

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Двоеглазов Семен Иванович
Должность: Директор
Дата подписания: 30.06.2025 15:29:52
Уникальный программный ключ:
2cc3f5fd1c09cc1a69668dd98bc3717111a1a535



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Российский государственный геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе»
СОФ МГРИ

Кафедра прикладной геологии, технологии поисков и разведки МПИ

МАГНИТОРАЗВЕДКА
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА
для студентов СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.03 ТЕХНОЛОГИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

Рекомендовано Ученым советом СОФ МГРИ

Старый Оскол, 2022 г

УДК

Составитель: ст. преподаватель С.И. Березнева

Рецензент: канд. геол. мин. наук, доцент Т.А. Воронова

Магниторазведка: методические указания для выполнения курсового проекта / сост.: **С.И. Березнева** – Старый Оскол: СОФ МГРИ, 2022. – 16 с.

В методических указаниях для выполнения курсового проекта по дисциплине «**Магниторазведка**», для студентов, обучающихся по специальности **21.05.03 «Технология геологической разведки»**, изложены расчетные методики и задания для выполнения курсового проекта, приведены примеры решения. Рекомендуется для студентов дневного и заочного отделений СОФ МГРИ-РГГРУ. В данном пособии содержатся подробные указания по составлению курсовой работы по структурной геологии, выполняемой студентами, обучающимися по специальности «Технология геологической разведки».

Утверждено и рекомендовано к изданию Ученым советом СОФ МГРИ (протокол № 10 от 29 августа 2022 г.)

© Старооскольский филиал ФГБОУ ВО
«Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе», 2022

Введение

Настоящие методические рекомендации включают в себя расчетные методики и задания для выполнения курсового проекта, предусмотренного учебной программой модуля «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

Целью данных методических рекомендаций является закрепление теоретического курса и приобретение студентами навыков решения практических задач в области решения прямой задачи магниторазведки. В методических указаниях приведены современные методики расчетов, широко используемые в проектной и производственной практике. Они также могут быть использованы при дипломном проектировании.

Методические рекомендации предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 21.05.03 «Технология геологической разведки».

Целью выполнения курсового проекта является ознакомление студентов с методикой интерпретации данных магнитометрии, решением прямой задачи магниторазведки для тел простой формы.

В ходе выполнения курсового проекта студенты должны знать методику интерпретации данных магнитометрии, применять теоретические знания полученные в ходе обучения при обработке данных магниторазведки.

Темы курсового проекта:

1. Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный шар).
2. Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный тонкий вертикальный цилиндр).
3. Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный тонкий вертикальный пласт).
4. Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный бесконечный горизонтальный цилиндр).

Содержание курсового проекта:

Введение

1. Теоретическая основа вычисления магнитных аномалий от тел правильной формы (прямая задача магниторазведки).
2. Расчет вдоль профиля значения вертикальной компоненты магнитного поля Z_a .
3. Определение точности наблюдений.
4. Определение густоты съемочной сети.

Заключение

Список используемой литературы

Приложение

1. Теоретическая основа вычисления магнитных аномалий от тел правильной формы (прямая задача магниторазведки).

Намагниченный шар.

Намагниченный шар является хорошей аппроксимацией ряда геологических тел, небольших изометричных интрузий и рудных тел. Рассматривая шар в системе координат, получим следующую схему наблюдения (рис. 1). Центр шара находится на глубине h (м) от поверхности, R (м) – радиус шара, I (А/м) – вектор намагничения, однородный по всему объему шара, M (А*м²) – магнитный момент, магнитная проницаемость воздуха $\mu=1$, x (м) – расстояние от начала координат до точки наблюдения.

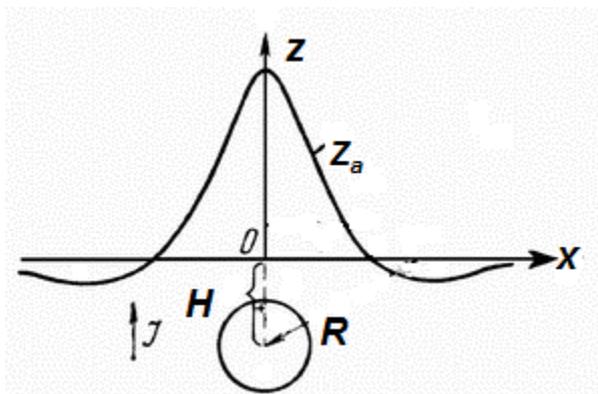


Рис.1. Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным шаром.

Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным шаром находится по формуле:

$$Z_a = M \frac{(2h^2 - x^2)}{\mu(h^2 + x^2)^{5/2}}, \text{ где } M = VI = \frac{4}{3} \pi R^3 I .$$

Намагниченный тонкий вертикальный цилиндр.

Вертикальный цилиндр является хорошей аппроксимацией некоторых реальных геологических тел, таких как субвертикальные подводящие магматические каналы, трубки взрывного типа, штокверковых тел и ряда других объектов. Рассматривая цилиндр в системе координат, получим следующую схему наблюдения (рис. 2). Кромка залегания цилиндра находится на глубине h (м) от поверхности, s (м) – площадь поверхности цилиндра, R (м) – радиус цилиндра (является величиной малой $R \rightarrow 0$), I (А/м) – вектор намагничения, однородный по всему объему цилиндра, M (А*м²) – магнитный момент, магнитная проницаемость воздуха $\mu = 1$, x (м) – расстояние от начала координат до точки наблюдения.

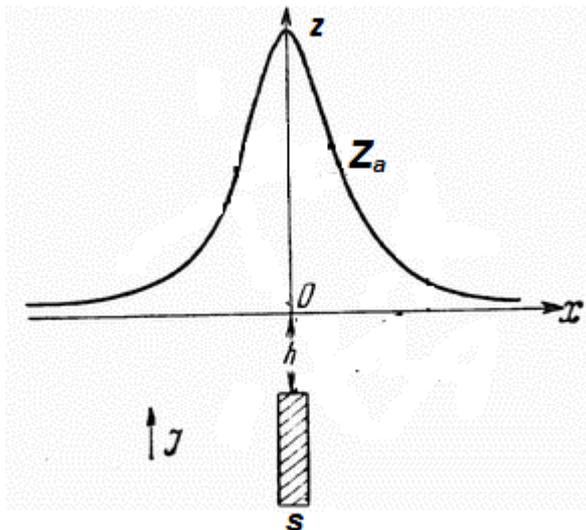


Рис. 2. Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным тонким вертикальным цилиндром.

Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным тонким вертикальным цилиндром находится по формуле:

$$Z_a = \frac{Mh}{\mu(h^2 + x^2)^{3/2}}, \text{ где } M = Is.$$

Намагниченный тонкий вертикальный пласт.

Тонкий вертикальный пласт является аппроксимацией некоторых геологических объектов, таких как контактные поверхности, складчатые структуры, вертикальные пластообразные тела. Рассматривая вертикальный пласт в системе координат, получим следующую схему наблюдения (рис. 3). Кромка залегания пласта находится на глубине h (м) от поверхности, нижняя часть пласта расположена глубоко, поэтому будем считать, что влияние магнитного полюса магнитных частей очень мало и магнитные массы сосредоточены вдоль поверхности в виде линейных полюсов соединенных массой $dm=Ildy$, где l (м) – длина вертикального пласта, I (А/м) – вектор намагничения, однородный по всему объему вертикального пласта, M (А*м²) – магнитный момент, магнитная проницаемость воздуха $\mu=1$, x (м) – расстояние от начала координат до точки наблюдения.

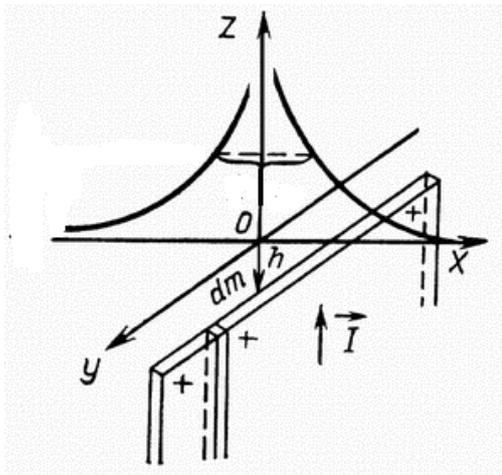


Рис. 3. Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным тонким вертикальным пластом.

Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным вертикальным пластом находится по формуле:

$$Z_a = \frac{2Mh}{\mu(h^2 - x^2)}, \text{ где } M = 2I \cdot l.$$

Намагниченный бесконечный горизонтальный цилиндр.

Вертикально намагниченный бесконечный горизонтальный цилиндр является аппроксимацией геологических горизонтально залегающих объектов. Рассматривая бесконечный горизонтальный цилиндр в системе координат, получим следующую схему наблюдения (рис. 4). Центр залегания цилиндра находится на глубине h (м) от поверхности, где s (м) – поперечное сечение цилиндра, I (А/м) – вектор намагничения, однородный по всему объему цилиндра, M (А*м²) – магнитный момент, магнитная проницаемость воздуха $\mu=1$, x (м) – расстояние от начала координат до точки наблюдения.

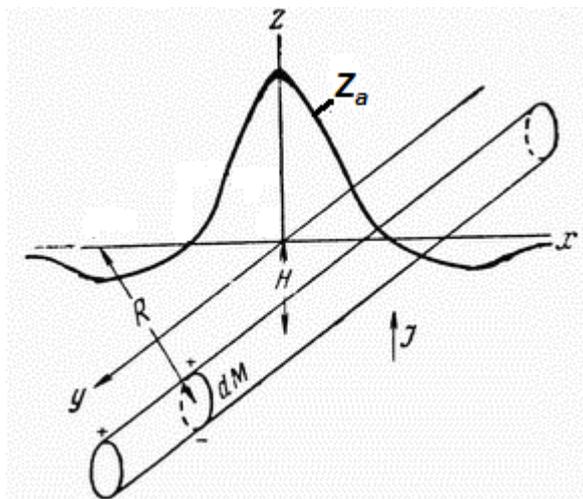


Рис. 4. Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным тонким горизонтальным пластом.

Вертикальная составляющая магнитного поля над намагниченным бесконечным горизонтальным цилиндром находится по формуле:

$$Z_a = \frac{2M(h^2 - x^2)}{\mu(x^2 + h^2)^2}, \text{ где } M = Is.$$

2. Расчет вдоль профиля значения вертикальной компоненты магнитного поля Z_a .

Для заданных тел необходимо рассчитать вертикальную составляющую магнитного поля над заданным намагниченным телом, с заданными параметрами (таблица вариантов). Все расчеты производятся по формулам указанным выше. Данные заносятся в таблицу (Табл. 1) и строятся соответствующие вертикальной компоненты магнитного поля Z_a . (Рис. 5).

Табл.1. Пример представления расчетных данных для намагниченного шара.

h, м	M, А*м	R, м	I, А/м
45	6698,7	20	0,2
x, м	Z_a , нТл		
-200	-0,0007026		
-190	-0,0008043		
-180	-0,0009254		
-170	-0,0010704		
-160	-0,001245		
-150	-0,0014561		
-140	-0,001712		
-130	-0,0020223		
-120	-0,0023976		
-110	-0,0028462		
-100	-0,003369		
-90	-0,003945		
-80	-0,0044982		
-70	-0,0048259		
-60	-0,0044459		
-50	-0,0023101		
-40	0,00359838		
-30	0,01628644		
-20	0,03758914		
-10	0,06194721		
0	0,07351075		
10	0,06194721		
20	0,03758914		
30	0,01628644		

40	0,00359838
50	-0,0023101
60	-0,0044459
70	-0,0048259
80	-0,0044982
90	-0,003945
100	-0,003369
110	-0,0028462
120	-0,0023976
130	-0,0020223
140	-0,001712
150	-0,0014561
160	-0,001245
170	-0,0010704
180	-0,0009254
190	-0,0008043
200	-0,0007026



Рис. 5. График вертикальной компоненты магнитного поля Z_a над намагниченным шаром.

Аналогичные таблицы и графики строятся для намагниченного тонкого вертикального пласта, намагниченного тонкого вертикального цилиндра и намагниченного бесконечного горизонтального цилиндра.

3. Определение точности наблюдений.

Точность наблюдений характеризуется величиной средней квадратической ошибки ε . Соотношение между средней квадратической и

средней арифметической σ_{cp} ошибками имеет вид $\sigma_{cp}=0,8\varepsilon$. По величине средней квадратической ошибки магнитные съемки делятся на:

- съемки грубой точности ($\varepsilon > 15$ нТл);
- съемки средней точности ($5 < \varepsilon < 15$ нТл);
- съемки высокой точности ($\varepsilon < 5$ нТл).

Ошибки наблюдений сказываются на результатах интерпретации аномалий, поскольку в расчетные формулы для определения элементов залегания и других характеристик геологических объектов в качестве исходных данных вводят абсциссы и ординаты характерных точек аномальных графиков. Чем больше погрешности съемок, тем сильнее искажены результаты интерпретации.

Итак, при выборе точности съемки необходимо исходить из требуемой точности определения те или иных параметров возмущающих объектов. На практике ошибки интерпретации в пределах 5% считаются приемлемыми.

Для определения точности съемки необходимо построить часть кривой Z_a включающую точку $(Z_a; x_{1/2})$, где $Z_{1/2}=0,5 Z_{max}$, в более крупном масштабе. Заглубим значение $Z_{1/2}$ на 5%: $Z'_{1/2} = Z_{1/2} + 0,05 Z_{1/2}$. Отложим точку $(Z'_{1/2}, x_{1/2})$ и проведем через нее прямую параллельную части теоретической кривой. Найдем абсциссу точки пересечения заглубленной части графика с прямой $y = Z_{1/2}$ и обозначим ее $x'_{1/2}$. Определим

приращение $\Delta_{абсц} = x'_{1/2} - x_{1/2}$ и найдем $\delta = \frac{\Delta_{абсц}}{x_{1/2}} \cdot 100\%$, $\sigma_{cp} = \frac{\delta \cdot Z_{1/2}}{100\%}$, $\varepsilon = \frac{\sigma_{cp}}{0,8}$.

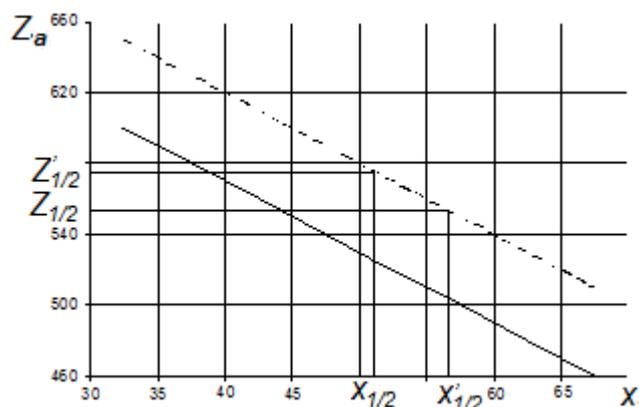


Рис. 6. График определения точности наблюдения.

4. Определение шага наблюдения.

Выбор расстояния между точками наблюдений основан на принципе, согласно которому все части графика аномального поля, как в точках наблюдения, так и между ними, должны быть равноточными. Поле между точками наблюдений содержит ошибки за нелинейность. Эти ошибки называются ошибками интерполяции и обозначаются $\delta_{инт}$. Расстояние между точками наблюдений должно быть таким, чтобы $\delta_{инт} < \varepsilon$.

Ошибка за нелинейность поля в линейной части аномалии стремится к нулю, а в зоне экстремумов достигает максимального значения. В экстремальной части аномалии по теоретическому графику необходимо изучить характер изменения $\delta_{инт}$ в зависимости от шага наблюдений Δx_i . Суть анализа показан на рисунках 7 и 8.

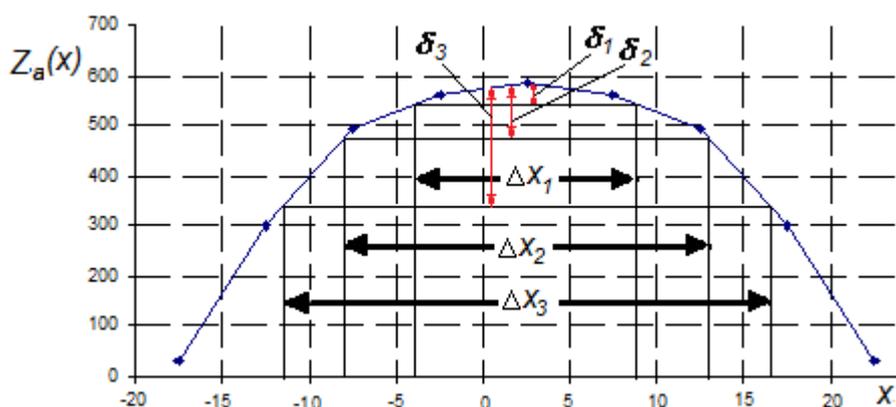


Рис. 7. Определение шага наблюдения.

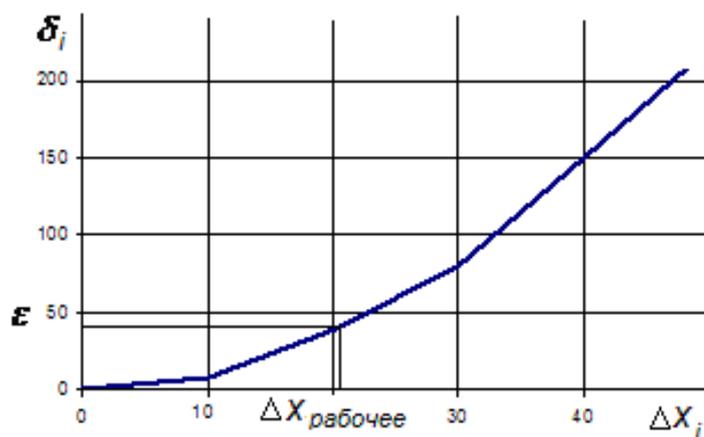


Рис. 8. Определение $\Delta X_{\text{рабочее}}$.

Если выбранный ранее масштаб теоретического графика окажется мелким для анализа величины δ_i , то анализируемую часть графика следует увеличить.

По графику зависимости δ_i от Δx_i (рис. 8) необходимо выбрать шаг наблюдений. Для этого на оси δ_i надо найти точку равную по значению ε , а затем на оси Δx_i снимаем соответствующий шаг наблюдения $\Delta x_{\text{рабочее}}$. Этот шаг применяется для съемки центральной части аномалии, а на ее периферии он может быть увеличен, поскольку там поле изменяется линейно.

Заключение

В заключении необходимо охарактеризовать результаты расчетов.

Работа оформляется шрифтом Times New Roman, размер 14, отступ – красная строка 1,25, межстрочный интервал – полуторный, выравнивание текста – по ширине, подрисуточные надписи Times New Roman, размер 12. Стандартный титульный лист. Вариант задания на курсовую работу указывается на титульном листе.

Приложение

Приложение состоит из графиков определения шага наблюдения определения $\Delta x_{\text{рабочее}}$ построенных на миллиметровой бумаге или в графическом редакторе.

Варианты заданий для курсовых работ по темам.

Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный шар).

<i>№, варианта</i>	<i>x, м</i>	<i>h, м</i>	<i>R, м</i>	<i>I, А/м</i>
1	от -200 до 200 шаг 10	45	30	0,2
2	от -100 до 100 шаг 5	25	10	0,2
3	от -400 до 400 шаг 20	90	40	0,2
4	от -300 до 300 шаг 15	70	30	0,2
5	от -450 до 450 шаг 25	120	60	0,2

Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный тонкий вертикальный цилиндр).

<i>№, варианта</i>	<i>x, м</i>	<i>h, м</i>	<i>s, м</i>	<i>I, А/м</i>
1	от -205 до 205 шаг 10	100	50	0,2
2	от -405 до 420 шаг 25	50	20	0,2
3	от -245 до 235 шаг 15	40	25	0,2
4	от -305 до 310 шаг 15	80	65	0,2

5	от -450 до 450 шаг 25	150	85	0,2
---	--------------------------	-----	----	-----

Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный тонкий вертикальный пласт).

<i>№, варианта</i>	<i>x, м</i>	<i>h, м</i>	<i>l, м</i>	<i>I, А/м</i>
1	от -200 до 200 шаг 10	5	50	0,2
2	от -100 до 100 шаг 5	4	10	0,2
3	от -400 до 400 шаг 20	15	80	0,2
4	от -300 до 300 шаг 15	10	35	0,2
5	от -450 до 450 шаг 25	15	60	0,2

Расчет магнитного поля, точности наблюдения и густоты съемочной сети над заданным объектом правильной формы (намагниченный бесконечный горизонтальный цилиндр).

<i>№, варианта</i>	<i>x, м</i>	<i>h, м</i>	<i>s, м</i>	<i>I, А/м</i>
1	от -200 до 200 шаг 10	120	5	0,2
2	от -100 до 100 шаг 5	80	10	0,2
3	от -400 до 400 шаг 20	60	15	0,2
4	от -300 до 300 шаг 15	30	20	0,2
5	от -450 до 450 шаг 25	180	30	0,2