

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

Методические указания

по выполнению лабораторных работ по дисциплине

ГРАВИРАЗВЕДКА

Направление
подготовки/специальность
Направленность
(профиль)/специализация

21.05.02 Прикладная геология

Геология месторождений нефти и газа

Ставрополь, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 Сущность гравirazведки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 Градиенты, нормальное значение и аномалии силы тяжести

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 Редукции силы тяжести

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 Способы измерения силы тяжести

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 Методика гравirazведки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 Обработка гравirazведочных данных

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 Прямые и обратные задачи гравirazведки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8 Интерпретация гравirazведочных данных

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 Примеры применения гравirazведки

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Требования к оформлению отчета по выполнению лабораторных работ

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Инструктаж по технике безопасности

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ВВЕДЕНИЕ

Гравиразведка – один из ведущих геофизических методов, основанных на изучении аномалий гравитационного поля Земли. Гравитационные аномалии обусловлены плотностными неоднородностями тел, составляющих земную кору.

Гравиразведка в комплексе геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых выполняется одной из первых. С помощью гравиразведки решается широкий спектр геологических задач, начиная с изучения глубинного строения земной коры и заканчивая нахождением месторождений полезных ископаемых с указанием характеристик объектов, составляющих данное месторождение. Полевые данные, как правило, допускают несколько вариантов геологической интерпретации, в связи с чем, современная прикладная геофизика представляет собой комплекс методов, направленных на получение наиболее полной и адекватной картины изучаемой части земной коры.

Сегодня, за счет появления высокоточной геофизической аппаратуры, гравиразведка активно используется при решении задач инженерной геофизики, а также археологии. Такие приборы позволяют также проводить детальные крупномасштабные съемки, что открывает большие возможности для обнаружения перспективных, но малоинтенсивных локальных объектов, уточнения характеристик и непосредственного мониторинга залежей.

Дисциплина «Гравиразведка» ставит своей целью формирование у будущего специалиста знаний о природе гравитационного поля, методах его исследования и геологической интерпретации гравитационных аномалий, а также овладение навыками организации и проведения гравиразведочных работ.

В связи с этим основными задачами изучения дисциплины являются:

- приобретение знаний о методах научного познания природы, о современной физической картине мира, свойствах вещества и поля;

- приобретение знаний о методах проведения гравиразведочных исследований;
- приобретение знаний об устройстве и принципах работы гравиразведочной аппаратуры;
- приобретение знаний о способах решения прямой и обратной задач гравиразведки;
- приобретение знаний о методах построения и интерпретации гравитационных карт;
- развитие навыков использования современной гравиразведочной аппаратуры при проведении гравиразведочных работ;
- приобретение навыков обработки и интерпретации результатов гравиразведочных измерений;
- овладение навыками построения физико-геологических моделей и решения конкретных геолого-геофизических задач различной степени сложности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Гравитационное поле Земли и его характеристики

Цель работы: количественная оценка составляющих поля силы тяжести Земли и влияния ближайших небесных тел, знакомство со структурой гравитационного поля и единицами его измерения.

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

1. Сила тяжести, напряженность и потенциал поля силы тяжести

Между любыми двумя точечными массами действует сила притяжения, определяемая законом всемирного тяготения Ньютона:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}, \quad (1)$$

где m_1 и m_2 – взаимодействующие массы, G – гравитационная постоянная, r – расстояние между центрами масс.

Тела действуют друг на друга не непосредственно, а через гравитационное поле, создаваемое ими. С этой точки зрения взаимодействие делится на два этапа: 1) первое тело создает в пространстве вокруг себя поле, направленное на себя; 2) второе тело, попав в поле первого, испытывает на себе действие этого поля. Аналогично второе тело действует на первое. При этом поля обоих тел простираются от них до бесконечности. Говорят, гравитация действует в каждой точке Вселенной.

Если в поле некоторого тела поместить единичную массу, то сила, с которой поле действует на эту массу в данной точке, является однозначной характеристикой поля, и называется напряженностью гравитационного поля в данной точке:

$$g_{np} = G \frac{m}{r^2},$$

(2)

где g_{np} – напряженность гравитационного поля (ускорение силы притяжения), m – масса, создающая поле притяжения, r – расстояние от центра этой массы до исследуемой точки. Формула справедлива для точечных и сферических масс, а также однородного шара, если поле брать за пределами шара.

Из II закона Ньютона следует, что напряженность поля численно равна ускорению, которое приобретает тело в данной точке поля, поэтому g_{np} называют ускорением силы притяжения.

На материальную точку массой m , находящуюся на поверхности Земли массой M и радиуса R , действует сила притяжения $\vec{F}_{np}$ со стороны Земли, которая направлена к ее центру и, обусловленная суточным вращением планеты, центробежная сила $\vec{F}_{цб}$, направленная по радиусу ρ окружности, которую описывает точка, от центра окружности (рис. 1):

$$F_{np} = G \frac{M \cdot m}{R^2}, \quad (3)$$

$$F_{цб} = m\omega^2 \rho, \quad (4)$$

где $\omega = \frac{2\pi}{T}$ – круговая частота вращения Земли, $T=24$ ч – период обращения Земли.

Силой тяжести называют суммарную силу, действующую на материальную точку со стороны Земли:

$$\vec{P} = \vec{F}_{np} + \vec{F}_{цб}. \quad (5)$$

Значение силы тяжести рассчитывается согласно теореме косинусов (см. рис. 1):

$$P = \sqrt{F_{np}^2 + F_{цб}^2 - 2 F_{np} F_{цб} \cos \phi} \quad (6)$$

Аналогично ускорение силы тяжести равно сумме ускорения силы притяжения и ускорения центробежной силы:

$$\vec{g} = \vec{g}_{np} + \vec{g}_{цб}, \quad (7)$$

где

$$g_{цб} = \frac{F_{цб}}{m} = \omega^2 \rho \quad (8)$$

и

$$g = \sqrt{g_{np}^2 + g_{цб}^2 - 2 g_{np} g_{цб} \cos \phi}. \quad (9)$$

Гравитационное поле является потенциальным (безвихревым, незамкнутым), т. к. работа, совершаемая гравитационной силой, зависит лишь от начального и конечного положений тела, и не зависит от траектории, по которой тело движется.

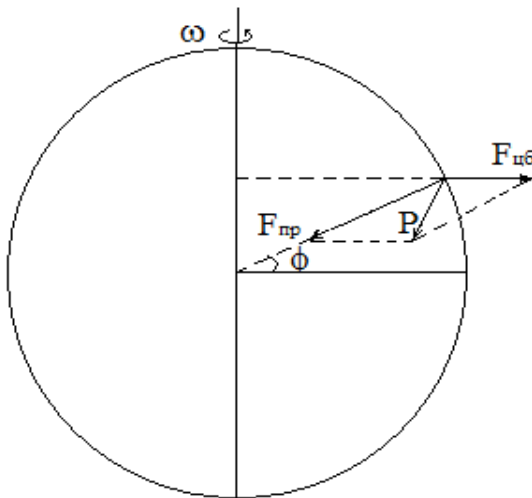


Рис. 1. Силы, действующие на материальную точку вблизи поверхности Земли.

Любое потенциальное поле обладает потенциальной энергией. Характеристикой энергии поля является потенциал V , который

определяется как работа силы по перемещению единичной точечной массы из бесконечности в данную точку поля. Для точечных и сферических масс, а также однородного шара в пространстве вокруг шара потенциал поля притяжения определяется, как:

$$V_{np} = G \frac{m}{r}, \quad (10)$$

а для протяженных непрерывных масс – как объемный интеграл:

$$V_{np} = G \iiint_v \frac{dm}{r} \quad (11)$$

Потенциал центробежной силы определяется по формуле:

$$V_{цб} = \frac{\omega^2 \rho^2}{2}. \quad (12)$$

Потенциал силы тяжести V равен сумме потенциала притяжения V_{np} и потенциала центробежной силы $V_{цб}$:

$$V = V_{np} + V_{цб}. \quad (13)$$

Напряженность и потенциал связаны соотношением: $g_r = \frac{\partial V}{\partial r}$ (r – направление вдоль которого считается напряженность).

Кроме указанных двух сил, в поле силы тяжести Земли вносят свой вклад посторонние источники (Солнце, Луна и др.), а также неоднородности внутреннего строения Земли. Влияние посторонних источников в первом приближении можно оценить по закону Ньютона.

2. Единицы измерения

Напомним, что единицей измерения силы в системе СИ является 1 H (Ньютон).

Единицей ускорения силы тяжести g в системе СИ является 1 $м/с^2$. В гравиметрии используется специальная единица, названная *галом* в честь итальянского физика Г. Галилея: 1 $Гал = 1 см/с^2$. Еще чаще используется более мелкая единица 1 $мГал = 10^{-3} Гал = 10^{-5} м/с^2$.

Единицей потенциала в системе СИ является 1 $Дж/кг$.

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:

- Используя справочные данные, приведенные в конце лабораторной работы, вычислите значение силы тяжести $\vec{P}$ и потенциала силы тяжести V для точки, находящейся на поверхности Земли на широте φ . Землю считать однородной сферой. Сравнить величины F_{np} и $F_{цб}$, а также V_{np} и $V_{цб}$. Определите, можно ли вкладывать одинаковый смысл в понятия «сила притяжения» и «сила тяжести»? Значение φ взять из таблицы 1.

Таблица 1

Значения географической широты φ

№ варианта	φ , град
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70
8	80
9	90
10	100
11	110
12	120

13	130
14	140
15	150
16	160
17	170
18	180
19	45
20	135

2. Вычислите суммарное гравитационное влияние Луны и Солнца на точку, находящуюся на поверхности Земли со стороны Луны, если:
- Луна находится на прямой линии между Солнцем и Землей (солнечное затмение);
 - Земля находится на прямой линии между Солнцем и Луной.

Орбиты планет считать круговыми.

3. Вычислить в точке В силу притяжения залежи сферической формы (рис.

2) радиусом R и глубиной залегания центра H , если плотность руды $\sigma_p = 3,0 \text{ г/см}^3$, плотность вмещающих пород $\sigma_{вп} = 2,5 \text{ г/см}^3$. При

расчете массы тела использовать

избыточную плотность $\sigma = \sigma_p - \sigma_{вп}$.

Значения R и H взять из таблицы 2.

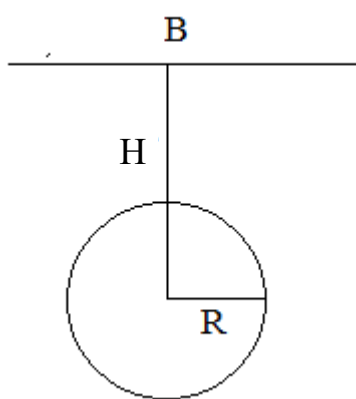


Рис. 2. Залёжь сферической формы.

Таблица 2

Значения радиуса залежи R и глубины залегания центра залежи H

№ вариан.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R (м)	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>350</i>	<i>400</i>	<i>450</i>	<i>500</i>
H (м)	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>300</i>	<i>400</i>	<i>500</i>	<i>600</i>	<i>700</i>	<i>800</i>	<i>900</i>	<i>1000</i>
№ вариан.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R (м)	<i>70</i>	<i>120</i>	<i>150</i>	<i>240</i>	<i>280</i>	<i>320</i>	<i>340</i>	<i>480</i>	<i>470</i>	<i>800</i>
H (м)	<i>120</i>	<i>210</i>	<i>200</i>	<i>410</i>	<i>530</i>	<i>500</i>	<i>740</i>	<i>860</i>	<i>910</i>	<i>1000</i>

Справочные данные:

Гравитационная постоянная: $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$.

Массы:

Земли: $M_z = 5,975 \cdot 10^{24} \text{ кг}$,

Луны: $M_l = 7,326 \cdot 10^{21} \text{ кг}$,

Солнца: $M_c = 1,985 \cdot 10^{30} \text{ кг}$.

Средние радиусы:

Земли: $R_z = 6371 \text{ км}$,

Луны $R_l = 1750 \text{ км}$,

Солнца $R_c = 690000 \text{ км}$.

Расстояния:

Земля–Луна: $R_{z-l} = 384400 \text{ км}$,

Земля–Солнце: $R_{z-c} = 149,504 \cdot 10^6 \text{ км}$.

✓ Данные по выполненной работе занести в отчет

Содержание отчета

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

Контрольные вопросы:

1. Сила тяжести, сила притяжения, центробежная сила.
2. Напряженность и потенциал поля силы тяжести.
3. Чему равны составляющие силы тяжести на экваторе и на полюсе Земли?
4. При разведочных гравиметрических работах необходимо ли учитывать центробежную силу? Надо ли учитывать влияние Луны и Солнца?
5. Если считать Землю эллипсоидом вращения, сплюснутым с полюсов, то, как изменятся составляющие силы тяжести на экваторе и полюсе по сравнению со сферической Землей?
6. Измерения какой точности надо провести, чтобы зафиксировать аномалию, вызванную рудным телом (Задание 3).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Градиенты, нормальное значение и аномалии силы тяжести

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, уравнивающей 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 оборотные 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.

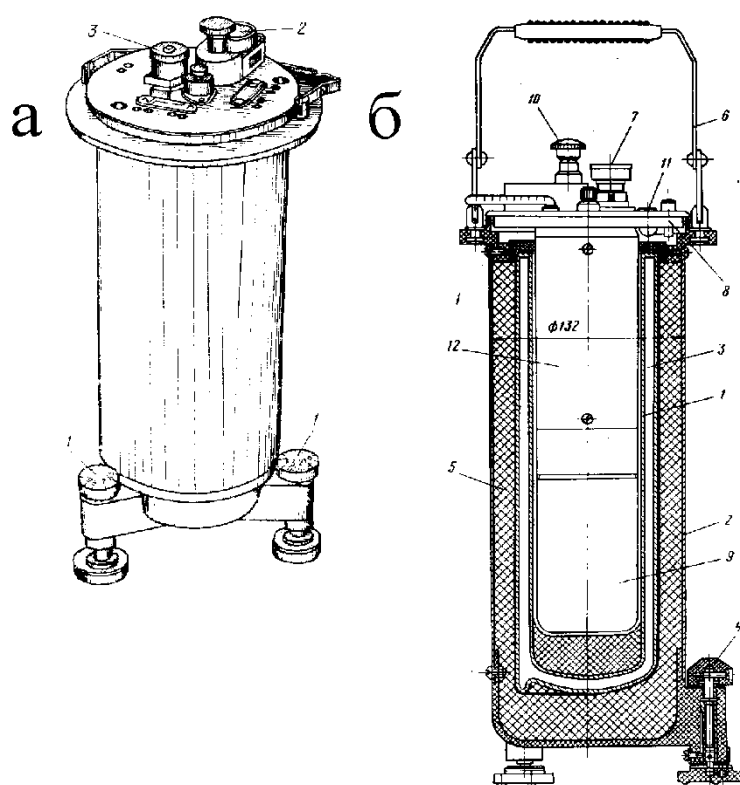


Рис. 1. Общий вид гравиметра ГНУ/К-В.

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 микрометричным 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 с

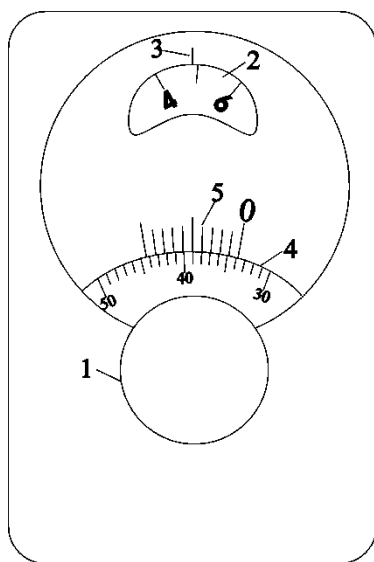


Рис. 3. Вид отсчетного устройства гравиметра ГАК-7Т.

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 Δg

✓ **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?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Редукции силы тяжести

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:

$$g_1 = g_{оп1} + \Delta g_1,$$

$$g_2 = g_{on1} + \Delta g_2,$$

$$g_i = g_{on1} + \Delta g_i, \quad (2)$$

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.

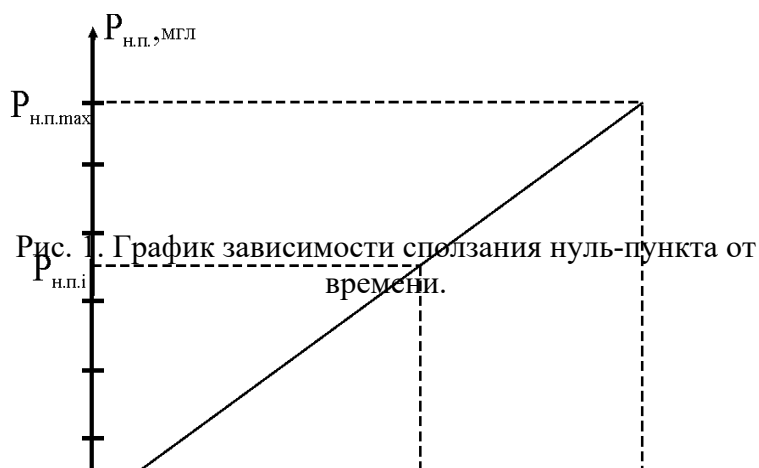
Затем приступают к обработке данных. Вычисляют для каждой точки разность отсчетов, вычитая из отсчетов на каждой точке самый первый отсчет на опорной точке:

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

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:

$$C = 5 \text{ мГал/об}, \quad g_{\text{он1}} = 981290.00 \text{ мГал}, \quad g_{\text{он2}} = 981308.90 \text{ мГал}.$$

Таблица 1

Полевые данные звена гравиметрического рейса с результатами ее обработки

Профиль, пикет	t^0 (°C)	Время (ч:мин)	Отсчет (об)	Δg (мГал)	$g_{\text{абс.}}$ (мГал)	Поправка за сполз. 0	$g_{\text{испр.}}$ (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,	t^0	Время,	Отсчет,	Δg	$g_{\text{абс.}}$	Попр.	$g_{\text{испр}}$
-----	-------	--------	---------	------------	-------------------	-------	-------------------

ПК	(°C)	(ч:мин)	(дел)	(мГал)	(мГал)	за сполз. 0	(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 $g_{on1} = 981226.15$. Цены делений при средней температуре звена 15.5^0 и значения g_{on2} приведены в таблице 3:

Таблица 3

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

№ вариан.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	+5.5	+4.25	+0.550	+5.25	+8.50	-5.51	-4.25	-10.55	-5.25	-8.50
мГал/об	10	0		0	0	0	0			0
g_{on2}	233.5	232.0	243.05	233.5	238.3	218.2	218.0	210.5	219.1	211.5
(мГал)	0	0		0	1	9	1	6	0	0
№ вариан.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C	+5.2	+4.55	+10.15	+5.35	+8.40	-5.21	-4.20	-10.25	-5.35	-8.70
мГал/об	10	0	0	0	0	0	0			0
g_{on2}	233.5	232.0	243.05	233.5	238.3	218.2	218.0	210.5	219.1	211.5
(мГал)	0	0		0	1	9	1	6	0	0

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

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

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 $g_{испрi}$ 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?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Способы измерения силы тяжести

Цель работы: овладение навыками вычисления редукций и аномалий силы тяжести.

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

1. Нормальное гравитационное поле Земли

Нормальным значением ускорения силы тяжести γ называется ускорение сила тяжести, обусловленное суточным вращением и притяжением Земли, в предположении, что она состоит из однородных по плотности концентрических слоев. В гравиразведке все данные гравиметрических наблюдений приводятся к уровню геоида. **Геоидом** называется уровенная поверхность (т. е. поверхность, в каждой точке которой ускорение силы тяжести $\vec{g} = \vec{g}_{np} + \vec{g}_{цб}$ направлено строго перпендикулярно), совпадающая с невозмущенным уровнем морей и океанов. Нормальное значение ускорения силы тяжести на поверхности геоида рассчитывается по формуле:

$$\gamma = g_0 \left(1 + \beta \sin^2 \phi - \beta_1 \sin^2 2\phi + \beta_2 \cos^2 \phi \cos 2\lambda \right), \quad (1)$$

где ϕ – географическая широта, а λ – долгота точки, для которой рассчитывается нормальное значение.

Последнее слагаемое в скобках играет роль только при гравиметрических съемках обширных (по площади сравнимых с материками) территорий, поэтому в большинстве случаев его опускают.

Значения g_0 – ускорения силы тяжести на экваторе и коэффициентов, входящих в формулу нормального поля неоднократно уточнялись. На основании данных, полученных спутниками при изучении гравитационного поля Земли, Международным союзом геофизики и геодезии в 1971 г. на ассамблее в г. Москве была рекомендована следующая формула для нормального значения ускорения силы тяжести (мГал):

$$\gamma = 978031,8 \cdot (1 + 0,0053024 \sin^2 \phi - 0,0000059 \sin^2 2\phi). \quad (2)$$

2. Редукции силы тяжести

Чтобы выявить аномалию силы тяжести, нужно сравнить наблюдаемое поле с нормальным полем. Однако силу тяжести обычно наблюдают на физической поверхности Земли, а нормальное поле определено для поверхности геоида, которая близка к уровню моря.

Поэтому для решения этой проблемы прибегают к процедуре, которая называется редуцированием силы тяжести. Эта процедура включает в себя введение поправок за высоту, за притяжение промежуточного слоя и некоторых других поправок, в случае, если необходимо получить высокую точность измерений (поправки за рельеф, за лунные и солнечные приливы, изостатические поправки).

Обычно говорят, что нужно привести значения силы тяжести к их значениям на уровне моря, то есть нужно получить такие значения поля, которые бы мы имели на уровне моря.

При этом, конечно, точки наблюдений никуда не перемещаются – эта процедура лишь воображаемая.

Поправки к наблюдаемым значениям ускорения силы тяжести называются редуциями силы тяжести.

Основными из них являются поправки за высоту, за притяжение промежуточного слоя и окружающий рельеф.

Поправка Фая, иначе называемая поправкой за «свободный воздух» или высоту, вводится для того, чтобы учесть разницу высот между точкой наблюдений и уровнем моря. Название «за свободный воздух» поправка получила за то, что в ней не учитывается влияние масс, расположенных между точкой наблюдений и уровнем моря, то есть точки наблюдений как бы «висят в воздухе».

Редукция Фая рассчитывается по формуле (мГал):

$$\delta g_{\phi} = 0,3086 \cdot h, \quad (3)$$

где h (м) – высота точки наблюдения над уровнем моря.

Поправка Фая прибавляется к наблюденному значению ускорения силы тяжести если точка наблюдений находится выше уровня моря и вычитается из него если точка наблюдений находится ниже уровня моря.

Поправку за притяжение промежуточного слоя вводят для учета масс, расположенных в слое между физической поверхностью и уровнем моря.

Вообще говоря, чтобы учесть влияние масс в этом слое, нужно принять во внимание и то, какую форму имеет физическая поверхность (рельеф), и то, как распределена плотность в этом слое. В такой постановке это неразрешимая задача, поскольку распределение плотности в слое заранее неизвестно. Поэтому на практике делают допущения, в частности, промежуточный слой представляют как горизонтальный однородный (плотность постоянна) слой, проходящий через данную точку наблюдений.

В таком случае, поправку за притяжение промежуточного слоя можно рассчитать по формуле (мГал):

$$\delta g_{n.c.} = 0.0419 \cdot \sigma \cdot h \quad (4)$$

где h (м) – высота точки наблюдения над уровнем моря, σ (г/см³) – плотность промежуточного слоя.

Поправка за притяжение промежуточного слоя по знаку всегда обратна поправке Фая.

Суммарная поправка за высоту и за притяжение промежуточного слоя называется поправкой (или редукцией) Буге:

$$\delta g_B = \pm \delta g_{\phi} \mp \delta g_{n.c.} \quad (5)$$

Поправка за рельеф или топографическая поправка вводится в районах с сильно пересеченным рельефом. В таких районах поправка за промежуточный слой становится слишком грубым приближением (модель горизонтального однородного слоя уже недопустима) и возникает

необходимость учитывать влияние рельефа с помощью введения дополнительной поправки.

Очевидно, что для ее вычисления нужно иметь данные об окружающем рельефе. Как правило, для вычисления этой поправки используют специальные компьютерные программы; раньше применялись палетки.

Поправка за рельеф всегда является положительной.

При высокоточной съемке возникает необходимость учета **притяжения Луны и Солнца**. Это дополнительное притяжение возникает при приливах в твердой оболочке Земли, которые достигают максимальных значений в четверть метра.

Влияние солнечно-лунного притяжения учитывают с помощью специальных графиков, полученных по астрономическим данным. Максимальное значение поправки для Луны – 0,25 мГал, для Солнца – 0,1 мГал.

3. Аномалии силы тяжести

Аномалией силы тяжести называется разность между наблюдаемым (измеренным) g_i и нормальным γ значениями силы тяжести:

$$g_a = g_i - \gamma \quad (6)$$

– при измерениях на уровне моря.

При измерениях не на уровне моря, к наблюдаемому значению прибавляются поправки. Аномалия, при расчете которой использовалась поправка Буге, называется аномалией в редукции Буге. Таким образом, аномалию Буге рассчитывают по формуле:

$$g_{aB} = g_i + \delta g_B - \gamma. \quad (7)$$

Большую роль при вычислении аномалий Буге играет правильный выбор плотности промежуточного слоя. При слишком завышенной, либо слишком заниженной плотности получается отрицательная, либо

положительная корреляция поля и высотных отметок.

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. Используя таблицу высот пунктов наблюдений и значения $g_{испр.i}$ из предыдущей лабораторной работы (ЛР №3) в соответствии со своим вариантом определите аномалию Буге для каждой точки наблюдения. Возьмите значение широты $\varphi = 45^\circ$, и значение плотности промежуточного слоя $\sigma = 2 \text{ г/см}^3$. Заполните таблицу 1.

Таблица 1

№ п/п	координаты точки r_i , м	h_i , м	$g_{испр.i}$, мГал	γ , мгал	δg_B , мгал	$g_{аб}$, мГал

2. Постройте график аномалий Буге и качественно проанализируйте его. Используйте данные из таблицы 2.

Таблица 2

Таблица высот пунктов наблюдения:

Координаты пункта r_i , м	Высота h_i , м	Координаты пункта r_i , м	Высота h_i , м
0	565	45	573
5	565	50	573
10	566	55	575
15	567	60	576
20	566	65	577
25	569	70	578
30	570	75	580
35	572	80	579

40	571	85	580
----	-----	----	-----

✓ Данные по выполненной работе занести в отчет

Содержание отчета

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

Контрольные вопросы:

1. Геоид. Нормальное значение силы тяжести Земли.
2. Редукции силы тяжести.
3. Аномалии силы тяжести.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Методика гравirazведки

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

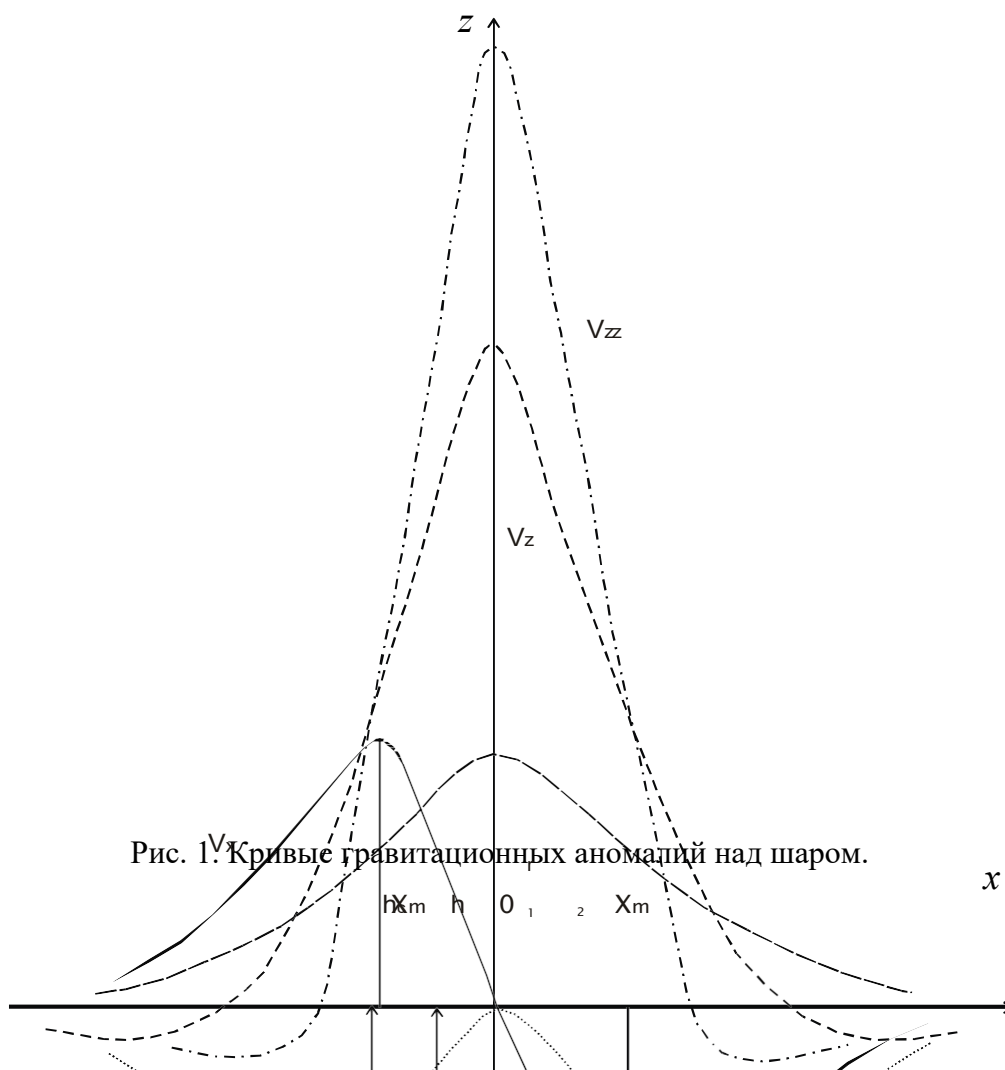
Оборудование и материалы: работа выполняется вручную (для численных расчетов используется инженерный калькулятор) либо на компьютере (системные требования – Windows 2000, XP, Microsoft Office 10).

Теоретическая часть

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

В гравимагниторазведке прямая задача для тел простейшей формы решается с помощью аналитических формул, которые получены из выражения для потенциала точечной массы (гравиразведка) и элементарного диполя (магниторазведка).

Для точки наблюдений, внешней по отношению к притягивающим массам, например к шару (точечной массе), потенциал гравитационного притяжения равен:



$$V = f \frac{M}{r}, \quad (1)$$

где r – расстояние между притягиваемой точкой с координатами $(X; Y; Z)$ и притягивающей точкой шара с координатами $(\xi; \eta; \zeta)$, равное

$$r = \sqrt{(X - \xi)^2 + (Y - \eta)^2 + (Z - \zeta)^2}, \quad (2)$$

отсюда:

$$V = f \frac{M}{r = \sqrt{(X - \xi)^2 + (Y - \eta)^2 + (Z - \zeta)^2}}, \quad (3)$$

где $f = 6.67 \cdot 10^{-8} \frac{CM^3}{2 \cdot C^2}$ – гравитационная постоянная в системе СГС,
 $M = \frac{4}{3} \pi R^3 \sigma$ – масса шара радиуса R , притяжение которого во внешнем пространстве равно притяжению точечной массы, σ – избыточная плотность.

Формулы для вычисления аномального эффекта для тел различной формы даны в таблице 2, в которой для физических величин приняты следующие обозначения:

V_z, V_{xz}, V_{zz} – производные гравитационного потенциала,

$M = \sigma \cdot v$ – масса,

σ – плотность,

v – объем,

λ – масса единицы длины ($\lambda = \sigma \cdot S$),

S – площадь поперечного сечения (для кругового цилиндра $S = \pi \cdot R^2$),

μ – масса единицы поверхности ($\mu = \sigma \cdot h$),

h и L – толщина и ширина плоскости соответственно,

ξ – глубина залегания тела,

ξ_1, ξ_2 – глубины залегания верхней и нижней кромок аномальных тел.

Все формулы даны для профиля, проходящего по оси x через середину возмущающего тела ($y = 0$). Кривые V_z, V_{xz} будут иметь вид подобных графикам рисунка 1.

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:

$$1 \text{ км (километр)} = 10^3 \text{ м} = 10^5 \text{ см}$$

$$1 \text{ мГал (миллигал)} = 10^{-5} \text{ м/с}^2 = 10^{-3} \text{ см/с}^2 (V_z, \Delta g)$$

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

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

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

№ п. п.	Форма аномального тела	Вид поля	R (км)	ξ (км)	ξ_1 (км)	ξ_2 (км)	h, L (км)	σ г/см ³	I (Э)	Максимальное значение
1	Шар	V_z	1	2				1		6,98 мГл
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		21 мГл
5		V_{zz}	1	3				1,5		21 мГл
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		16,8 мГл
10		V_z	2		0,5			2		8,4 мГл
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		9,24 мГл
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 материальная полуплоскость	V_z			1	2		0,5	20,9мГЛ
21		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	$\frac{-4f\lambda\xi x}{(X^2+\xi^2)}$	$\frac{1.299f\lambda}{\xi^2}$ (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	$2f\mu \left(\arctg \frac{x+1}{\xi} \right)$ $- \arctg \frac{x-1}{\xi}$	$2f\mu \frac{1}{\xi}$ ($x = 0$)	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 гравirazведки.
2. Способы решения прямой задачи гравirazведки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Обработка гравиразведочных данных

Цель работы: приобретение навыков решения прямой задачи гравиразведки для двумерных тел произвольного сечения графическим способом.

Оборудование и материалы: работа выполняется вручную с помощью карандаша и миллиметровой бумаги, для численных расчетов используется инженерный калькулятор.

Теоретическая часть

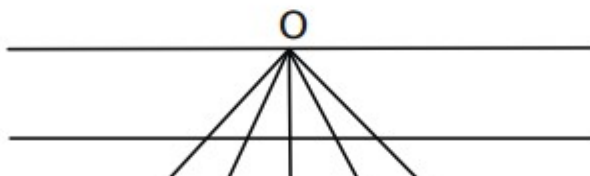
Решить прямую задачу значит вычислить гравитационный эффект по известному распределению масс.

Если аномалообразующее тело может быть аппроксимировано телом правильной геометрической формы, то прямую задачу решают с помощью аналитических формул.

Все способы решения прямой задачи для тел произвольной формы основаны на замене действия возмущающего тела суммой действий тел простейшей формы, для которых известно точное или приближенное решение прямой задачи. В большинстве случаев для этого используются различные вспомогательные палетки. С их помощью тело произвольной формы легко может быть разбито на элементы, которые оказывают одинаковые гравитационные действия на точку, в которой надо вычислить аномалию. Очевидно, что гравитационный эффект тела произвольной формы равен эффекту одного элемента равного действия, умноженного на сумму элементов, заключенных в объеме тела.

Наиболее простой для расчета гравитационного эффекта от двумерных тел является палетка Гамбурцева Г.А..

Рис. 1. Построение палетки.



В конической пространственной системе координат

$$V_z = 2f\sigma \int_S dh d\varphi \quad (1)$$

гравитационный эффект от элементарной площадки равен

$$(V_L)_{\vartheta} = 2f\sigma (h_{K+1} - h_K)(\varphi_{i+1} - \varphi_i) \quad (2)$$

Обозначим

$$h_{K+1} - h_K = \Delta h$$

$$\varphi_{i+1} - \varphi_i = \Delta \varphi$$

$f = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 / \text{г} \cdot \text{с}^2$ – гравитационная постоянная (СГС)

Получим

$$(\Delta V_z) = (V_z)_{\vartheta} = 2f\sigma \Delta h \cdot \Delta \varphi \quad (3)$$

Полагая $\Delta \varphi = \pi/n$, где n – количество частей, на которое делим всю плоскость от 0 до π , получим:

$$\Delta V_z = (V_z)_{\vartheta} = \frac{2\pi f\sigma_0 \Delta h}{n} \quad (4)$$

Задавшись значениями ΔV_z и n , можно найти Δh , где σ_0 обычно принимают равную 1 г/см^3

$$\Delta h = \frac{\Delta V_z \cdot n}{2\pi f\sigma_z} \quad (5)$$

Палетку строят следующим образом: на прозрачной бумаге из центральной точки проводят ряд лучей через один и тот же угол $\Delta \varphi$ и систему горизонтальных линий, отстоящих друг от друга на расстоянии Δh (рис. 1).

Порядок пользования палетками

На бумаге в определенном масштабе вычерчивается поперечное сечение заданного возмущающего тела. Над сечением тела на линии наблюдений отмечается ряд точек, в которых нужно найти гравитационное влияние возмущающего тела.

Линия наблюдений совмещается с верхней горизонтальной линией палетки так, чтобы центр палетки совпадал бы с точкой, в которой необходимо вычислить гравитационный эффект. Подсчитывают количество площадок (m) равного действия, попадающих в контур сечения возмущающего тела.

Аномальный гравитационный эффект вычисляют по следующей формуле:

$$V_z = C \cdot m \cdot \frac{\Delta\sigma_{изб.}}{\sigma_0} \cdot \frac{M_{II}}{M_P} \quad (6)$$

где:

$C = \Delta V_z = (V_z)_0$ – цена деления палетки,

$\sigma_2 - \sigma_1 = \Delta\sigma_{изб.}$ – избыточная плотность,

σ_0 – плотность, принятая при построении палетки,

M_{II} – масштаб палетки,

M_P – масштаб разреза.

Центр палетки перемещается по линии наблюдений и вычисляется V_z в каждой точке. Вычисленные значения занести в таблицу.

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 расчет V_z в 10 точках профиля. По полученным результатам построить график V_z . Исходные данные взять из таблицы 1.

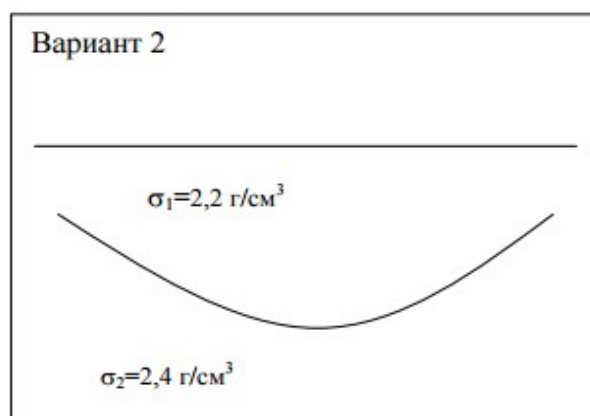
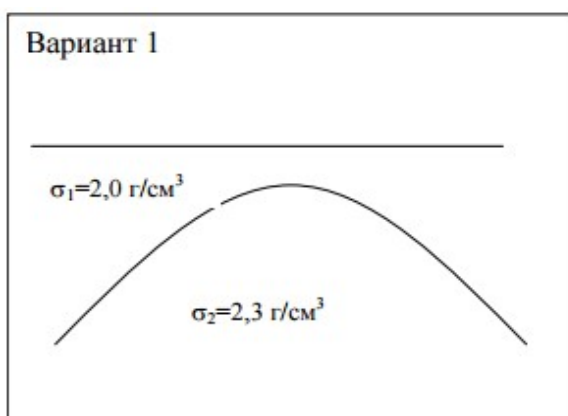
Таблица 1

Исходные данные

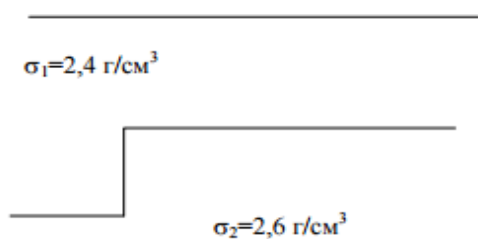
Вариант	Масштаб палетки	Масштаб разреза	Цена деления	n
1	1:100 000	1:50 000	$C = 1 \text{ мгл}$	20

2	1:100 000	1:100 000	$C = 1 \text{ мгл}$	30
3	1:50 000	1:10 000	$C = 0,5 \text{ мгл}$	20
4	1:50 000	1:10 000	$C = 0,5 \text{ мгл}$	30
5	1:20 000	1:5 000	$C = 0,2 \text{ мгл}$	20
6	1:20 000	1:10 000	$C = 0,2 \text{ мгл}$	30
7	1:10 000	1:5 000	$C = 0,1 \text{ мгл}$	20
8	1:10 000	1:2 000	$C = 0,1 \text{ мгл}$	30

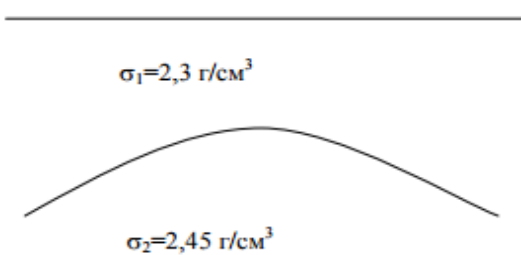
Формы залегания границ раздела



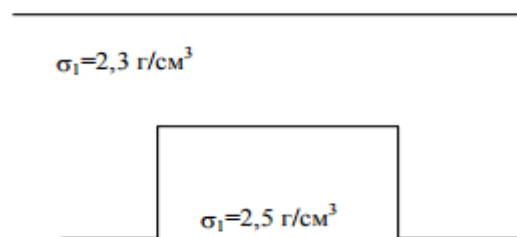
Вариант 3



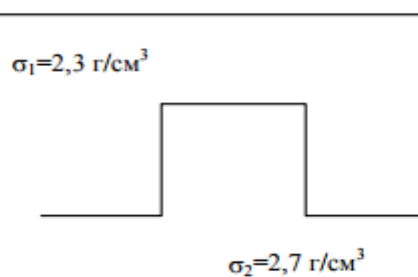
Вариант 4



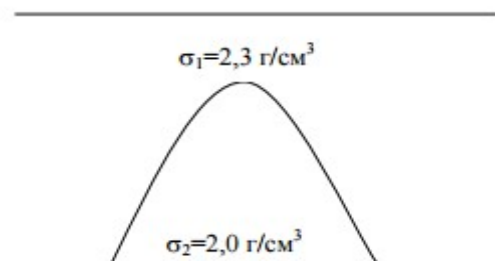
Вариант 5



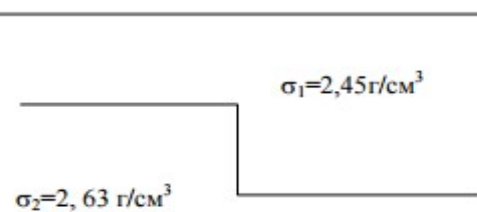
Вариант 6



Вариант 7



Вариант 8



✓ 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 гравиразведки.
2. Способы решения прямой задачи гравиразведки.
3. Решение прямой задачи гравиразведки с помощью палеток.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Прямые и обратные задачи гравиразведки

Цель работы: приобретение навыков решения обратной задачи гравиразведки для однородного шара.

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

При количественной интерпретации аномалий силы тяжести часто делается предположение, что геологические тела, вызывающие их, имеют правильную геометрическую форму, близкую, например, к сфере, цилиндру,

вертикальному и наклонному пластам и т.д. Модель шара используется во многих ориентировочных расчетах. В первом приближении шару соответствуют залежи штокообразной и гнездообразной формы, соляные купола, карстовые полости и другие тела изометрической формы, размеры которых приблизительно одинаковы во всех направлениях.

Расположим прямоугольную систему координат x, y, z так, чтобы ее начало находилось в центре тяжести измерительного прибора, ось z была направлена вертикально вниз и проходила через центр шара, а оси x и y были расположены в горизонтальной плоскости, принимаемой за земную поверхность (рис. 1).

Если центр однородного шара с радиусом r лежит на глубине h_c , а избыточная масса равна M , распределение вертикальной составляющей аномалии силы тяжести Δg , градиентов силы тяжести V_{xz} и V_{zz} и разности кривизны уровенной поверхности V_{Δ} по оси x определяется из следующих формул:

$$\Delta g = V_z = fM \frac{h_c}{(x^2 + h_c^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

$$V_{xz} = -3fM \frac{h_c x}{(x^2 + h_c^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (2)$$

$$V_{zz} = fM \frac{(2h_c^2 - x^2)}{(x^2 + h_c^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (3)$$

$$V_{zzz} = 3fM \frac{h_c(2h_c^2 - 3x^2)}{(x^2 + h_c^2)^{\frac{7}{2}}} \quad (4)$$

$$V_{\Delta} = -3fM \frac{x^2}{(x^2 + h_c^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (5)$$

где f – коэффициент пропорциональности, получивший название гравитационной постоянной, является размерной величиной; численное ее

значение зависит от принятой системы единиц. Например, в системе СИ – метр, килограмм, секунда:

$$f = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2},$$

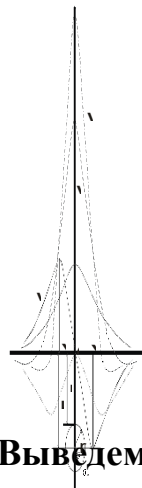
а в системе СГС – сантиметр, грамм, секунда:

$$f = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ г}^{-1} \cdot \text{с}^{-2},$$

M – избыточная масса шара, равная произведению объема шара на его избыточную плотность

$$M = \frac{4}{3} \pi r^3 (\sigma_2 - \sigma_1) \quad (6)$$

x – координата точки, для которой определяется функция.



Выведем некоторые характерные зависимости

1. **Определим абсциссу полумаксима $x_{1/2}$, в которой $\Delta g = \frac{1}{2} \Delta g_{\max}$**

Кривая аномалии силы тяжести имеет максимальное значение при $x=0$, т.е. максимум кривой расположен над центром шара.

$$\Delta g(x=0) = \Delta g_{\max} = \frac{fM}{h_c^2} \quad (7)$$

Значение Δg , соответствующее $\Delta g = 1/2 \Delta g_{\max}$, равно

$$\Delta g(x = x_{1/2}) = \frac{fM}{2h_c^2} \quad (8)$$

Приравняв формулы (12) и (18), найдем $x_{1/2}$

$$\frac{fM h_c}{\left(x_{\frac{1}{2}}^2 + h_c^2\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{fM}{2 h_c^2}$$

Откуда после сокращения и преобразований

$$x_{\frac{1}{2}} = h_c \sqrt{\sqrt[3]{4} - 1} = 0,766 h_c \quad (9)$$

2. Определим абсциссу максимального и минимального значений ($\pm x_m$) кривой V_{xz}

Для этого производную V_{xz} по x приравняем к нулю

$$\frac{\partial V_{xz}}{\partial x} = 0$$

откуда

$$x_m = \frac{h_c}{2} \quad (10)$$

Определение глубины залегания центра шара h_c и его избыточной массы M

1. Глубина залегания центра шара h_c и избыточная масса M определяются из формул (7) и (8).

$$h_c = 1,305 \cdot x_{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

$$M = \frac{\Delta g_{\max} h_c}{f} \quad (12)$$

где f – гравитационная постоянная, $x_{1/2}$ – абсцисса, соответствующая $\Delta g = \frac{1}{2} \Delta g_{\max}$.

Если известна избыточная плотность $\Delta \sigma = \sigma_2 - \sigma_1$, то объем шара

$$V = \frac{M}{\Delta \sigma} \quad (13)$$

радиус шара

$$r = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\Delta\sigma}} = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \quad (14)$$

и глубина до ближайшей поверхности шара

$$h = h_c - r \quad (15)$$

2. По кривой V_{xz} глубина залегания центра шара h_c из формулы (10):

$$h_c = 2x_m \quad (16)$$

где $2x_m$ – расстояние между экстремальными значениями кривой V_{xz} .

Значения M , V , r и h_c , как и по кривой Δg , определяются только в том случае, если известна избыточная плотность $\Delta \sigma$.

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. Решить обратную задачу для шара по кривым Δg и V_{xz} (исходные данные взять из таблицы 2):
 - а) вычертить кривые Δg и V_{xz} в масштабах, указанных в полученном задании.

- b) снять необходимые характеристики с кривых Δg и V_{xz} и по приведенным формулам вычислить параметры залегания шара.
- с) полученные данные записать в таблицу 1.

Таблица 1

Параметры залегания шара

По кривой Δg						По кривой V_{xz}	
$\Delta g_{\max}$, мГал	$x_{1/2}$	h_c	M	r	h	x_m	h_c

Таблица 2

Исходные данные для решения обратной задачи для шара

	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6		Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9		Вариант 10	
	$\Delta\sigma = 0.15 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.1 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.20 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.22 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.25 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.3 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.35 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.40 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.3 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma = 0.25 \text{ г/см}^3$	
x	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}
-10	1,3	1,5	0,3	0,5	0,3	0,8	0,4	0,7	1,1	1,3	0,5	0,8	0,3	1,0	0,4	0,9	0,7	1,2	0,3	1,5
-9	1,4	1,8	0,4	0,8	0,4	1,0	0,5	1,0	1,2	1,6	0,6	1,1	0,4	1,1	0,5	1,0	0,8	1,4	0,4	1,8
-8	1,5	2,0	0,5	1,0	0,45	1,3	0,6	1,2	1,3	1,8	0,7	1,3	0,5	1,5	0,6	1,4	0,9	1,8	0,45	2,0
-7	1,7	2,3	0,7	1,3	0,5	1,65	0,8	1,5	1,5	2,1	0,9	1,6	0,8	2,0	0,9	1,9	1,1	2,0	0,5	2,3
-6	1,8	2,8	0,8	1,8	0,6	2,0	0,9	2,0	1,6	2,6	1,0	2,1	1,0	2,5	1,1	2,4	1,2	2,9	0,6	2,8
-5	2,0	3,5	1,0	2,5	0,8	3,0	1,1	2,7	1,8	3,3	1,2	2,9	1,4	3,0	1,5	2,9	1,4	3,6	0,8	3,5
-4	2,5	4,5	1,5	3,5	1,0	4,0	1,6	3,7	2,3	4,3	1,7	3,9	2,0	4,0	2,1	3,9	1,9	4,3	1,0	4,5
-3	3,0	5,7	2,0	4,7	1,5	5,0	2,1	4,9	2,8	5,5	2,2	5,2	3,0	5,0	3,1	4,9	2,4	5,0	1,5	5,7
-2	4,0	6,5	3,0	5,5	2,0	4,0	3,1	5,7	3,8	6,3	3,5	5,9	4,0	5,5	4,1	5,4	3,4	4,5	2,0	6,5
-1	5,5	4,0	4,5	3,0	3,0	2,0	4,6	3,2	5,3	3,8	5,0	3,0	4,8	4,0	4,9	3,9	4,9	2,0	3,0	4,0
0	6,0	0	5,0	0	4,0	0	5,1	0	5,8	0	5,5	0	5,0	0	5,1	0	5,4	0	4,0	0
1	5,5	-4,0	4,5	-3,0	3,0	-2,0	4,6	-3,2	5,3	-3,8	5,0	-3,0	4,8	-4,0	4,9	-3,9	4,9	-2,0	3,0	-4,0
2	4,0	-6,5	3,0	-5,5	2,0	-4,0	3,1	-5,7	3,8	-6,3	3,5	-5,9	4,0	-5,5	4,1	-5,4	3,4	-4,5	2,0	-6,5
3	3,0	-5,7	2,0	-4,7	1,5	-5,0	2,1	-4,9	2,8	-5,5	2,2	-5,2	3,0	-5,0	3,1	-4,9	2,4	-5,0	1,5	-5,7
4	2,5	-4,5	1,5	-3,5	1,0	-4,0	1,6	-3,7	2,3	-4,3	1,7	-3,9	2,0	-4,0	2,1	-3,9	1,9	-4,3	1,0	-4,5
5	2,0	-3,5	1,0	-2,5	0,8	-3,0	1,1	-2,7	1,8	-3,3	1,2	-2,9	1,4	-3,0	1,5	-2,9	1,4	-3,6	0,8	-3,5
6	1,8	-2,8	0,8	-1,8	0,6	-2,0	0,9	-2,0	1,6	-2,6	1,0	-2,1	1,0	-2,5	1,1	-2,4	1,2	-2,9	0,6	-2,8
7	1,7	-2,3	0,7	-1,3	0,5	-1,65	0,8	-1,5	1,5	-2,1	0,9	-1,6	0,8	-2,0	0,9	-1,9	1,1	-2,0	0,5	-2,3
8	1,5	-2,0	0,5	-1,0	0,45	-1,3	0,6	-1,2	1,3	-1,8	0,7	-1,3	0,5	-1,5	0,6	-1,4	0,9	-1,8	0,45	-2,0
9	1,4	-1,8	0,4	-0,8	0,4	-1,0	0,5	-1,0	1,2	-1,6	0,6	-1,1	0,4	-1,1	0,5	-1,0	0,8	-1,4	0,4	-1,8
10	1,3	-1,5	0,3	-0,5	0,3	-0,8	0,4	-0,7	1,1	-1,3	0,5	-0,8	0,3	-1,0	0,4	-0,9	0,7	-1,2	0,3	-1,5

✓ **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 гравиразведки.
2. Способы решения прямой задачи гравиразведки.
3. Гравитационный потенциал. Первые и вторые производные потенциала и их физический смысл.
4. Прямая задача гравиразведки для шара.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Интерпретация гравиразведочных данных

Цель работы: приобретение навыков решения обратной задачи гравиразведки для вертикального пласта.

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

Если мощность пласта обозначить через $2b$, глубину залегания верхней его кромки от дневной поверхности h , а начало прямоугольной системы координат поместить в точку оси X , лежащей над серединой пласта, формулы, определяющие распределение вторых производных V_{xz} и V_{zz} имеют следующий вид:

$$V_{xz} = f\Delta\sigma \ln \frac{(b-x)^2 + h^2}{(b+x)^2 + h^2} \quad (1)$$

$$V_{zz} = -2f\Delta\sigma \left[\arctg \frac{h}{b+x} + \arctg \frac{h}{b-x} \right] = 2f\Delta\sigma \arctg \frac{2bh}{x^2 - b^2 + h^2} \quad (2)$$

Кривые этих функций приведены на рисунке 1.

1. Горизонтальный градиент силы тяжести V_{xz}

Как видно, над серединой пласта при $x=0$ имеем $V_{xz}=0$. Абсциссы экстремальных значений ($\pm x_m$) кривой V_{xz} определяем из условия равенства нулю производной функции:

$$\frac{\partial V_{xz}}{\partial x} = 0, \quad (3)$$

откуда

$$x_m = \pm \sqrt{b^2 + h^2} \quad (4)$$

Из формулы (4) следует:

$$h = \left| \sqrt{x_m^2 + b^2} \right| \quad (5)$$

Подставляя максимальное значение $x_m = \sqrt{b^2 + h^2}$, в формулу (1), получаем:

$$(V_{xz})_{\max} = f \Delta \sigma \ln \frac{\sqrt{h^2 + b^2} + b}{\sqrt{h^2 + b^2} - b} = f \Delta \sigma \ln \frac{|x_m| + b}{|x_m| - b} \quad (6)$$

Составим уравнение для определения абсциссы половинного значения максимума кривой V_{xz} , т. е. $V_{xz} = \frac{1}{2}(V_{xz})_{\max}$:

$$\frac{1}{2}(V_{xz})_{\max} = \frac{1}{2} f \Delta \sigma \ln \frac{|x_m| + b}{|x_m| - b} = f \Delta \sigma \ln \frac{(x_{1/2} - b)^2 + h^2}{(x_{1/2} + b)^2 + h^2} \quad (7)$$

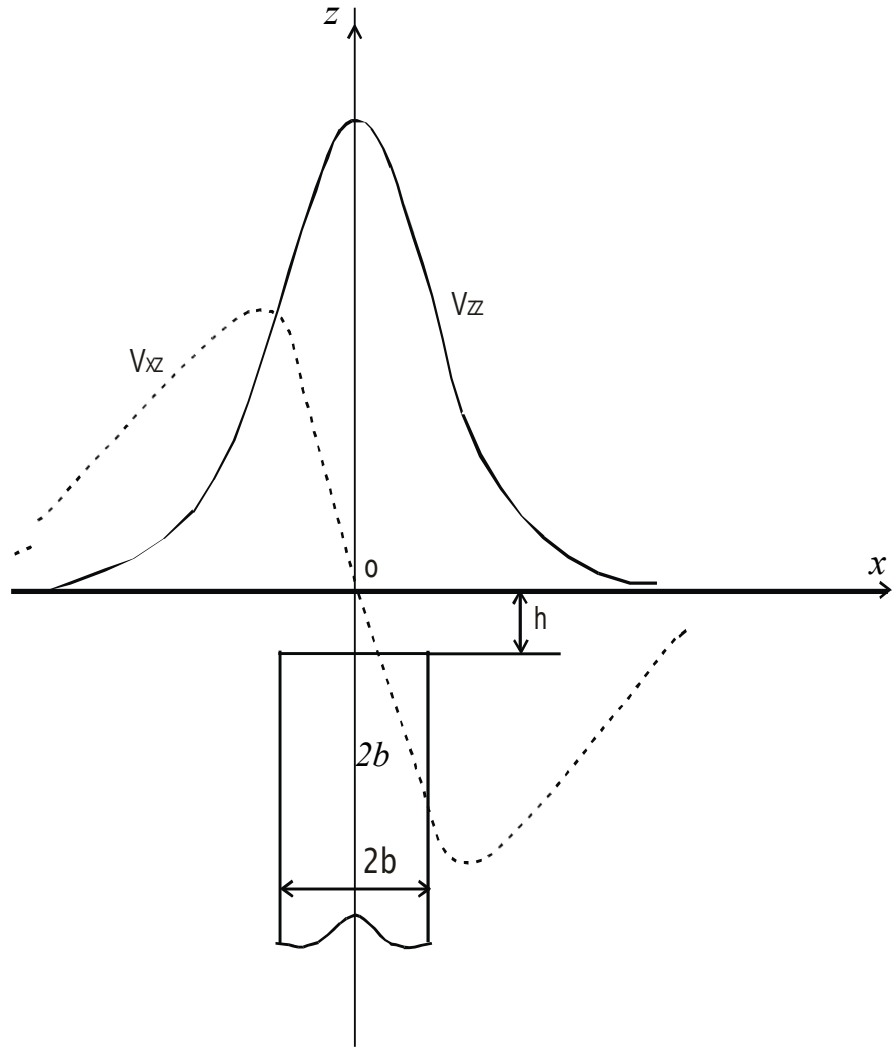


Рис. 1. Кривые V_{xz} и V_{zz} над вертикальным пластом.

Откуда

$$\left[\frac{(x_{1/2} - b) + h^2}{(x_{1/2} + b) + h^2} \right]^2 = \frac{|x_m| + b}{|x_m| - b} \quad (8)$$

Решая совместно уравнения (23) и (26), получим:

$$b = \sqrt{-k(k + 2|x_m|)} \quad (9)$$

где $x_{1/2}$ взято меньшее по абсолютному значению.

Подставляя b из формулы (9) в выражение (5), получаем формулу для вычисления h :

$$h = \frac{(x_m - x_{1/2})^2}{2|x_{1/2}|} . \quad (10)$$

Избыточную плотность пласта можно вычислить из формулы (6)

$$\Delta\sigma = \frac{(V_{xz})_{\max}}{f \ln \frac{|x_m| + b}{|x_m| - b}} . \quad (11)$$

Таким образом, полученные данные позволяют определить h , b и $\Delta\sigma$.

2. Вертикальный градиент силы тяжести V_{zz}

Вертикальный градиент силы тяжести определяется выражением (2):

$$V_{zz} = 2f\Delta\sigma \arctg \frac{2hb}{x^2 + h^2 - b^2} .$$

Из этой формулы (2) при $x=0$ получаем:

$$(V_{zz})_{\max} = 2f\Delta\sigma \arctg \frac{2hb}{h^2 - b^2} . \quad (12)$$

Составим уравнения для $V_{zz} = \frac{1}{2}(V_{zz})_{\max}$ и $V_{zz} = \frac{1}{4}(V_{zz})_{\max}$, обозначив абсциссы соответственно через $x_{1/2}$ и $x_{1/4}$:

$$\frac{1}{2}(V_{zz})_{\max} = f\Delta\sigma \arctg \frac{2hb}{h^2 - b^2} = 2f\Delta\sigma \arctg \frac{2hb}{x_{1/2}^2 + h^2 - b^2} ; \quad (13)$$

$$\frac{1}{4}(V_{zz})_{\max} = \frac{1}{2}f\Delta\sigma \arctg \frac{2hb}{h^2 - b^2} = 2f\Delta\sigma \arctg \frac{2hb}{x_{1/4}^2 + h^2 - b^2} ; \quad (14)$$

Применяя известную формулу преобразования арктангенсов $2\operatorname{arctg}x = \operatorname{arctg}\frac{2x}{1-x^2}$, из формул (13) и (14) получаем:

$$x_{1/2} = \pm\sqrt{h^2 + b^2} ; \quad (15)$$

$$x^2_{1/2} = (h^2 + b^2) \pm 2h\sqrt{h^2 + b^2} . \quad (16)$$

Полученные зависимости позволяют определить:

$$h = \frac{x^2_{1/4} - x^2_{1/2}}{2|x_{1/2}|} ; \quad (17)$$

$$b = \left| \sqrt{x^2_{1/2} - h^2} \right| ; \quad (18)$$

$$\Delta\sigma = \frac{(V_{zz})_{\max}}{2f\operatorname{arctg}\frac{2hb}{h^2 - b^2}} . \quad (19)$$

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. Начертить элементы залегания пласта. Используйте исходные данные из таблицы 2.
2. Вычислить параметры пласта с использованием приведенных формул:
 - а) по кривой V_{xz} глубина верхней кромки пласта h , его мощность $2b$ и избыточная плотность $\Delta\sigma$ определяются по формулам (5), (9) и (11).

б) По кривой V_{zz} эти же параметры определяются по формулам (17), (18) и (19).

3. Результаты расчета занести в таблицу 1.

Таблица 1

Элементы залегания пласта

По кривой V_{xz}					По кривой V_{zz}				
x_m	$x_{1/2}$	b	h	$\Delta\sigma$	x_m	$x_{1/2}$	b	h	$\Delta\sigma$

Таблица 2

Исходные данные для решения обратной задачи для вертикального пласта

x	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6		Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9		Вариант 10	
	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}	V_{zz}	V_{xz}
-10	0,8	1,1	0,9	0,9	0,8	0,9	0,6	0,8	1,1	1,0	1,0	0,9	1,6	1,5	0,8	0,8	0,4	0,8	0,9	1,2
-9	0,9	1,2	1,0	1,0	0,9	1,0	0,7	0,9	1,2	1,1	1,1	1,0	1,7	1,6	0,9	1,0	0,5	0,9	1,0	1,3
-8	1,0	1,6	1,2	1,4	1,0	1,3	0,8	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	2,0	2,0	1,0	1,3	0,6	1,0	1,1	1,4
-7	1,1	2,0	1,3	1,8	1,1	1,7	0,9	1,7	2,0	2,0	1,9	2,1	2,5	2,5	1,1	1,65	0,7	1,1	1,2	1,5
-6	1,5	2,9	1,7	2,7	1,5	2,3	1,3	2,6	2,4	3,0	2,3	3,1	2,9	3,5	1,2	2,0	0,8	1,3	1,3	1,7
-5	2,0	3,6	2,2	3,4	2,0	2,8	1,8	3,3	3,0	4,0	2,9	4,1	3,5	4,5	1,3	3,0	1,0	1,5	1,5	1,9
-4	2,8	4,3	3,0	4,1	2,5	3,4	2,6	4,0	4,0	5,0	3,9	5,2	4,5	5,5	1,5	4,0	1,5	2,2	2,0	2,6
-3	4,0	5,0	4,2	4,8	3,0	4,0	3,8	4,7	5,2	6,0	5,1	6,2	5,7	6,5	2,0	5,0	2,0	3,0	2,5	3,4
-2	6,0	4,5	6,2	4,3	4,0	3,0	5,8	4,2	7,0	5,0	6,9	5,2	7,5	5,5	2,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,4
-1	8,0	2,0	8,2	1,8	5,0	1,5	7,8	1,7	8,7	2,0	8,6	2,0	9,2	2,5	3,1	2,0	6,0	2,0	6,5	2,4
0	9,0	0	9,2	0	6,0	0	8,8	0	10,0	0	9,9	0	10,5	0	3,8	0	7,0	0	7,5	0
1	8,0	-2,0	8,2	-1,8	5,0	-1,5	7,8	-1,7	8,7	-2,0	8,6	-2,0	9,2	-2,5	3,1	-2,0	6,0	-2,0	6,5	-2,4
2	6,0	-4,5	6,2	-4,3	4,0	-3,0	5,8	-4,2	7,0	-5,0	6,9	-5,2	7,5	-5,5	2,5	-4,0	4,0	-4,0	4,5	-4,4
3	4,0	-5,0	4,2	-4,8	3,0	-4,0	3,8	-4,7	5,2	-6,0	5,1	-6,2	5,7	-6,5	2,0	-5,0	2,0	-3,	2,5	-3,4
4	2,8	-4,3	3,0	-4,1	2,5	-3,4	2,6	-4,0	4,0	-5,0	3,9	-5,2	4,5	-5,5	1,5	-4,0	1,5	-2,2	2,0	-2,6
5	2,0	-3,6	2,2	-3,4	2,0	-2,8	1,8	-3,3	3,0	-4,0	2,9	-4,1	3,5	-4,5	1,3	-3,0	1,0	-1,5	1,5	-1,9
6	1,5	-2,9	1,7	-2,7	1,5	-2,3	1,3	-2,6	2,4	-3,0	2,3	-3,1	2,9	-3,5	1,2	-2,0	0,8	-1,3	1,3	-1,7
7	1,1	-2,0	1,3	-1,8	1,1	-1,7	0,9	-1,7	2,0	-2,0	1,9	-2,1	2,5	-2,5	1,1	-1,65	0,7	-1,1	1,2	-1,5
8	1,0	-1,6	1,2	-1,4	1,0	-1,3	0,8	-1,3	1,5	-1,5	1,4	-1,4	2,0	-2,0	1,0	-1,3	0,6	-1,0	1,1	-1,4
9	0,9	-1,2	1,0	-1,0	0,9	-1,0	0,7	-0,9	1,2	-1,1	1,1	-1,0	1,7	-1,6	0,9	-1,0	0,5	-0,9	1,0	-1,3
10	0,8	-1,1	0,9	-0,9	0,8	-0,9	0,6	-0,8	1,1	-1,0	1,0	-0,9	1,6	-1,5	0,8	-0,8	0,4	-0,8	0,9	-1,2

✓ **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 гравиразведки.
2. Способы решения прямой задачи гравиразведки.
3. Гравитационный потенциал. Первые и вторые производные потенциала и их физический смысл.
4. Прямая задача гравиразведки для вертикального пласта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

Примеры применения гравиразведки

Цель работы: приобретение навыков решения обратной задачи гравиразведки для вертикального уступа.

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

Под вертикальным уступом (ступенью) в теории интерпретации гравитационных аномалий понимается горизонтальный пласт, ограниченный вертикальной плоскостью, обладающей избыточной плотностью.

Геологическим аналогом вертикального уступа могут быть различные разрывные нарушения типа сбросов с крутыми углами падениями, бортовые части протяженных интрузивных массивов и т.д.

Формулы для уступа широко используются в практике интерпретации гравитационных аномалий. На рисунке 1 показаны графики поля силы тяжести и его производных над уступом.

Если начало координат находится на земной поверхности в точке пересечения вертикальной границы уступа с осью x , направленной в крест простирания уступа, аномалия Δg и производные V_{xz} и V_{zz} определяются по формулам:

$$\Delta g = \Delta f \sigma \left[(H - h) \pi + 2H \arctg \frac{x}{H} - 2h \arctg \frac{x}{h} + x \ln \frac{x^2 + H^2}{x^2 + h^2} \right] \quad (1)$$

$$V_{xz} = f \Delta \sigma \ln \frac{x^2 + H^2}{x^2 + h^2} \quad (2)$$

$$V_{zz} = V_{\Delta} = 2f\Delta\sigma \left(\operatorname{arctg} \frac{H}{x} - \operatorname{arctg} \frac{h}{x} \right) \quad (3)$$

где f – гравитационная постоянная:

$$f = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \text{ (СИ),}$$

$$f = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ г}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \text{ (СГС);}$$

h – глубина залегания верхней горизонтальной плоскости уступа;

H – глубина залегания нижней горизонтальной плоскости, ограничивающей уступ;

$\Delta\sigma$ – избыточная плотность: $\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1$.

1. Исследования кривой Δg над вертикальным уступом показывают, что она однотипна с кривой Δg горизонтальной материальной полуплоскости (на рис. 6 обозначена пунктиром), если принять

$$\Delta\sigma(H-h) = \mu,$$

где μ – масса единицы площади плоскости (поверхностная плотность).

Это позволяет для приближенных определений глубины залегания середины уступа (h_c) пользоваться формулой горизонтальной полуплоскости, которая в случае совпадения начала координат с краем полуплоскости имеет следующий вид:

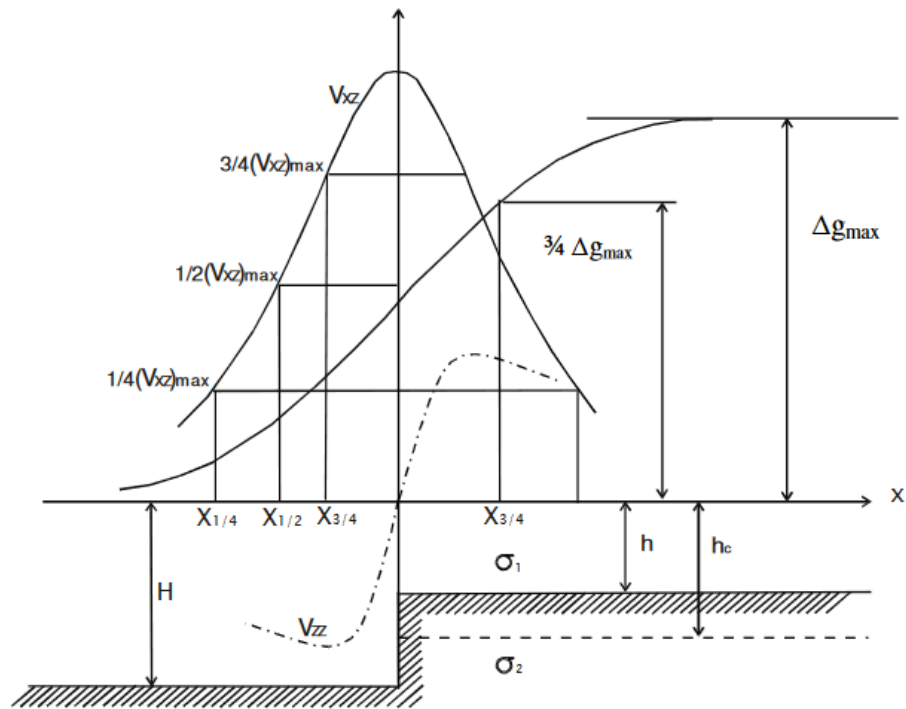


Рис. 1. Кривые Δg , V_{xz} и V_{zz} над вертикальным уступом.

$$\Delta g = 2f\mu \left(\frac{\pi}{2} - \arctg \frac{x}{h_c} \right) \quad (4)$$

$$h_c = \frac{H+h}{2}$$

где h_c — является глубиной залегания полуплоскости.

Кривая Δg достигает полной амплитуды при $x \rightarrow \infty$:

$$\Delta g_{\max} = 2f\pi\mu \quad (5)$$

Исходя из формул (4) и (5) составим уравнение для точки с координатой

$$x = x_{3/4}, \quad \Delta g = \frac{3}{4} \Delta g_{\max}, \quad \text{в которой}$$

$$2f\mu \left(\frac{\pi}{2} - \arctg \frac{x_{3/4}}{h_c} \right) = \frac{f\pi\mu}{2}$$

откуда

$$\operatorname{arctg} \frac{x_{3/4}}{h_c} = \frac{\pi}{4}$$

Поскольку

$$\operatorname{arctg} 1 = \frac{\pi}{4}$$

то

$$x_{3/4} = h_c \quad (6)$$

Из формулы (1) при $x \rightarrow \infty$ получаем:

$$\Delta g_{\max} = 2f\pi\sigma(H-h) \quad (7)$$

Если известно $\Delta\sigma$, то из последней формулы легко определяется амплитуда уступа $\Delta h = H - h$.

2. Элементы залегания уступа однозначно определяются без знания избыточной плотности по кривой второй производной силы тяжести (способ П.М. Никифорова).

Кривая V_{xz} (формула 2) имеет максимум при $x=0$

$$(V_{xz})_{\max} = 2f\Delta\sigma \ln \frac{H}{h} \quad (8)$$

Составим уравнения для точек кривой с абсциссой $x_{1/2}$ и $x_{3/4}$:

$$f\Delta\sigma \ln = f\Delta\sigma \ln \left(\frac{x_{1/2}^2 + H^2}{x_{1/2}^2 + h^2} \right)$$

$$\frac{1}{2} f\Delta \ln \frac{H}{h} \left(\frac{x_{1/4}^2 + H^2}{x_{1/4}^2 + h^2} \right);$$

Откуда

$$\frac{H}{h} = \frac{x_{1/2}^2 + H^2}{x_{1/2}^2 + h^2}$$

Из последних двух уравнений получаем соответственно

$$hH = x_{1/2}^2; \quad (9)$$

$$h + h = \frac{x_{1/2}^2 - x_{1/2}^2}{x_{1/2}} \quad (10)$$

Если воспользоваться свойством корней квадратного уравнения (согласно теореме Виета), то из уравнений (9) и (10) получаем:

$$h = m - \sqrt{(m^2 - x_{1/2}^2)}; \quad (11)$$

$$H = m + \sqrt{(m^2 - x_{1/2}^2)}; \quad (12)$$

где

$$m = \frac{x_{1/4}^2 - x_{1/2}^2}{x_{1/2}}. \quad (13)$$

Определение элементов залегания вертикального уступа по кривым Δg и V_{xz}

1. По кривой Δg приближенное значение глубины залегания плоскости, расположенной посередине между глубинами верхней h и нижней H границы вертикальной ступени определяется по выражению (6):

$$h_c = x_{3/4},$$

где $x_{3/4}$ - абсцисса точки кривой, в которой Δg равно $\frac{3}{4} \Delta g_{\max}$.

Начало координат проходит через точку кривой $\frac{1}{2}\Delta g_{\max}$.

При известной избыточной плотности $\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1$, а мощность ступени Δh вычисляется по формуле (7)

$$\Delta h = \frac{\Delta g_{\max}}{2f\Delta\sigma} = \frac{\Delta g_{\max}}{41,89 \cdot \Delta\sigma}$$

В последнем случае, если Δg измеряется в мГал, Δh получается в километрах.

2. По кривой второй производной силы тяжести V_{xz} из формул (11) и (12) непосредственно определяется глубина верхней и нижней границы ступени, а из (8) получается следующая формула для избыточной плотности $\Delta\sigma$:

$$\Delta\sigma = \frac{(V_{xz})_{\max}}{2f(\ln H - \ln h)} \quad (14)$$

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. Решить обратную задачу для вертикальной ступени по кривым Δg и V_{xz} (используйте исходные данные из таблицы 2):
 - а) вычертить кривые Δg и V_{xz} в масштабах, указанных в полученном задании;
 - б) снять необходимые характеристики с кривых Δg и V_{xz} и по приведенным формулам вычислить параметры залегания аномалеобразующих тел;
 - в) записать полученные данные в таблицу 1.

Таблица 1

Элементы залегания вертикального уступа

$\Delta \sigma$ $г/см^3$	По кривой Δg				По кривой V_{xz}								
	$x_{3/4}$ или h_c	Δh	h	H	$(V_{xz})_{max}$	$x_{1/2}$	$x_{3/4}$	m	h	H	$\ln h$	$\ln H$	$\Delta \sigma$

Таблица 2

Исходные данные для решения обратной задачи для вертикального уступа

x	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6		Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9		Вариант 10	
	$\Delta\sigma=0,1 \text{ г/см}^3$		$\Delta\sigma=0,2 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,3 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,4 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,15 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,22 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,25 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,30 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,15 \text{ г/см}$		$\Delta\sigma=0,20 \text{ г/см}$	
	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}	Δg	V_{xz}
-10	0,4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,7	0,1	0,5	0,2	0,9	0,3	0,7	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,5
-9	0,5	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,8	0,1	0,6	0,2	1,0	0,4	0,8	0,1	0,7	0,1	0,3	0,1	0,3	0,6
-8	0,6	0,2	0,4	0,2	0,5	0,4	0,9	0,2	0,7	0,3	1,1	0,5	0,9	0,2	0,8	0,1	0,4	0,2	0,4	0,7
-7	0,7	0,3	0,5	0,2	0,6	0,5	1,0	0,3	0,8	0,3	1,2	0,6	1,0	0,3	0,9	0,2	0,5	0,3	0,5	0,8
-6	0,8	0,4	0,6	0,3	0,7	0,8	1,1	0,4	0,9	0,4	1,3	0,7	1,2	0,4	1,1	0,3	0,6	0,4	0,6	1,1
-5	1,0	0,5	0,8	0,6	1,0	0,9	1,5	0,5	1,0	0,7	1,5	1,2	1,5	0,5	1,4	0,6	0,9	0,7	0,9	1,2
-4	1,5	1,2	1,3	1,3	1,4	1,0	1,7	1,0	1,4	1,4	2,0	1,7	2,0	1,2	1,9	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3
-3	2,0	3,0	1,8	3,2	1,9	1,4	2,0	1,5	2,1	3,2	2,5	3,5	3,0	3,0	2,9	3,1	2,4	3,2	2,0	1,7
-2	2,6	5,0	2,4	5,2	2,5	2,0	2,5	2,5	2,7	5,2	3,1	5,5	4,0	5,0	3,9	4,9	3,5	5,2	2,6	2,3
-1	3,3	7,0	3,1	7,2	3,0	3,0	2,8	4,0	3,4	7,2	3,8	7,5	4,7	7,0	4,6	6,9	4,1	7,2	3,2	3,3
0	4,0	8,0	3,8	8,2	3,5	4,0	3,3	5,0	4,1	8,2	4,5	8,5	5,3	8,0	5,2	7,9	4,7	8,2	3,6	4,3
1	4,5	7,0	4,3	7,2	3,7	3,0	3,7	4,0	4,6	7,2	5,0	7,5	5,8	7,0	5,7	6,9	5,2	7,2	3,8	3,3
2	5,0	5,0	4,8	5,0	3,8	2,0	3,9	2,5	5,1	5,2	5,5	5,5	6,2	5,0	6,1	4,9	5,6	5,2	3,9	2,3
3	5,5	3,0	5,3	3,2	3,9	1,4	4,2	1,5	5,6	3,2	6,0	3,5	6,4	3,0	6,3	3,1	5,8	3,2	4,0	1,7
4	5,7	1,2	5,5	1,3	4,0	1,0	4,4	1,0	5,7	1,4	6,2	1,7	6,5	1,2	6,4	1,3	5,9	1,4	4,1	1,3
5	5,9	0,5	5,7	0,6	4,1	0,9	4,5	0,5	5,8	0,7	6,4	1,2	6,6	0,5	6,5	0,6	6,0	0,7	4,2	1,2
6	6,0	0,4	5,8	0,3	4,1	0,8	4,5	0,4	5,9	0,4	6,5	0,7	6,6	0,4	6,5	0,3	6,0	0,4	4,2	1,1
7	6,1	0,3	5,9	0,2	4,2	0,5	4,6	0,3	6,0	0,3	6,6	0,6	6,6	0,3	6,5	0,2	6,0	0,3	4,3	0,8
8	6,1	0,2	6,0	0,2	4,3	0,4	4,7	0,2	6,0	0,3	6,6	0,5	6,7	0,2	6,6	0,1	6,1	0,2	4,3	0,7
9	6,2	0,1	6,0	0,2	4,3	0,3	4,7	0,1	6,1	0,2	6,7	0,4	6,7	0,1	6,6	0,1	6,1	0,1	4,4	0,6
10	6,2	0,1	6,1	0,1	4,3	0,2	4,7	0,1	6,1	0,2	6,7	0,3	6,7	0,1	6,6	0,1	6,1	0,1	4,4	0,5

✓ **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 гравirazведки.
2. Способы решения прямой задачи гравirazведки.
3. Гравитационный потенциал. Первые и вторые производные потенциала и их физический смысл.
4. Прямая задача гравirazведки для вертикального уступа.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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 лабораторной 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

К выполнению лабораторных 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 разъёмы 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 видеомониторами (в направлении тыла поверхности

одного видеоманипулятора и экрана другого видеоманипулятора) должно быть не менее 2.0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеоманипуляторов - 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 регулирующими 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 горячей 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. Закрыть 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.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: учебник для студентов, обучающихся по направлению «Геология» / [В. В. Авдонин и др.]; под ред. В. В. Авдонова [Текст]. - Москва: Академия, 2011. – 407 с. : ил., фот., карты, граф., диагр.
2. Геофизическая электромагнитная теория и методы [Текст]: монография: пер. с англ. / М. С. Жданов; под ред. Е. П. Велихова. - Москва: Науч. мир, 2012. - 679 с.: ил.; 27 см. Указ. - Библиогр.: С. 645-667. – ISBN 978-5-91522-287-7 (в пер.).
3. Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Габриэлянц Г.А., Керимов В.Ю., Мстиславская Л.П. Теоретические основы поисков и разведки нефти и газа / Под ред. Э.А. Бакирова и В.Ю. Керимова: Учебник для вузов. В 2-х кн. – 4-е изд., перераб. И доп. – Кн. 1: Теоретические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2012. – 412 с.: с ил.

Дополнительная литература:

1. Серкерев С.А. Гравиразведка и магниторазведка. Основные понятия, термины, определения: Учеб. Пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 479 с.
2. Маловичко А.К., Костицын В.И. Гравиразведка: Учебное пособие для студентов геофизических специальностей вузов. – М.: 1992. – 359 с.
3. Гринкевич Г.И. Магниторазведка. – Екатеринбург: УГГА, 2001. – 308 с.
4. В.К. Хмелевской. Геофизические методы исследования земной

коры. Кн.1: Методы прикладной и скважинной геофизики. Учебник. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна». – 1997, 276с., с ил.

5. В.К. Хмелевской. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 2: Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика. Учебное пособие. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна». –1999, 184с., с ил.

6. Серкерев, С. А. Гравиразведка и магниторазведка в нефтегазовом деле: учебное пособие / С. А. Серкерев. – М.: Нефть и газ: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2006. – 512 с.: ил. – Библиогр.: С. 498-500. – Предм. указ.: С. 501-506. – ISBN 5-7246-0365-9

7. Булычев А.А., Лыгин И.В., Мелихов В.Р. Численные методы решения прямых задач грави- и магниторазведки (конспект лекций). Учебное пособие для студентов и магистрантов специализации «Геофизика» – М.: 2010. – 164 с. (Библиотека кафедры)

Интернет-ресурсы:

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

по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине

Гравиразведка

Специальность
Специализация

21.05.02 Прикладная геология
Геология месторождений нефти и газа

Содержание

ВВЕДЕНИЕ

- 1 Общая характеристика самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Гравиразведка»
- 2 План-график выполнения самостоятельной работы...
- 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним..
- 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала....
- 5 Методические рекомендации по организации работы с литературой
- 6 Методические указания по подготовке к экзамену
Список рекомендуемой литературы

ВВЕДЕНИЕ

Современные стандарты подготовки специалистов предусматривают значительный объем внеаудиторной работы. Освоение программы курса предполагает получение, как теоретических знаний, так и формирование навыков практической работы. Поэтому самостоятельная работа в рамках курса ориентирована как на теоретический, так и на практический аспект.

Самостоятельная работа студентов – это выполнение теоретических и практических заданий студентами по усвоению изучаемой дисциплины «Литология».

Дидактические цели самостоятельных занятий:

- формирование профессиональных умений;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению специальности;
- развитие самостоятельности мышления;
- формирование убежденности, волевых черт характера, способности к самоорганизации;
- овладение технологическим учебным инструментом.

Самостоятельная работа включает те разделы курса, которые не получили достаточного освещения на лекциях по причине ограниченности лекционного времени и большого объема изучаемого материала.

Методическое обеспечение самостоятельной работы дисциплине состоит из:

- 1) Определения учебных вопросов, которые студенты должны изучить самостоятельно;
- 2) Подбора необходимой учебной литературы, обязательной для проработки и изучения;
- 3) Поиска дополнительной научной литературы, к которой студенты могут обращаться по желанию, если у них возникает интерес в данной теме;
- 4) Определения контрольных вопросов, позволяющих студентам самостоятельно проверить качество полученных знаний;
- 5) Организации консультаций преподавателя со студентами для разъяснения вопросов, вызвавших у студентов затруднения при самостоятельном освоении учебного материала.

Самостоятельная работа студента – это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение собственной информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля

1 Общая характеристика самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Литология»

Цель данной дисциплины - дать студентам знания о законах внутреннего строения и внешней формы, химического состава кристаллов и условий их образования; приобрести знания о классах и группах минералов, их физических и химических свойствах, процессах

минералообразования, закономерностях распространения в земной коре, а также об их практическом применении.

- освоение студентами основных особенностей состава, строения и физических свойств минералов;
- изучение условий образования, изменения и разрушения, закономерностей распространения в земной коре минералов;
- изучение методов практического применения природных химических соединений - минералов и их агрегатов.

1. Цели и задачи самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

Целью самостоятельной работы студентов по дисциплине «Литология» является формирование профессиональной компетентности будущего инженера геолога.

Задачи самостоятельной работы студентов:

- овладение теоретическими знаниями, связанными с характеристикой осадочных горных пород (ОГП), условиями их образования и преобразования;
- овладение профессиональным умением лабораторного изучения ОГП;
- формирование опыта собственной поисковой, творческой, научно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного) уровня.

Основными видами самостоятельной учебной деятельности студентов являются:

- 1) предварительная подготовка к аудиторным занятиям, в том числе и к тем, на которых будет изучаться новый, незнакомый материал.
- 2) своевременная доработка конспектов лекций;
- 3) подбор, изучение, анализ и при необходимости – конспектирование рекомендованных источников по учебным дисциплинам;
- 4) выяснение наиболее сложных, непонятных вопросов и их уточнение во время консультаций;
- 5) подготовка к контрольным занятиям и экзамену;
- 6) систематическое изучение периодической печати, научных монографий, поиск и анализ дополнительной информации по учебным дисциплинам.

На самостоятельную работу по дисциплине «Литология» отводится 67,5 астрономических часов.

Виды самостоятельной работы по дисциплине «Литология» могут быть разделены на основные (аудиторные) и дополнительные (внеаудиторные).

Основные виды самостоятельной работы выполняются в обязательном порядке с последующим контролем результатов преподавателем, который проводит практические занятия в студенческой группе.

Дополнительные (внеаудиторные) виды самостоятельной работы выполняются по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Дополнительные виды самостоятельной работы по дисциплине «Литология» рекомендуются тем студентам, которые наиболее заинтересованы в изучении этой дисциплины.

К основным (обязательным) видам самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины относятся:

- а) самостоятельное изучение теоретического материала;
- б) подготовка к практическим занятиям;
- в) подготовка к лабораторным работам
- г) подготовка к экзамену.

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным

55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла.

2 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельное изучение теоретического материала по дисциплине «Литология» предусмотрено на всём протяжении курса. Такая работа сопровождает лекционные, практические и лабораторные занятия, промежуточный и итоговый контроль, и в то же время является отдельным видом самостоятельной работы студента.

Источниками для самостоятельного изучения теоретического курса по дисциплине «Литология» выступают:

- учебники по предмету;
- курсы лекций по предмету;
- учебные пособия по отдельным темам;
- научные статьи в периодической геологической печати и рекомендованных сборниках;
- научные монографии.

В ходе лекций раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемых тем, делаются акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть приняты студентами во внимание. Материалы лекций являются основой для подготовки студентов к практическим занятиям.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попробуйте найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам. Умение студентов быстро и правильно подобрать литературу, необходимую для выполнения учебных заданий и научной работы, является залогом успешного обучения. Самостоятельный подбор литературы осуществляется при подготовке к семинарским, лабораторным занятиям, при написании курсовых работ, научных рефератов.

Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет студентам усваивать изучаемый материал более глубоко, меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на

успех в решении заданий. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

При подготовке к лекциям-беседам тема сообщается студентам заранее. Участники дискуссии делятся на группы по 8 человек, в течение 10—15 мин подготавливают свой вариант решения проблемы. Следующим этапом дискуссии является выступление представителей от каждой группы из 8 человек и защиты своего варианта решения. В конце общего обсуждения ведущий подводит итоги дискуссии, дает оценку совместно найденного варианта решения.

3 Методические рекомендации по организации работы с литературой

Изучение и анализ литературных источников является обязательным видом самостоятельной работы студентов. Изучение литературы по избранной теме имеет своей задачей проследить характер постановки и решения определенной проблемы различными авторами, аргументацию их выводов и обобщений, провести анализ и систематизировать полученный материал на основе собственного осмысления с целью выяснения современного состояния вопроса.

Проработка отобранного материала обязательно должна идти с одновременным ведением записей прочитанного и своих замечаний. Запись может иметь как форму конспекта, так и выписок, а также картотеку положений, тезисов, идей, методик, что в дальнейшем облегчит классификацию и систематизацию полученного материала. Такого рода записи являются лучшим способом накопления и первичной обработки материал, одной из обязательных форм организации умственного труда.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Аннотация – краткое изложение содержания – дает общее представление о работе.

Резюме кратко характеризует выводы, главные итоги источника.

Конспект является наиболее распространенной формой ведения записей. Основную ткань конспекта составляют тезисы, дополненные доказательствами и рассуждениями. Конспект может быть текстуальным, свободным или тематическим. Текстуальный представляет собой цитатник с сохранением логики работы и структуры текста. Свободный конспект основан на изложении материала в том порядке, который более удобен автору. В этом смысле конспект представляет собирание воедино мыслей, разбросанных по всей книге. Тематический конспект может быть составлен по нескольким источникам, где за основу берется тема, интерпретируемая по-разному.

Экономия времени дает использование при записях различного рода сокращений, аббревиатуры и т.д. многие используют для регистрации исследуемых тем систему карточек. Преимущество карточек в том, что тема там излагается очень сжато, и они очень удобны в использовании, т.к. их можно разложить на столе, перегруппировать и без труда найти искомую тему.