время работы вентиляционные отверстия посторонними предметами или чехлами;
 - оставлять включенный ПЭВМ без присмотра;
 - самостоятельно вскрывать корпус монитора, системного блока;
 - самостоятельно разбирать монитор, системный блок, клавиатуру, мышь;
 - самостоятельно переключать силовые питающие кабели проводов связи с периферийными устройствами на задней крышке корпуса системного блока и монитора;
 - отключать штепсельные разъемы;
 - подключать в цепь нулевого провода предохранители;
 - заземлять компьютер на батарею парового или водяного отопления;
 - переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
 - производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
 - оказывать механические усилия (наступать ногами, дергать)' силовые питающие кабели и за провода связи с периферийными устройствами;
 - ударять сильно по клавишам клавиатуры;
 - работать грязными руками;
 - касаться одновременно экрана монитора и клавиатуры (возможен разряд повышенного электростатического потенциала);
 - прикасаться к задней панели системного блока (возможно поражение электрическим током);
 - допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, клавиатуры;
 - загромождать верхние панели устройств бумагами и посторонними предметами; подвергать монитор воздействию прямых солнечных лучей или других источников тепла;
 - устанавливать системный блок на полу непосредственно у ног пользователя ПЭВМ, в зоне повышенной влажности и повышенного содержания пыли;
 - передвигать столы с оборудованием, переставлять оборудование на столах.
- 3.3. Необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- не прикасаться одновременно к металлическим частям ПЭВМ и устройствам, имеющим естественное заземление (радиаторы отопления, водопроводный кран и т.д.).

- во избежание повреждения соединительного провода клавиатуры работать с клавиатурой только на столе.

- при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеоманиторами (в направлении тыла поверхности одного видеоманитора и экрана другого видеоманитора) должно быть не менее 2.0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеоманиторов - не менее 1.2 м.

3.4. Помещение для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение.

3.5. Рабочие столы рекомендуется размещать таким образом, чтобы видео дисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам и естественный свет падал преимущественно слева.

3.6. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

3.7. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана.

3.8. Должен быть обеспечен свободный доступ к сетевому выключателю ПК и розетке.

3.9. Рабочие места с ПЭВМ не должны размещаться вблизи силовых кабелей, технологического оборудования.

3.10. Необходимо систематически проветривать помещение с ПЭВМ - во время перерывов с обязательным выходом из него обучающихся.

3.11. По всем вопросам, связанным с неисправностями в вычислительной технике следует обращаться к преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

4.1. Пользователь ПЭВМ обязан немедленно отключить электропитание:

- во всех случаях обнаружения обрыва проводов питания, неисправности заземления, элементов электрооборудования, запаха гари и т. п.)

- при возникновении «дрожания» изображения (рябь, покачивание, подергивание);

- при обнаружении человека, попавшего под напряжение, (немедленно) освободить его от действия тока, оказать до прибытия врача потерпевшему первую медицинскую помощь;

- при повреждении штепсельного соединения кабеля (шнура) или его защитной трубки;

- в случае внезапного прекращения подачи электроэнергии;

- при появлении не характерного для работы ПЭВМ шума;

- при появлении дыма или запаха, характерного для горящей изоляции.

4.2. При возгорании оборудования отключить питание и принять меры к тушению очага пожара имеющимися первичными средствами пожаротушения в соответствии с инструкцией по пожарной безопасности.

4.3. При любой аварии или аварийной ситуации, которая может привести к аварии или несчастному случаю, обучающийся обязан сообщить преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

5. Требования охраны труда по окончании работ

5.1. Закрывать активные задачи.

5.2. Убедиться, что в дисководе нет дискеты или диска.

5.3. Провести завершение работы.

5.4. Выключить периферийные устройства и монитор.

- 5.5. Отключить питание системного блока.
- 5.6. Выполнить упражнение для глаз, шеи, спины в течении 1-2 минут.
- 5.7. Привести в порядок рабочее место.
- 5.8. О всех замеченных неполадках сообщить преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.
- 5.9. По окончании работы сдать свое рабочее место с ПЭВМ преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он правильно выполнил 88-100 % тестовых заданий

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он правильно выполнил 72-87 % тестовых заданий

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он правильно выполнил 53-71 % тестовых заданий

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он правильно выполнил менее 53 % тестовых заданий

Список источников для выполнения СРС

Перечень основной литературы

1. Соколов, А. Г. Полевая геофизика / А.Г. Соколов; О.В. Попова; Т.М. Кечина. - Оренбург: ОГУ, 2015. - 160 с.;
2. Гусев Е.В. Методы полевой геофизики: учебное пособие / Е.В. Гусев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 216 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Воскресенский, Ю. Н. Полевая геофизика: учебник / Ю. Н. Воскресенский. - М.: Недра, 2010. - 478, [1] с.: ил., табл.; 22 см. - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: 474 с.;
2. Хмелевской В.К. Основы геофизических методов: учебник для вузов / В.К. Хмелевской, В.И. Костицын; Перм. ун-т. – Пермь, 2010. – 400 с.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине по дисциплине «Разведочная геофизика». Ставрополь: СКФУ, 2025.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - www.biblioclub.ru (Договор № 50-04/19 об оказании информационных услуг от 13.05.2019г.)
2	Электронная библиотечная система «IPRbooks» (ЛИЦЕНЗИОННЫЙ ДОГОВОР № 5168/19 от 13.05.2019 г. на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks. Организация: ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа»)
3	«eLIBRARY.RU»: [Научная электронная библиотека]. – URL: http://elibrary.ru
4	Информационно-правовой портал "Гарант" - http://www.garant.ru/

1. <https://rfgf.ru/> - сайт ФГБУ «Росгеолфонд»;
2. <https://vsegei.ru/ru/> - сайт Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского;
3. <https://rusgeology.ru/> - сайт АО «Росгеология».

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

Методические указания

для обучающихся по выполнению курсового проекта по дисциплине
«Разведочная геофизика»
для студентов направления подготовки
21.03.01 Нефтегазовое дело
Направленность (профиль) «Геолого-геофизические технологии в
нефтегазовом деле»

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение курсового проекта является одним из важнейших этапов обучения студентов. Как один из заключительных этапов он имеет и свою специфику, и свои трудности.

В данном методическом пособии освещены вопросы часто возникающие, связанные с выполнением курсовой работы по дисциплине «Разведочная геофизика». Общие требования и правила оформления КП представлены в отдельных методических указаниях, ознакомиться с которыми можно у руководителя нормоконтроля.

1. Общие положения

Курсовой проект (далее – КП) студента – способ развития навыков проведения геолого-геофизических исследований, включающих в себя следующие основные этапы:

- постановку проблемы;
- выбор целей и задач исследования;
- выбор и обоснование методов сбора необходимых данных и их анализа;
- обсуждение полученных результатов и формулирование выводов.

В то же время, качество подготовки и защиты курсовой работы может служить оценкой профессиональных знаний, умений и навыков студентов, а именно:

- степени знакомства с существующими и научными представлениями по решаемой в работе проблеме;
- владения методами сбора, подготовки и анализа данных;
- способностей к обобщению получаемых результатов;
- оформления и представления своей работы.

Работа над КП, является одним из заключительных этапов обучения студентов в колледже и имеет свою цель:

- 1) систематизировать, закрепить и расширить теоретические и практические знания по специальности и применить эти знания при решении конкретных технических и производственных задач;
- 2) развить навыки ведения самостоятельной работы и овладеть методикой исследования и экспериментирования при решении разрабатываемых в КП проблем и вопросов;
- 3) выяснить подготовленность студентов для самостоятельной работы в условиях современного развития производства, науки, техники и культуры.

КП техника-геофизика в общем случае должна содержать:

- текстовый документ,
- графический материал.

Текстовый документ (ТД) должен быть выполнен на русском языке с помощью использования компьютерных средств.

КП разрабатывается студентом на основе соответствующих материалов, собранных на преддипломной геофизической практике, материалов своего участия в НИРС с широким привлечением фондовой и опубликованной литературы по теме КП: учебников, учебных пособий, монографий, нормативных изданий (инструкций, руководств), периодической литературы (включая и издания на иностранных языках), отчетов партий, экспедиций по проведению геолого-геофизических и опытно-методических геофизических работ и т.д. Текстовый документ оформляется по типу пояснительной записки (ПЗ).

К графическому материалу следует относить:

- демонстрационные листы (плакаты) для наглядного представления материала работы при ее публичной защите;
- чертежи и схемы в виде законченных самостоятельных документов или рисунков, которые, в зависимости от характера работы, могут представляться как на

отдельных листах, используемых при публичной защите (презентации), так и в составе ТД.

Тематика КП должна быть актуальной, учитывать реальные задачи хозяйственного освоения районов и соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки и техники. Работа должна быть реальной. Реальность определяется актуальностью темы, глубиной ее разработки, важностью сделанных выводов и возможностью использования (всей работы или ее части) на производстве.

Задание на КП студент предлагает сам или получает от научного руководителя. Перед началом выполнения КП студент должен составить календарный график работы на весь период работы и согласовать его с руководителем. Задание на курсовую работу оформляется приказом по колледжу и присутствует или в самой КП, или прикладываться на отдельном листе.

При выполнении КП студенты должны руководствоваться нормативными документами в области геологоразведочной службы и охраны природных ресурсов, а также в области экономики и политики страны в целом.

2. Структура дипломного проекта

Предлагаемая студентам тематика КП охватывает широкий круг вопросов, поэтому структура каждой работы должна уточняться студентом с научным руководителем, исходя из опыта и интересов студента, степени проработанности данной темы в литературе, наличия информации и т.п.

Вне зависимости от тематики и направления работ КП целесообразно делить на три части: общую или геологическую, в которой приводится общее описание района работ, включая географо-экономическую, геолого-геофизическую и гидрогеологическую характеристику объекта исследования; методическую часть, включающую основные результаты работы.

Могут также присутствовать разделы организационного порядка (техники безопасности, экономики, экологии и т.д.).

Применительно к специализации по рудной (нефтяной) геофизике, КП может иметь следующую структуру и объем разделов, представленных в таблице 1.

Таблица 1 - Структура и объемы разделов КП

Наименование раздела	Объем, стр.
Титульный лист	1
Задание на курсовой проект	1-2
Содержание	1-2
Введение	не более 4
Общая часть	
Географо-экономическая характеристика района работ	2-3
Геологическая и геофизическая изученность района	2-6
Геологическая изученность	
Геофизическая изученность	
Анализ основных результатов геофизических работ прошлых лет	
Геологическое строение района работ	
Стратиграфия	3-6
Тектоника	
Магматизм	
Полезные ископаемые (Нефтегазоносность)	
Физические свойства горных пород и руд и петрофизические комплексы (Сейсмогеологические условия)	1-4
Методическую часть	
Наименование раздела	Объем, стр.
Геологические задачи и выбор методов и обоснование геофизического комплекса	1-8
Методика и техника полевых работ	2-4
Магниторазведка	
Электроразведка и т.п.	
Топографо-геодезические работы	
Аппаратура и оборудование	2-3
Метрологический контроль	1-3
Камеральные работы	2-7
Технико-экономическая часть (может перенесена в КП по экономике)	
Смета расходов на проектируемые работы	2-5
Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности при проведении геофизических работ	2-5
Мероприятия по обеспечению экологической устойчивости и охране окружающей среды	2-3
Заключение	Не более 5
Список использованных источников	1-3

Общий объем КП проекта не должен превышать 30-50 страниц машинописного текста. Примерный перечень графических приложений представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень графических приложений, масштаб 1:50 000 – 1:1 000

Наименование	Объем, стр.
1. Обзорная карта района	1
2. Карта геологической и геофизической изученности	1
3. Сводная литолого-стратиграфический разрез	1
4. Схема проектных профилей	1
5. Схема нефтегазоносности района работ	1
6. Схема систем наблюдений	1

3. Выбор тематики курсового проекта

Содержание КП должно отражать основные виды профессиональной деятельности, и соответствовать, содержанию одного или нескольких профессиональных модулей. Выбранная тематика работы должна быть ориентирована преимущественно на знания, полученные в процессе освоения дисциплин, профессиональных модулей, МДК, практик, подводить итог теоретического и практико-ориентированного обучения выпускника и подтверждать его профессиональные компетенции.

В процессе прохождения производственных и преддипломных практик студенты сталкиваются с самыми различными геофизическими технологиями. Материалы, полученные студентом после практики, часто составляют основу его КП. Однако в КП обязательно должна присутствовать геологическая составляющая – обычно это геолого-геофизическая характеристика района работ, и отражены особенности использования одного из видов (или комплекса) геофизических методов, а именно, технологий гравимагниторазведочных, электроразведочных, радиометрических, термометрических и/или сейсморазведочных работ, геофизических методов исследования скважин.

В таблице 3 приведены тематики КП прошлых лет.

Таблица 3 – Примерная тематика курсовых работ

1	Структурные построения по методу средних скоростей.
2	Применение принципов георадиолокации при решении геологических задач.
3	Методы геофизических исследований скважин ХМАО г. Урай.
4	Вспомогательные геофизические работы в составе поисково-ревизионных работ на уч. Южно-Колчеданный. Полярный Урал.
5	Исследование скважин с помощью сейсмоакустических методов.
6	Контроль качества ГИС на объектах Сургутского свода.
7	Локальный прогноз коллекторов в пределах Троицко-Михайловского вала на основе комплексной трехмерной модели резервуаров по данным сейсморазведки.
8	Оценка перспектив алмазаносности Барылайской площади с использованием данных магниторазведки.
9	Поисковые работы на рудное золото в пределах Верхнерыбинского участка золоторудного-рассыпного узла в Южно-Енисейском районе Красноярского края.
10	Использование электроразведки на стадиях поисково-оценочной и детальной разведки месторождений рудного золота и серебра.
11	Геофизические работы на Потанайско-Картопийском нефтегазоконденсатном месторождении.
12	Использование аэрогеофизических технологий для поиска кимберлитовых трубок.
13	Проведение электроразведочных работ на Маймандинской площади с целью выявления запасов золота и серебра.
14	Комплексирование геофизических работ при выявлении рудного золота.

15	Использование малоглубинной сейсморазведки для определения параметров ВЧР.
16	Проведение комплекса геофизических работ на испытательном полигоне ИНГГ СО РАН "Ключи 1"
17	Поиск месторождений урана с использованием комплекса геолого-геофизических методов.
18	
19	Выполнение поисковых геолого-геофизических работ на уран в местности Шангулежская площадь с использованием эманационного способа и данных гамма-спектрометрии.
20	Применение метода георадиолокации для определения электрофизических свойств верхней части геологических разрезов и грунтов.
21	Применение геофизических методов при поисках рудного золота на участке "Речной".

4. Содержание курсового проекта

Титульный лист и задание на КП имеют стандартную форму (приложения 1 и 2).

Форма геологического задания, как и задания на КП – стандартная (приложение 2).

В задании формулируется тема КП, срок сдачи, приводится перечень подлежащих разработке вопросов и общее направление работы, разрабатываются конкретные сроки работы, примерный объем. Указываются возможные консультации по смежным вопросам КП; Ф.И.О. студента и научного руководителя.

Введение

Во введении, в краткой и четкой форме, указывается общее значение проектируемых работ; роль и место этих работ в обеспеченности той или иной отрасли хозяйства минеральным сырьем; обосновывается экономическая необходимость проведения геолого-геофизических работ для развития изучаемого края (района) в данное время и в данном месте, а также обосновывается необходимость применения геофизических методов исследований при выполнении геологического задания, описывается структура работы (перечисляются названия глав и параграфов, раскрывается их содержание). Важно также указать вид геолого-геофизических работ. Выделяют три основных вида:

1) региональные (рекогносцировочные маршрутные); 2) поисковые (рекогносцировочные площадные); 3) детальные или оценочные работы.

Актуальность

Актуальность базовая часть любого введения, раскрывает значимость темы исследования для текущего периода времени и состояния науки и практики. Любая тема должна быть актуальна, главное это верно преподнести и сформулировать.

Например, в качестве актуальности проблемы приводится следующее, что «В соответствии с Государственным контрактом от 12 мая 2005 года № 40 и дополнительного соглашения к Государственному контракту № 4 от 03 мая 2007 года сейсморазведка № 16 ОАО «Тюменнефтегеофизика» в период с 2005 года по 2008 год выполнила полевые сейсморазведочные работы МОВ ОГТ-2Д, включая многоволновую сейсморазведку (МВС), по объекту № 2-46/598, в пределах южного склона Байкитской антеклизы (Красноярский край)». Т.е. актуальность, цель, задачи, предмет, объект исследования определяется Государственным контрактом.

В данном разделе перечисляются виды выполняемых геофизических исследований и конкретизируются цели и задачи работы. Цель исследования – это мысленное прогнозирование результата, определение оптимальных путей решения задач в условиях выбора методов и приемов исследования в процессе подготовки КП. Задачи исследования КП определяются поставленной целью и представляют собой конкретные последовательные этапы (пути) решения проблемы исследования по достижению основной цели.

Примером поставленных задач перед сейсмическими, электроразведочными и геохимическими исследованиями могут быть следующие:

- изучение глубинного геологического строения южного склона Байкитской антеклизы по отражающим горизонтам в нижнекембрийских, вендских и рифейских отложениях;
- выяснение структурно-тектонических особенностей рифейского комплекса, прогноз литологии его отложений по данным сейсморазведки и электроразведки;
- изучение вариаций мощности вендских отложений, прогноз их литологического состава по данным электроразведки и сейсморазведки 2ДЗС;
- выявление зон вероятного скопления углеводородов;
- оценка прогнозных локализованных ресурсов углеводородов.

Информационная составляющая работы немаловажный факт. Здесь необходимо указать все те учебно-практические издания, которые использовались при написании работы. Используемые геолого-геофизические отчеты обычно отражают в разделе «Геолого-геофизическая изученность». Сюда же можно отнести научную проработанность темы исследования. Обычно выделяют иностранных и российских авторов.

Значимость темы очень важна для защиты работы.

4.1. Географо-экономическая характеристика района работ

В этом разделе приводятся все основные географо-экономические факторы, которые в той или иной мере могут влиять на характер применения геофизических методов исследования.

Сюда обычно включают следующие сведения:

- характеристику административного положения участка работ, путей сообщения до ближайших железнодорожных станций, аэродромов, автомагистралей;
- расположение ближайших районных центров и других населенных пунктов, возможность использования различных видов транспорта в разное время года;
- характеристику рельефа района работ (абсолютные отметки рельефа местности и относительные превышения в пределах топопланшета масштаба 1:10 000, характер изрезанности).

Обнаженность, оползни, карстовые явления;

- климатические условия (количество осадков и их распределения по месяцам), средние температуры зимой и летом, продолжительность зимнего и летнего периода, гидрография (режим рек и озер), глубина промерзания (наличие многолетней мерзлоты);
- растительность, (характеристика, лесного, покрова, возможность использования лесных угодий для заготовки деловой древесины и в качестве топлива);
- животный мир (наличие хищных зверей, змей, энцефалитная опасность); – сроки действия зимников, навигация.

Экономическая характеристика приводится с точки зрения обоснования категории трудности для выполнения геофизических работ по методам, выбора вида внутрипроизводственного транспорта, возможности найма рабочей силы на месте, обоснования местоположения полевой базы партии (отрядов), возможности аренды помещений под административно- хозяйственные службы и жилье, обоснования организации снабжения работников партии (отрядов) промышленными и продовольственными товарами.

В эту подглаву также включается краткое описание ведущих отраслей хозяйства региона (промышленность, транспорт, сельское и лесное хозяйство), источников энергоснабжения и других географо-экономических данных, влияющих на условия организации и производства геофизических работ.

Раздел сопровождается обзорной картой, которая описывается в тексте ПЗ. На карте должны быть показаны: объект работ, основные населённые пункты, аэродромы,

железнодорожные станции, автомобильные и железные дороги, пристани рек, действующие горнодобывающие предприятия, базы партии и экспедиции.

В качестве иллюстрации могут быть приложены фотографии, характеризующие природные условия района и хозяйственную деятельность.

4.2. Геологическая и геофизическая изученность района

В разделах геологическая и геофизическая изученность в краткой форме, в хронологическом порядке, приводятся основные сведения и итоги проведения различных геологических и геофизических работ на площади. При этом привлекается как опубликованный, так и открытый фондовый материал. Здесь обращается внимание на методику и технику работ, масштаб съемок, точность наблюдений и применяемую аппаратуру, результаты работ. При исследованиях на месторождениях дается характеристика геофизических методов оценки запасов руд по каждому геофизическому методу и сравнивается с требованиями ГКЗ. Важное значение имеет представленность разреза керновым материалом. Обычно, особенно на региональном этапе изучения территории, разрезы охарактеризованы очень слабо. В этой связи для характеристики разреза используются данные ГИС и разрезы по скважинам на соседних площадях.

Подглава иллюстрируется картограммой геолого-геофизической изученности. На картограмме изученности необходимо показать положение проектируемого участка.

В подразделе «Анализ основных результатов геофизических работ прошлых лет» в соответствии с принципом аналогий в теории комплексирования при проектировании геофизических методов обычно рассматриваются два участка – участок обоснования и проектный участок. В зависимости от цели исследований и стадии работ участком обоснования может быть либо соседний с проектируемым участок (во всяком случае, находящийся в той же структурно-формационной зоне, где уже проведены работы для решения аналогичных задач), либо район работ в целом, если в районе проведены геофизические работы предыдущей стадии, и предстоит детализировать наиболее интересные участки.

В этой части текста необходимо дать глубокий анализ опыта геофизических работ, проведенных на участке обоснования. Здесь с критических позиций анализируется методика и техника проведенных работ (сеть, точность и применяемая аппаратура геофизических методов исследований, которые были использованы при проведении работ). Анализу подвергаются и неудавшиеся работы, если выяснена причина их неэффективного применения. Особо тщательно анализируются итоговые результаты геофизических работ, методика геологической интерпретации материалов по каждому отдельному методу.

Например: Указывается автор (ответственный исполнитель отчета) – Мишин О.Ф.; Вид проведенных работ: МОГТ, ЗСБ; Масштаб работ - 1:200000; Краткие результаты работ - Уточнено геологическое строение центральной части и юго-западного склона Камовского свода и междуречье Камо и Тайги. Подготовлено к глубокому поисковому бурению по отражающему горизонту Б

Верхне-Дулисинское поднятие, выявлено несколько антиклинальных перегибов. Проведено картирование проводимости разреза, на основании которого оценены коллекторские свойства отложений, дан прогноз распространения подсолевых терригенных отложений.

Обобщается опыт применения новых методик; модификаций или новых видов аппаратуры и снаряжения, например, аэровариантов электроразведки, гравиметрии, невзрывных источников возбуждения сейсмических волн, новых вариантов скважинной геофизики, новых приемов повышения производительности в известных методах исследования, например, космогеодезической привязке пунктов наблюдений и др.

4.3. Геологическое строение района работ

Это один из важных разделов КП, на основе которого выбирается участок работ по месту, форме и размерам, а также определяются задачи геофизических методов. Здесь

важно отразить геотектоническое положение района (участка) работ или изучаемого месторождения, дать краткие сведения по стратиграфии, литологии, тектонике, магматизму.

Геотектоническое положение района работ дается в плане крупных геологических структур. Полезные ископаемые описываются в плане закономерностей их пространственного размещения и генетической приуроченности.

Отдельно описывается морфология рудных тел, а также структурнотектонические, литологические, стратиграфические и другие рудоконтролирующие факторы. В разделе рассматриваются следующие конкретные вопросы:

Стратиграфия. Дается общепринятая для данного района стратиграфическая схема и краткая характеристика выделенных стратиграфических единиц, начиная с наиболее древних и заканчивая четвертичными отложениями.

Описание ведется по группам, внутри групп по системам, а внутри систем по ярусам или свитам. Описываемые ярусы или свиты должны строго соответствовать тем комплексам, которые изображаются на геологической карте, отражены в условных обозначениях геологической карты и в стратиграфической колонке. Описываемые свиты или ярусы должны быть выделены в красную строку и снабжены подзаголовками с их названием и геологическими индексами в скобках. При этом желательно придерживаться единого плана описания этих отложений по строго определенному плану в следующем порядке:

- распределение в пределах района;
- соотношение с ниже- и вышележащими отложениями;
- краткая литологическая характеристика описываемых отложений;
- наличие и краткая характеристика органических остатков;
- мощность и элементы залегания толщи;
- на основании каких данных установлен возраст.

Тектоника. Анализ тектоники дается с учетом выделенных структурных этажей или различных геолого-структурных участков.

В подразделе необходимо выделить положение района в общей тектонической структуре региона, перечисляются основные структурные подразделения, структурные этажи, главные тектонические зоны. Далее приводится описание каждого структурного подразделения. При характеристике складчатых структур последовательно рассматриваются наиболее типичные крупные складчатые формы и осложняющие их разрывы. После дается характеристика разрывных нарушений. При характеристике складчатых и разрывных нарушений указываются их размеры, пространственное положение, амплитуды и элементы залегания. Производится описание пликтивных и разрывных структур с учетом их соподчиненности и возраста.

К этому разделу целесообразно приложить схему тектонического строения района.

Магматизм. Здесь перечисляются все (основные) интрузивные комплексы, выделяемые в районе и дается их краткое геологическое описание: распространенность, форма и размеры интрузивных тел, состав пород, возраст. Особо акцентируется связь тех или иных полезных ископаемых с определенными комплексами. Если в районе отсутствуют магматические комплексы (что характерно для нефтегазоперспективных районов), то обычно этот раздел отдельно не выделяют, отмечая отсутствие комплексов при описании тектоники.

Полезные ископаемые района (Нефтегазоносность). При проектировании поисково-картировочных работ кратко описываются известные в районе работ месторождения и рудопроявления (по видам полезных ископаемых) с указанием структурно-тектонического или литологического контроля месторождений и рудопроявлений. Характеризуется их геологическая приуроченность, площадное распространение и экономическая оценка. Отдельные виды полезных ископаемых описываются в следующем порядке:

- горючие (нефть, газ, твердые горючие п.и.)
- металлические (черные, цветные, редкие, и благородные металлы, рассеянные и редкоземельные элементы);
- неметаллические;
- минеральные соли;
- подземные воды, минеральные грязи;
- строительные материалы и сырье для других отраслей промышленности.

В подразделе приводится описание по следующей схеме. Первое, название и географическая привязка. Второе, геологическая характеристика вмещающих пород: структурно-литологические условия залегания оруденения, морфология рудных тел, их основные параметры (формы и размеры рудных тел, мощность) и условия залегания (размеры по простиранию, падение). Третье и четвертое, качественная характеристика полезного ископаемого (состав руд), и их текстурно-структурные особенности: генетический и формационный тип месторождения (рудопроявления). В КП в этой подглаве дается и экономическая оценка полезного ископаемого.

Кратко характеризуются околорудные изменения и их распространенность. Обосновывается генезис оруденения. Например, при поисках месторождений золота, важно знать, наличие на соседних территориях месторождения коренного или рассыпного характера.

При проектировании детальных геофизических работ на месторождении (микромагнитная съемка, шахтная геофизика, геофизические исследования в скважинах, петрофизические исследования и т.д.) дается краткое описание геологического строения месторождения. Как правило, это делается на основе геологического плана (карты) масштаба не мельче 1: 10 000, разрезов по разведочным линиям и других материалов.

При проектировании работ для поиска нефти и газа подраздел «Полезные ископаемые» заменяют на подраздел «Нефтегазоносность района». При описании перспектив нефтегазоносности отмечается близость месторождений с разведанными промышленными запасами нефти и газа, приводятся гипотезы, возможной связи изучаемого участка с геологическими структурами и выделенными стратиграфическими комплексами. Отмечается тип залежей ближайших месторождений: нефтегазоконденсатные, массивные, водоплавающие, сводовые, тектонические и структурно-литологические экранированные, низко- и среднедебитные, особо сложного строения.

Раздел «Геологическое строение района» иллюстрируется геологической картой, стратиграфической колонкой, разрезом и легендой к ней (лист графических приложений №3), обзорной картой (рисунок в тексте или приложение №1). В тексте необходимо делать ссылки на геологическую карту. Желательно иметь тектоническую схему района, фотографии, схемы, зарисовки, разрезы по месторождению и др.

4.4. Физические свойства горных пород и руд и петрофизические комплексы

В этом подразделе на табличном и графическом материале с привлечением статистических методов анализа геологических образований района, участка, месторождения характеризуется пространственная зональность физических свойств пород и основные факторы, влияющие на изменение различных физических свойств. Характеризуются способы и точность измерения различных параметров, приводятся гистограммы (вариационные кривые) распределений значений физических свойств, таблицы свойств и другой иллюстративный материал. По статистическим характеристикам физические свойства горных пород и руд объединяются в петрофизические (структурно-вещественные) комплексы.

Эти сведения являются основой для разработки частных петрофизических, а затем – обобщенной физико-геологической модели изучаемого объекта. Следует обращать внимание на петрофизическую контрастность и вариацию тех физических свойств,

которые являются основополагающими для выбора оптимального комплекса геофизических методов исследования.

При изложении (проектировании) сейсмоструктурных работ эта глава может называться "Физические свойства и сейсмогеологическая характеристика пород разреза". Здесь основное внимание уделяется описанию скоростных и плотностных характеристик пород основных стратиграфических горизонтов. Обращается внимание на контрастность упругих свойств маркирующих горизонтов. Отдельно описываются поверхностные и глубинные сейсмогеологические условия и делаются выводы о возможности применения основных видов сейсморазведочных работ. В подраздел включаются имеющиеся данные о сейсмокаротаже (СК), вертикальном сейсмическом профилировании (ВСП) и других сейсмоакустических исследованиях в скважинах исследуемого района. Подглава иллюстрируется графиками пластовых и средних скоростей, результатами СК/ВСП, таблицами и т.д.

В зависимости от целей работ название подраздела может быть сформулировано по-разному, но содержанием его в любом случае должна быть комплексная петрофизическая характеристика объекта изучения и вмещающей среды, соответствующая степени изученности района.

Все подразделы с 4.1 по 4.4 должны быть хорошо иллюстрированы текстовыми рисунками и, по возможности, несколькими листами графических приложений.

Проектная часть

Это одна из основных глав проекта. В ней обосновывается необходимый комплекс геофизических методов, с помощью которого надлежит выполнять геофизическое задание. Практически при проектировании должен быть учтен весь накопленный опыт работ в сходных условиях. При этом имеется в виду, что комплексное использование различных геофизических методов одинаково применимо при любых съёмках: наземных, воздушных и космических; при исследовании на любых площадях и при решении любых геологических задач.

4.5. Геологические задачи и выбор методов и обоснование геофизического комплекса

В этой подглаве на основе геологических сведений об искомом объекте, с учетом выделенных петрофизических комплексов и сведений по участку обоснования составляются сначала петрофизические модели (ПФМ) объекта, на основе обобщения которых затем составляется и описывается его обобщенная физико-геологическая модель (ФГМ). После составления априорной ФГМ необходимо сформулировать конкретные задачи, которые необходимо решить для достижения цели, указанной в геологическом задании.

Например, целью работ является поиск сульфидно-полиметаллического месторождения определенного типа. В результате анализа геологических, петрофизических материалов и разработки ФГМ выяснено, что данные месторождения связаны с мелкими интрузивными телами определенного комплекса, внедрявшимися по тектоническим нарушениям, а также с палеовулканическими аппаратами центрального типа.

Задачи исследований в этом случае можно сформулировать следующим образом:

- картирование мелких интрузивных тел (определенных минимальных размеров) данного комплекса,
- трассирование тектонических нарушений,
- картирование палеовулканических депрессий и палеовулканических аппаратов,
- картирование зон сульфидно-полиметаллической минерализации.

Выбор геофизического комплекса исследования должен базироваться на составленной ранее априорной физико-геологической модели (ФГМ) изучаемого объекта (месторождения).

Порядок выбора комплекса обычно следующий. На основе конкретных геологических задач составляется перечень методов и типовых комплексов, пригодных для решения этих задач. Таким образом, формируется ряд альтернативных комплексов, различающихся по достоверности решения геологических задач, техническим и экономическим показателям.

Затем необходимо выбрать критерии и методы оценки эффективности комплексов. Одним из наиболее общих и строгих методов оценки геологоэкономической эффективности комплексов считается метод минимума потерь. Однако в реальных ситуациях его далеко не всегда можно использовать из-за недостатка исходных данных. Поэтому, в зависимости от имеющихся данных, автор проекта может использовать наиболее приемлемые в конкретной ситуации методы количественной оценки геологической эффективности геофизических методов и комплексов (коэффициент петрофизической контрастности, энергетическое отношение сигнал-помеха, энтропия, количество полной информации об объекте, расчет коэффициента разделения и др.). Наряду с информативностью и эффективностью каждого метода желательно учитывать и экономические показатели, в первую очередь, затраты времени и средств.

По выбранному критерию одним из методов количественной оценки эффективности необходимо сравнить альтернативные комплексы и определить рациональный комплекс.

Необходимо учитывать, что выбранный комплекс должен по возможности включать разнопараметровые методы и отвечать следующим требованиям:

1. Полное решение геологических задач при минимальных затратах средств и времени.
2. Обнаружение объектов определенных размеров, с заданной вероятностью (обычно не ниже 0,95), в нужном интервале глубин и с требуемой точностью.
3. Обеспечение возможности принятия решения о прекращении дальнейших геолого-геофизических работ на площади или их продолжении только на каких-то отдельных участках площади.
4. Соблюдение определенной последовательности проведения геофизических работ в сочетании с другими геологоразведочными работами.
5. Обеспечение обоснованного распределения объемов горно-буровых работ и (или) их сокращения.

При выборе экономической эффективности применяемых геофизических методов исследования предпочтение необходимо отдавать тем, которые базируются на основе оценки общей геолого-экономической эффективности геофизических исследований. Выбрав необходимый (оптимальный) комплекс, в итоге окончательно формулируют основные задачи, которые будут решаться конкретно каждым геофизическим методом, входящим в этот комплекс.

4.6. Методика и техника полевых работ

В этот подраздел включаются основные расчетно-методические и технические вопросы, обуславливающие выполнение задания КП.

Условно можно выделить следующие подразделы этого раздела:

- Методика работ и модификации метода.
- Аппаратура и оборудование.
- Параметры схемы наблюдения и регистрации.
- Топографо-геодезические работы.
- Опытные работы (При необходимости).

Для каждого используемого метода разработке подлежат следующие вопросы.

1. Обоснование рациональной сети наблюдения: расчет шага и расстояния между профилями, длина профилей; количество магистралей, их длина и направление. Эти параметры для всех методов должны быть взаимоувязаны между собой.

Например, если для одного метода необходимый шаг по профилю составляет 50 метров, то для другого метода будет неудобным шаг в 20 метров.

2. Обоснование системы, точности наблюдений и выбор аппаратуры. Для выбора необходимой аппаратуры и снаряжения полезен небольшой сравнительный анализ существующих аппаратурных разработок.
3. Обоснование объема и способа контроля над выполнением проектной точности. Описываются основные технологические приемы наблюдения с выбранным типом прибора по каждому методу отдельно.

При использовании того или иного геофизического метода учитываются основные его особенности. При этом обязательно должны использоваться соответствующие технические инструкции по каждому методу и желательно – статьи по новым методикам и аппаратурным разработкам. Если необходимы отклонения от инструкций, они должны быть надежно обоснованы.

Таким образом, в разделе «Методика работ и модификации метода» необходимо описать метод или методы, и используемые модификации геофизических исследований.

Так же рассматривается выбор необходимой аппаратуры и оборудования, параметры систем наблюдения и регистрации по отдельным методам.

4.6.1. Гравиразведка

В настоящее время выделяют несколько видов гравиметрических наблюдений: наземную, морскую, подземную и скважинную гравиметрию. Отдельно выделяются камеральные и полевые методы определения плотности пород и руд. В опытно-методическом порядке разрабатывается аэрогравиметрия. При проектировании гравиметрических работ надлежит руководствоваться "Инструкцией по гравитационной разведке" либо соответствующим методическим руководством, а также специальной литературой по отдельным видам исследования. При проектировании наземной гравиметрической съёмки, разработке подлежат следующие методические вопросы:

1. Обоснование вида съёмки на основе петроплотностной модели.
2. Обоснование точности наблюдений, масштаба, сечения изоаномал отчетной карты (масштаб графиков при профильной съёмке).
3. Обоснование системы расположения и густоты рядовых пунктов наблюдений.
4. Обоснование схемы расположения опорных гравиметрических пунктов и способов их увязки.
5. Выбор аппаратуры и обоснование технологии измерений (техника наблюдений).
6. Обоснование системы контроля полевых наблюдений и меры точности наблюдения, точности выделения аномалий и точности рядовой и опорной сетей.
7. Обоснование необходимости учета соответствующих полевых поправок.

Все особенности технологии гравиметрической съёмки подробно изложены в инструкции по гравиразведке. При использовании в КП данных полевой гравиметрической съёмки ссылка на данную инструкцию обязательна. Использование современного микропроцессорного, автоматического гравиметра позволяет регистрировать поле силы тяжести с высокой точностью – 1 микрогал. При съёмке такими приборами происходит превосходное подавление помех (шумов); прибор имеет автоматическое выравнивание, возможна автоматическая диагностика прибора после включения питания, так же коррекция за рельеф в реальном времени. Эти приборы являются новейшим обновлением фактического отраслевого стандарта, но не отменяет основных положений инструкции. Поэтому методика и техника проведения гравиразведочных работ проектируется в соответствии с инструкцией по гравиразведке.

При изложении гравиметрических исследований всегда целесообразно данные по определению плотности горных пород основных петрографических разностей, слагающих район (участок или месторождение).

В отдельные разделы КП выносятся топогеодезические и камеральные работы. Необходимо помнить, что в гравиразведке, по сравнению со всеми другими

геофизическими методами, самые жесткие требования к планово-высотной привязке пунктов наблюдений, и они четко регламентируются инструкцией.

4.6.2. Магниторазведка

Магнитометрические наблюдения могут включать следующие виды (модификации): наземную магнитную съёмку (включая автомагнитные наблюдения и микромагнитную съёмку); аэромагнитную съёмку, скважинную магнитометрию и магнитный каротаж, гидромагнитные измерения, палеомагнитные наблюдения, метод искусственного подмагничивания (МИП), наблюдение суточных геомагнитных вариаций в нормальном и аномальном полях, лабораторные определения магнитных параметров горных пород и руд, магнитную градиентометрию и другие виды.

В процессе магнитометрических наблюдений используются различные типы аппаратуры – феррозондовые, ядерные, протонные и квантовые магнитометры.

При проектировании магнитометрических работ необходимо пользоваться "Инструкцией по магниторазведке", 1981 и специальной литературой по видам работ (см., например, список литературы в "Инструкции").

Разработке в этом разделе подлежат следующие вопросы:

1. Обоснование вида магнитометрических работ и измеряемой величины поля.
2. Обоснование сети и точности наблюдений на основе разработанной петромагнитной модели объекта исследования. По выбранной сети определяется масштаб отчетной графики (а значит – масштаб съёмки).
3. Выбор необходимой аппаратуры (магнитометр и, если необходимо, соответствующая выбранному магнитометру магнитовариационная станция).
4. Обоснование необходимой технологии работ (техники измерений) для достижения проектной точности работ. При высокоточных работах даже при использовании магнитометров, обеспечивающих точность в 1-2 нТл приходится прибегать либо к созданию опорной сети, либо к измерению и учету вариаций магнитного поля. В высоких широтах и в прибрежных зонах океанов, особенно при аэромагнитных съёмках, для получения повышенной точности часто бывает недостаточно одной магнитовариационной станции. Все это необходимо учитывать при проектировании.
5. Обоснование системы контроля точности наблюдений (объем контроля, площадное его распределение, организация внутреннего и внешнего контроля, планируемые способы оценки точности съёмки на аномальных и не аномальных участках).
6. Обоснование необходимых поправок в наблюденные значения поля и способов обработки материалов (напр., поправка за смещение нуля, за вариации, за девиацию, за нормальный градиент и т.д.).
7. Изображение результатов наблюдений.

При проведении аэромагнитных работ (обычно в комплексе с аэрогаммаспектрометрией) необходимо обосновать предельную высоту и скорость полета самолета (вертолета), методику облета местности, способы привязки рядовых, контрольных, опорных, связующих, повторных и др. маршрутов, а также объемы воздушных и наземных детализационных работ.

Для этого можно пользоваться соответствующей «Инструкцией по крупномасштабной комплексной аэрогамма-магнитной съёмке» и «Инструкцией по составлению и подготовке к изданию карт аномального магнитного поля масштаба

1:1 000 000 и 1:200 000» (см. приложения и соответствующие разделы «Инструкции...», 1981 г.).

Вопросы топогеодезической привязки пунктов наблюдений, камеральной обработки и геологического истолкования магнитометрических данных выносятся в отдельные разделы проекта.

4.6.3. Электроразведка

Электроразведочные работы имеют большое разнообразие и здесь широко используется внутриметодное комплексирование. Поэтому главной задачей при проектировании таких работ является обоснование выбора оптимального комплекса этих методов (модификаций). Здесь на основе ранее составленной геоэлектрической модели объекта разработке подлежат следующие конкретные вопросы:

1. Выбор вида работ (наземная, воздушная, скважинная и др. электроразведка) а также сети наблюдения и масштаба.
2. Выбор измеряемого параметра поля или среды.
3. Выбор аппаратуры, источников питания, видов, размеров установки, рабочей частоты, силы тока, типа заземлителей и т.д. (т.е. расчет параметров установки).
4. Обоснование методики и техники наблюдений. Последовательность применения запроектированных методов. Организация измерений. Точность измерений и способы контроля качества измерений.
5. Выбор формы изображения первичных результатов измерений.
6. Способы преобразования первичной информации для представления в графических документах.

При выборе современной аппаратуры для электроразведочных исследований (например, многоэлектродной электроразведочной аппаратур «Скала-48»), в зависимости от модификации мы должны указать рабочую частоту, режим работы, выбрать тип измерительной установки и ее параметры, а также указать какие используются программные шаблоны для создания и редактирования файлов, с описанием установок, программ для первичной обработки данных (фильтрации, компоновки и экспорта в распространённые форматы (IPI2Win, Res2dInv, Res3dInv)). Особенности параметров схемы наблюдения и регистрации, при проведении полевых измерений с электроразведочной аппаратурой типа «Скала-48, требуют подробного описания в КП.

При выполнении этого раздела также надлежит руководствоваться инструкцией по электроразведке, соответствующими методическими указаниями по применению различных методов электроразведки и другими специальными материалами.

4.6.4. Радиометрия и ядерная геофизика

При использовании этих видов геофизических работ, кроме общих указаний, необходимо учитывать специфику радиоактивных методов исследований.

Характерной чертой методов ядерной геофизики и радиометрии является их малая глубинность, поэтому при проектировании этих методов в полевом (наземном или воздушном) варианте необходимо рассмотреть вопрос о наличии (отсутствии) вторичных ореолов рассеяния радиоактивных элементов в рыхлых отложениях, охарактеризовать состав и мощность этих образований. При значительных мощностях рыхлых отложений (более 5 м) необходимо дополнительное обоснование возможности выявления ореолов рассеяния радиоактивных элементов, в противном случае необходимо обосновать методику специальных глубинных исследований в наземном варианте (шпуры, мелкие скважины и др.).

Здесь в соответствии с действующими инструкциями разрабатываются вопросы выбора густоты сети наблюдений, аппаратуры, источников радиоактивных излучений, режимов измерений, способов эталонирования аппаратуры. Для лабораторных методов анализа важно охарактеризовать методику отбора и подготовки проб к исследованиям. Кроме того, обосновывается необходимая точность наблюдений и объем контроля.

Если используется комплексная аэромагнитная и аэрогамма-спектрометрическая съемки, то целесообразно методику таких съемок описывать в одном разделе.

При проектировании гамма-спектрометрических исследований для поисков нерадиоактивных полезных ископаемых необходимо четкое обоснование этого метода на основе анализа ассоциаций рудных и радиоактивных элементов в исследуемых рудных объектах и во вмещающих (околорудных) породах.

Особенностью проектирования любых модификаций радиометрии и ядерной геофизики является то, что обязательно предусматриваются следующие мероприятия: эталонирование аппаратуры; обосновывается тип эталона, частота, способы и контроль качества эталонирования. Эту часть следует отнести в главу «Аппаратура и оборудование».

Обеспечение радиационной безопасности. Разрабатываемые мероприятия по технике безопасности (загрязнение радиоактивными веществами, предельно допустимые дозы облучения, режим рабочего времени, дозиметрический и санитарный контроль, хранение радиоактивных источников и др.) относятся в раздел: «Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности при проведении геофизических работ».

4.6.5. Геохимические методы исследований (металлометрия)

При использовании геохимических методов исследований разработке подлежат следующие методические вопросы:

- обоснование глубины отбора проб,
- выбор фракции и величины навески проб,
- обоснование элементов-индикаторов того или иного оруденения (на какие элементы будет проведен анализ),
- выбор метода анализа геохимических проб с учетом необходимой чувствительности, экспрессности метода и его стоимости.

При геохимических исследованиях выбор размеров сети необходимо вести на основе теоретических расчетов вторичных ореолов рассеяния или на основе результатов предшествующих работ (по ширине выявленных ореолов). Желательно привлечение статистических данных обоснования оптимальной сети наблюдения.

При геологической интерпретации данных геохимических исследований проводится оценка продуктивности выявленных ореолов металлов. В некоторых случаях удается оценить уровень эрозионного среза оруденения. Описание приемов геологического истолкования полевых наблюдений выносятся отдельным разделом в соответствующую главу проекта «Интерпретация полевого материала».

4.6.6. Сейсморазведка

При использовании и проектировании сейсморазведочных исследований на основе сейсмогеологической модели разреза разработке подлежат следующие вопросы:

- выбор метода и модификации сейсморазведки (МПВ, МОГТ и т.д.);
- расположение сети профилей и расчет системы наблюдений;
- условия возбуждения упругих колебаний;
- условия приема сейсмических волн;
- выбор сейсмостанции, снаряжения и оборудования;
- работа сейсмо-бригады на профиле;
- организация связи, а также полевого контроля качества материалов;
- вспомогательные работы (буровые, взрывные и т.д.).

Параметры системы наблюдений должны выбираться расчетным путем. В КП не допускается выбор системы наблюдения обосновывать лишь экстраполяцией опыта ранее проведенных работ. Исходными данными для таких расчетов могут быть:

- 1) сейсмогеологическая модель среды;
- 2) данные о скоростях распределения упругих волн;
- 3) материалы сейсморазведочных работ (сейсмограммы, временные разрезы и т.д.).

Расчетная система наблюдения должна быть сопоставлена с ранее применяемой. При несовпадении их должны быть объяснены причины расхождения. Расчетная система наблюдения должна быть изображена на обобщенной плоскости либо на рисунке в тексте, либо вынесена на отдельный лист графических приложений.

Условия возбуждения и приема сейсмических волн, как правило, принимаются на основании опыта ранее проведенных работ. При отсутствии таких работ основные параметры возбуждения и приема выбираются путем приблизительных расчетов (расчеты

также выносятся на чертеж). При этом в проекте обязательно предусматривается определенный объем опытно-методических исследований для корректировки расчетных параметров условий возбуждения и приема.

Если проектом предусматриваются только сейсмические работы, то вопросы, подлежащие разработке, могут описываться в виде отдельных глав. Все главы иллюстрируются необходимой графикой в виде рисунков, приложений и т.д. Расчеты сопровождаются таблицами значений расчетных величин, включая и расчеты на ЭВМ.

4.6.7. Геофизические исследования в скважинах

Одна из важнейших задач проектирования геофизических работ в скважинах – выбор рационального комплекса методов, который должен обеспечить надежное решение геологического задания с минимальными затратами сил и средств. Выбор оптимального комплекса определяется геолого-техническими условиями проведения исследований, степенью изученности разреза, его геологической сложностью и др. условиями.

При проектировании геофизических исследований в буровых скважинах надлежит руководствоваться единой «Технической инструкцией по проведению геофизических исследований в скважинах». Геофизические работы на буровой проводятся в соответствии с «Техническими условиями на подготовку скважин для проведения геофизических работ» и «Техническими условиями на геофизические исследования». Мероприятия по технике безопасности выделяются в отдельную главу технико-экономической части проекта.

Эффективность использования скважиной геофизики очень велика, особенно в нефтяной и структурной геологии, где бурение всех скважин сопровождается проведением геофизических исследований. Широко применяются они при поисках рудных и нерудных ископаемых. При инженерно-гидрогеологических исследованиях скважинными геофизическими методами изучаются пористость, обводненность, фильтрационные свойства пород и, наряду с отбором керна, производится геологическое документирование разрезов

Выбор рационального комплекса методов исследования разрезов скважин должен быть направлен не только на эффективное решение геологических и технических задач, но и на снижение стоимости труда скважинных исследований. При изучении рудных скважин необходимо шире использовать методы скважинной геофизики для изучения окоскважинного (межскважинного) пространства.

При проектировании геофизических исследований в скважинах разработке подлежат те же вопросы, что и при проектировании наземных методов, но с учетом специфики каротажных исследований:

1. Разработка априорной ФГМ и описание типовых комплексов для решения аналогичных задач в регионе.
2. Выбор программы исследования, а также выбор и обоснование рационального комплекса работ.
3. Описание геологических и технических задач, решаемых каждым выбранным методом. Программа исследования выбирается в зависимости от назначения самих бурящихся скважин: скважины, бурящиеся на нефть и газ, опорные, поисковые, разведочные, эксплуатационные, структурно-картировочные; скважины, бурящиеся на уголь, руды, минеральное сырье, на воду и др.).
4. Выбор необходимого оборудования и снаряжения (станция, лебедки, зонды, кабели, грузы и т.д.) – исходя из программы исследования.
5. Обоснование методики и техники полевых измерений на скважине (порядок и частота исследования, скорость подъема снаряда, масштаб записи, способ контроля качества измерений и пр.).
6. Описание порядка обработки каротажных диаграмм (проверка диаграмм, предварительная их обработка, определение границ пластов, особенности

обработки данных БКЗ, диаграмм микрозондов, диаграмм радиоактивного каротажа и т.д.).

7. Обоснование методов интерпретации результатов геологических исследований в скважинах (расчленение разрезов, корреляционные схемы, выделение коллекторов, оценка минерализации пластовых вод, определение коэффициентов пористости, нефтенасыщенности пластов, глинистости пород и другие вопросы).

При проектировании геофизических исследований скважин на рудных объектах, исходя из контрастности физических свойств горных пород и руд, в каждом отдельном случае рассматривается возможность применения различных модификаций методов скважинной геофизики. Здесь могут быть применены скважинные варианты различных геофизических методов: скважинная магниторазведка, сейсмоакустические методы просвечивания, скважинные варианты электроразведки (на постоянном и переменном токах, ВП, скважинный вариант пьезоэлектрических методов разведки и т.д.), скважинные варианты регистрации космических излучений и др.

В дополнение к каротажным методам и методам скважинной геофизики планируется определенный объем вспомогательных работ по определению технического состояния скважин: инклинометрия, кавернометрия, термометрия, резистивиметрия и некоторые другие виды работ. В некоторых случаях могут планироваться отбор грунтов стреляющими и сверлящими грунтоносами.

Геофизические исследования скважин (ГИС) и исследования керна, как правило, должны присутствовать при любых комплексных исследованиях. ГИС – это методы геологического и технического документирования проходки скважин, основанные на изучении в них различных геофизических полей. Такое понимание ГИС привело к созданию самостоятельной научно-прикладной отрасли геофизики, которую иногда называют каротаж, или промысловая геофизика.

Этот раздел иллюстрируется различными каротажными диаграммами, рисунками, таблицами. Основные данные выносятся на отдельный лист в виде приложения к проекту.

4.6.8. Петрофизические исследования

Петрофизические исследования используются и проектируются либо для изучения возможностей постановки тех или иных геофизических методов в исследуемом районе (ранее не проводившихся), либо для изучения природы уже выявленных геофизических аномалий.

Выбор конкретных петрофизических методов исследований зависит от конкретных геологических и геофизических задач, решаемых в проекте: исследования физических свойств основных литологических разностей пород района по отдельным профилям; изучение площадной или пространственной зональности изменения физических свойств пород; наконец, случайный, выборочный отбор образцов из обнажений, шурфов, скважин с петрографической диагностикой для выявления общих региональных петрофизических особенностей пород района. При обработке массовых петрофизических данных, как правило, применяются статистические методы анализа.

В этом подразделе разработке подлежат следующие вопросы:

- обоснование густоты сети петрофизических исследований (если есть возможность провести площадные измерения);
- выбор физических параметров для изучения объекта;
- обоснование мощности выборки каждого параметра (количество отбираемых образцов, количество замеров на точке и т.д.);
- выбор установки для измерения (измерительного прибора);
- обоснование методики, техники измерения и порядка работ;
- обоснование методики изучения причин изменения физических свойств горных пород и руд (временная или пространственная зональность) с привлечением петрографических, минералогических, геохимических и др. приемов.

В подразделе «Камеральные работы» проводится интерпретация геофизических данных. Обосновываются возможности использования результатов петрофизических исследований при определении природы геофизических аномалий и геологическом истолковании физических полей, регистрируемых различными геофизическими методами (из запроектированного комплекса).

4.6.9. Аппаратура и оборудование

Геофизическое оборудование – приспособления, применяемые для проведения геофизических работ и обеспечивающие соответствующие условия. Непосредственно измерения выполняются при помощи геофизической аппаратуры, а всё прочее оборудование относится к вспомогательному.

Объем данного подраздела вытекает из акцентов, формулируемых в КП. Если акцент делается на обработку и интерпретацию данных, то подробное описание всего комплекса аппаратуры и оборудования будет перегружать структуру КП, поэтому в разделе дается краткое описание (перечисление), применяемой аппаратуры. Приводится описание прикладных программ для процедур камеральной обработки и интерпретации.

Если же упор делается на особенности выполнения конкретного метода геофизических исследований, то детальное описание всех элементов технологии просто необходимо.

Так, если мы делаем акцент на геофизических методах исследования скважин, то нам необходимо, хотя бы перечисление аппаратуры электрических и электромагнитных методов, радиоактивных методов, акустических методов исследования скважин и т.д.

При использовании методов полевой сейсморазведки необходимо описать работу используемых источников возбуждения упругих волн (взрывные и невзрывные); устройств, воспринимающие упругие колебания и преобразующие их в электрические сигналы (сейсмоприемники или геофоны при наземных работах, пьезоприемники и гидрофоны при работах на акваториях); сеймостанции, включающие многоканальные усилители и регистраторы (аналоговые или цифровые); компьютеры для обработки информации; вспомогательное оборудование (буровые станки, автомобили для транспортировки приемных установок, провода и прочее).

4.6.10. Параметры схемы наблюдения и регистрации

Выбор параметров и схем наблюдений и регистрации также существенно зависят от метода и его модификации (смотрите выше описание конкретного метода).

4.6.11. Топографо-геодезические работы

В этом подразделе разработке подлежат следующие вопросы:

- методы плановой привязки участка работ, включая и космогеодезические варианты (топопривязчики GPS и др.);
- рубка и разбивка магистралей, а также способы проложения профилей или маршрутных линий (инструментальный, полуинструментальный и др.) и их привязка;
- способы закрепления пунктов геофизических наблюдений разных рангов (опорные пункты, КП, магистральные столбы, пункты рядовых наблюдений и др.) на местности;
- обоснование высотного обеспечения геофизических работ (если это необходимо) – техническое, гидростатическое нивелирование, микробаронивелирование, применение гравиметров-высотометров,
- использование стереофотоснимков и т.п.);
- обоснование объемов по видам работ, категории трудности производства топоработ;
- обоснование контроля качества топоработ по всем видам (сведение магистралей и профилей, точность передачи горизонтальных координат, горизонтальных проложений при пикетаже, точность передачи высот и т.д.);

При проектировании подземных геофизических исследований обосновывается необходимый объем и состав маркшейдерских работ. Подраздел иллюстрируется топографической схемой с указанием опорных пунктов, линий расчетных профилей, местоположения бурящихся скважин и т.д.

4.6.12. Метрологический контроль

Важное значение для обеспечения точности запроектированных работ имеет метрологическая проработка основной измерительной аппаратуры. Она касается всех применяемых приборов, инструментов и снаряжения, требующего периодического тарирования (сравнения с эталонами). Проверке подвергаются все основные параметры приборов. Например, для гравиметров типа ГНУ-КС метрологическому контролю подвергаются: температурный коэффициент, сползание нуля прибора, цены деления микрометричного устройства (величина, способ и точность определения).

Для магнитометров всех типов определяется цена деления, величина диапазона, смещение нуля, девиационная погрешность (способы и точность её учета).

Подобной проверке подвергаются аппаратура (вся или по блокам), применяемая в электроразведке, сейсморазведке, радиометрии и в отдельных методах ГИС, скважинной геофизике и аэрометодов и морской геофизике. Метрологическое обеспечение обосновывается и для всех видов топо-геодезических работ и инструментов (теодолиты, нивелиры, гидростатические приборы, угломерные устройства).

При описании метрологического обеспечения работ необходимо конкретно указать все необходимые сведения об обязательных государственных проверках аппаратуры, планируемой для проведения полевых работ: периодичность и сроки проверки, место или организация-исполнитель, состав проверки и итоговый документ, который должен быть получен в результате испытаний аппаратуры. Следует учитывать, что из-за специфики геофизической аппаратуры зачастую метрологический контроль ее проводится не в Государственных центрах по метрологии, а в лабораториях специализированных геофизических организаций, обладающих соответствующими разрешениями (например, некоторые гравиметрические экспедиции, имеющие специальные полигоны, заводыизготовители геофизической аппаратуры и др.).

4.6.13. Камеральные работы

Этот раздел является логическим продолжением раздела «Методика и техника полевых работ». Он включает в себя основные вопросы методики и техники обработки материалов полевых физических наблюдений конкретно по каждому методу (магниторазведка, гравиразведка, электроразведка, радиометрия, сейсморазведка, исследования в скважинах, петрофизические исследования т.д.) до получения отчетной карты изучаемого параметра. Сюда включаются следующие вопросы:

1. Методика вычисления измеряемого параметра (поля или среды). Основные рабочие формулы для расчета. Контроль правильности расчета («во вторую руку»). Расчет измеряемых значений на опорных пунктах и увязка опорной сети (если это необходимо).
2. Обоснование необходимости введения соответствующих поправок в расчетные значения измеряемых величин. Обоснование ведется отдельно для каждого метода с учетом специфики применяемого геофизического метода. Например, для гравиразведки такими поправками будут: поправки за температуру, за смещение нуля гравиметра, за высоту точки стояния, за промежуточный слой, за окружающий рельеф и др. В сейсморазведке вводятся обычно кинематические и статические поправки (за фазу, за зону малых скоростей, за изменение глубины пункта взрыва и т.д.). В последнее время все технологические приемы этого плана выполняются на ЭВМ, однако в дипломном проекте недопустимы просто ссылки на имеющиеся программы – необходимо описать алгоритмы решения.

3. Расчет точности полевых измерений (точность наблюдений, точность выделения аномальных значений поля или параметров среды). Расчетные формулы и допустимые расхождения.
4. Способы представления полевого материала: графики, планы графиков, планы изолиний поля Δg , T , ΔV и др., или физических параметров среды (σ , χ , ρ_k , η_k и др.), годографы, полярные диаграммы, корреляционные и спектральные функции поля или значений параметров среды и т.д.
5. Применение технических средств обработки, включая и машинные технологии. Основные алгоритмы и программы счета. Виды трансформаций исходного поля. Порядок и сроки подготовки данных полевых измерений для обработки на ПЭВМ. Характер выходной информации и способы ее представления.
6. Сроки и продолжительность камеральных работ (предварительных и окончательных). Перечень основных графических материалов, которые будут приложены к отчету. Масштабы оперативной и отчетной графики.

Раздел иллюстрируется рисунками, схемами, таблицами примеров обработки и представления материалов камеральных работ.

4.6.14. Геологическая интерпретация геофизических данных

Этот раздел является продолжением раздела 4.6.13 «Камеральные работы» и может быть с ним объединен по смыслу. Геологическая интерпретация, как правило, проводится комплексно, с учетом специфики физико-математической интерпретации каждого применяемого геофизического метода в отдельности, с максимальным привлечением всей имеющейся геологической информации об объекте исследования. Выбор конкретных методов интерпретации обосновывается в зависимости от метода исследования и способа представления исходной информации. Например, цифровая регистрация полевых измерений в сейсморазведке, морской магнитометрии заранее предусматривает всю обработку и интерпретацию проводить в автоматизированном режиме.

Разработке здесь подлежат следующие вопросы:

1. Методы преобразования исходных данных для разделения полей. (выделение нормального фона, аномалий разного порядка, частотный спектр амплитуд наблюдаемых величин и т.д.). Признаки аномалий и способы их выделения.
2. Методы качественной интерпретации наблюдаемых полей и районирование геофизических аномалий. Обоснование приемов извлечения полезной информации и необходимости интерпретации. Вероятностно-статистические приемы обработки измерений.
3. Количественные приемы интерпретации (аналитические, графические, графоаналитические, палеточные, интегральные, вероятно-статистические и др.) Применение автоматизированных систем интерпретации на основе использования ПЭВМ и др.
4. Комплексная геологическая интерпретация полученных полей (признаков).
5. Классификация геологических объектов по комплексу геофизических признаков (если возможно – на основе алгоритмов распознавания образов). Прогнозная оценка изучаемого объекта по геофизическим данным на основе формализованных алгоритмов с применением ПЭВМ.
6. Способы представления результатов интерпретации (геологические разрезы, структурные и литологические карты, таблицы расчета запасов полезного ископаемого, прогнозные планы для поисков и др.).

Ниже приведены примеры графов обработки и интерпретации для разных методов.

Граф обработки и интерпретации для гравиразведки и магниторазведки включает в себя следующие этапы:

1. Первичная обработка полевых наблюдений опорных и рядовых рейсов,
2. уравнивание опорной сети, введение поправок, вычисление аномалий $\Delta g_{\text{Буге}}$.

3. Окончательная обработка материалов и построение графиков и карт (изоаномал, изодинам и т.д.). Здесь должны быть обоснованы вертикальный и горизонтальный масштабы, сечение изолиний отчетных карт.
4. Геологическая интерпретация результатов предусматривает качественный и количественный этапы.

Обоснование выбора способов трансформаций гравитационных и магнитных полей. Граф обработки и интерпретации для электроразведки включает в себя следующие этапы:

1. Первичная обработка: вычисление значений ρ_k , построение графиков или кривых ρ_k , определение сопротивлений пластов, продольного сопротивления и т.д.
2. Построение геоэлектрических разрезов.
3. Геологическая интерпретация карт и графиков различных параметров.

Граф обработки и интерпретации для сейсморазведочных работ включает в себя следующие этапы:

1. Первичная обработка полевых материалов (статические поправки, скорости).
2. Выбор автоматизированной системы обработки. Описание графа обработки.
3. Основные параметры цифровой обработки.
4. Методика интерпретации временных разрезов и построение глубинных.
5. Построение структурных карт и схем.

Раздел иллюстрируется рисунками, диаграммами, графиками. Возможно создание одного графического приложения с представлением на нем всей необходимой информации по разделу.

4.7. Специальная глава

При написании исследовательской работы студент в КП должен отразить результаты в виде специальной главы. Содержание спецглавы может стать основой всей работы.

Тема исследовательской работы устанавливается руководителем и может быть посвящена различным актуальным вопросам прикладной геофизики, экономики, организации и смежным вопросам. Общий объем КП, в этом случае, также не должен превышать 30-50 страниц машинного текста.

Структура работы и перечень разделов, подлежащих разработке, в каждом конкретном случае устанавливается руководителем.

Вместе с тем, во всех КП желательным является присутствие разделов по охране труда, экономике и организации производства (научно-исследовательских, экспериментальных работ, желателен раздел по ОБЖ). Задание на разработку этих разделов дает соответствующий консультант или руководитель.

Перечень графических приложений к работе также устанавливается руководителем. Рекомендуются один из листов использовать для иллюстрации геологии района (геологическая карта, стратиграфическая колонка, геологогеофизический разрез, легенда). Общее количество иллюстративной графики должно быть не менее пяти листов.

Задача дипломника в данном разделе – обосновать геолого-экономическую эффективность от внедрения предлагаемого научного или практического исследования.

Здесь с исследовательским уклоном углубленно прорабатываются отдельные вопросы прогрессивных методик исследования, эффективных методов обработки и интерпретации геофизических данных. Глава, как правило, пишется на основе материалов по выполнению индивидуального задания производственных практик, на основе личных научно-исследовательских поисков в системе НИРС или на основе тематических заданий или разработок на производственных организациях.

Практическая ценность результатов исследования определяется возможностью рекомендовать их для внедрения в производство.

В качестве рассмотренных тем могут быть:

5. Углубленный анализ отдельных геофизических методов исследования на конкретных объектах и оценка их эффективности и геологической информативности.
6. Петрофизические особенности изучаемого геологического объекта и связь петрофизических параметров со структурой наблюдаемого физического поля. Физико-геологическая модель объекта или среды.
7. Статистическая оценка информативности отдельных наблюдаемых физических полей и параметров среды.
8. Методы трансформации физических полей с целью обнаружения и выявления физических аномалий различного порядка, или выявления скрытых периодичностей.
9. Применение новых геофизических методов и их модификаций в конкретных геологических условиях. Обобщение опыта такого применения (например, скважинных, подземных или морских вариантов магниторазведки, электроразведки, сейсморазведки, гравиметрии; применение космических лучей и т.п.).
10. Разработка полевых методов качественной или количественной интерпретации по отдельным видам и методам геофизических исследований.
11. Обобщение и углубленный анализ существующих методов количественной интерпретации (по отдельным методам), или в комплексе.
12. Методы топографического обеспечения геофизических работ (радиогодезическая привязка, микробаронивелирование, гравиметрические поправкомеры, стереофотограмметрия, космическая геодезия и др.).
13. Влияние топографического рельефа на общую структуру наблюдаемых физических полей (магнитных, электрических и т.д.).
14. Применение ПЭВМ при обработке и интерпретации геофизических данных. Использование автоматизированных систем обработки и интерпретации геофизических материалов (по методам или в комплексе) и др.
15. Опыт геофизических исследований за рубежом (по методам или по объектам).

Приведенные темы не исчерпывают всего их разнообразия, поэтому в каждом конкретном случае исследовательскую тему следует согласовать с руководителем проектирования.

Раздел метрологической проработки для работ особо актуален и также необходим, однако, поскольку исследовательская работа обычно выполняется по типу научно-технического отчета, здесь указывается состав и результаты метрологического контроля, который был проведен для использовавшейся аппаратуры (возможно, компьютерной техники).

5. Техничко-экономическая часть

В данной главе, в краткой форме отражаются расходы на проведение проектируемых работ, рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности и мероприятия по обеспечению экологической устойчивости и охране окружающей среды. Большая часть вопросов, связанных с организационной стороной работы: техникой безопасности, экономикой, экологией и т.д. отражается в КП (Раздел 2 Экономика отрасли).

6. Оформление курсового проекта

Оформление осуществляется в соответствии с «Методическими указаниями по оформлению Выпускной квалификационной работы для студентов по специальностям 21.05.03 Технология геологической разведки.» 2025 г.

7. Защиты курсового проекта

Защита выполняется в виде дифференциального зачета на последнем занятии по Разделу 7. Комплексирование геофизических работ, КП при наличии переплетенного печатного текста работы. Студент должен сделать доклад не более 7-10 минут, с целью

установления соответствия выполненного проекта выданному заданию, достаточности объема, глубины индивидуальной проработки всех его разделов, качества выполнения и оформления текстовой и графической частей проекта, реальности специальной главы и т.д.

Общая оценка складывается на основе оценок научного руководителя, качества и полноты доклада, правильности и полноты ответов на каждый вопрос. При определении итоговой оценки проекта (работы) принимается во внимание уровень научной и практической подготовки студента.

Курсовой проект, как правило является основой для написания дипломного проекта. выносится отдельное решение о реальности всего проекта или отдельных его частей.

8. Список использованной литературы

1. Бондаренко В.М., Демура Г.В., Ларионов А.М. Общий курс геофизических методов разведки: Учебное пособие для техникумов. М.: Недра. 1986. – 53 с.
2. Вахромеев Г.С., Ерофеев Л.Я. и др. Петрофизика: Учебное пособие для вузов. – Томск: Издательство Том.Ун-та, 1997.462 с.
3. Гурвич И.И. Сейсморазведка. Издание третье, переработанное и дополненное. М., «Недра», 1975. 408 с.
4. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. – М.: Недра. – 1980.
5. Дягилева А.И., Андриевич В.В. Основы геофизических методов разведки – Учебник для техникумов. – М.: Недра, 1987. – 288 с., ил
6. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири // Новосибирск: изд-во СО РАН, филиал “ГЕО”, 2002.
7. Корнев В.А. Прогнозирование объектов для поисков залежей углеводородного сырья по сейсмогеологическим данным (на примере осадочного чехла Западной Сибири). – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2000. – с. 374.
8. Магниторазведка. Справочник геофизика. .Под ред. В.Е.Никитского, Ю.С Глебовского. М.:Недра, 1980. – 367 с.
9. Нежданов А.А. Геологическая интерпретация сейсморазведочных данных: Курс лекций. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2000. – С. 133.
10. Сейсморазведка. / Справочник геофизика (под ред. Номоконова В.П.). – В 2-х томах. – М.: Недра. – 1990.