

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра геофизики и геоинформационных технологий

МАГНИТНАЯ СЪЕМКА

Учебно-методическое пособие по учебной геофизической практике
Для студентов II курса

Казань - 2017

*Печатается по решению учебно-методической комиссии
института геологии и нефтегазовых технологий
Протокол № 5 от 17 мая 2017 года*

Составители:

старший преподаватель Насыртдинов Б.М.,
старший преподаватель Хамидуллина Г.С.,
инженер Даутов А.Н.

Магнитная съемка: Учебно-методическое пособие по учебной геофизической практике / Насыртдинов Б.М., Хамидуллина Г.С., Даутов А.Н.. - Казань: Изд-во Казан, ун-та, 2017. •- 27 с.

В методическом пособии представлены сведения, необходимые для прохождения учебной практики по магниторазведке с наземными квантовыми, протонными и оптико-механическими магнитометрами. В сжатой форме описываются сущность метода, методика полевых работ, а также основные способы обработки и изображения результатов измерений. В методическом пособии соблюдены основные требования действующей инструкции по производству магниторазведочных работ в отношении точности измерений и контроля.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 05.03.01 Геология.

© Насыртдинов Б.М., Хамидуллина Г.С., Даутов А.Н. 2017

© Казанский университет, 2017

Содержание

Введение.....	4
Основы теории магниторазведки.....	4
Организация полевых работ.....	7
Методика полевых измерений.....	9
Методика измерений с квантовыми магнитометрами.....	10
Методика измерений с протонными магнитометрами.....	12
Методика измерений с оптико-механическими магнитометрами..	13
Определение качества полевых работ.....	17
Обработка результатов измерений магнитного поля.....	18
Вычисление аномального значения магнитного поля.....	18
Графическое изображение результатов измерений.....	20
Качественная и количественная интерпретация выявленных аномалий.....	23
Отчетность.....	25

Введение

Данное пособие по учебной практике по проведению магнитной съемки предназначено для студентов II курса Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

Основной задачей студентов при прохождении учебной практики по магниторазведке является:

- подготовить аппаратуру для проведения магниторазведки;
- провести полевые измерения и их камеральную обработку;
- по полученным магниторазведочным данным построить графики и карту магнитного поля;
- написать отчет по учебной практике.

На практику по магниторазведке отводится 4 календарных дня, из них: один день - на разбивку сети; 2 дня на полевые работы; 1 день на камеральные работы и сдачу отчета.

Основы теории магниторазведки

Магниторазведкой называется метод исследования геологического строения земной коры, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, основанный на изучении распределения в пространстве изменений геомагнитного поля, возникающих вследствие неодинаковой намагниченности различных горных пород. Область применения магниторазведки очень велика - археология, экология, прогноз землетрясений и т.д. В геологии - основной области применения магниторазведки - метод используется при тектоническом и металлогеническом районировании, при геокартировании и поисках, при разведке обнаруженных месторождений многих полезных ископаемых, при планировании добычных работ на действующих горнодобывающих предприятиях.

Измерения магнитного поля Земли показали, что в первом приближении оно представляет собой поле магнитного диполя \overline{T}_d , помещенного в центр Земли. Характеристикой магнитного поля на поверхности Земли является его напряженность \overline{T} и ее составляющие X, Y и Z (рис. 1). Ось координат x направлена на географический север, ось y - на восток, ось z - вертикально вниз.

К основным элементам геомагнитного поля относят: вертикальную \bar{z} и горизонтальную \bar{h} составляющие, наклонение J (угол между вектором

напряженности \vec{T} и горизонтальной плоскостью), склонение D (угол между географическим и магнитным меридианами).

В магниторазведке измеряют магнитную индукцию $B = \mu \cdot H$, где μ - магнитная проницаемость.

Измерения поля \vec{T} показало, что напряженность магнитного поля является суммой векторов:

$$\vec{T} = \vec{T}_0 + \vec{T}_a + \vec{T}_e,$$

где \vec{T}_0 - главное магнитное поле, \vec{T}_a аномальное отклонение магнитного поля от \vec{T}_0 ; \vec{T}_e - внешнее магнитное поле электромагнитного происхождения.

Величина \vec{T}_a относительно уровня, принятого за условное нулевое значение, пишется как ΔT_a . Величину T_e , исключают, используя высокоточные магнитовариационные станции.

Единицей напряженности геомагнитного поля T в системе СИ является ампер на метр (А/м), в системе СГС - эрстед (Э). В практике магниторазведки широко применялась также внесистемная единица напряженности магнитного поля гамма (γ). Перечисленные единицы измерения напряженности магнитного поля соотносятся следующим образом: $1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э}$. $1 \text{ Э} = 10^5 \gamma$.

Единицей магнитной индукции в системе СИ является тесла (Тл), а в системе СГС - гаусс (Гс). Указанные единицы измерения соотносятся $1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Тл}$. В магниторазведке используется более мелкая единица нанотесла (нТл), равная 10^{-9} Тл .

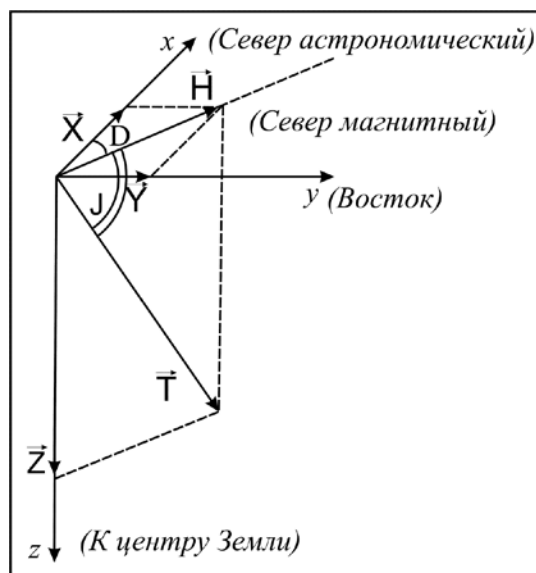


Рис. 1. Элементы земного магнитного поля

Так как для большинства сред, в которых изучается магнитное поле (воздух, вода, громадное большинство немагнитных осадочных пород), $1 \text{ А/м} =$

$4\pi \cdot 10^{-7} \text{Э. Гн/м} = \text{const}$ (где μ_0 - магнитная постоянная), то количественно магнитное поле Земли можно измерять либо в единицах магнитной индукции (в нТл), либо напряженности поля - гамма (γ).

Существует несколько модификаций магнитных съемок и измерений, входящих в состав магниторазведки. Это площадные и маршрутные съемки (наземные, воздушные и надводные), а также измерения геомагнитного поля в буровых скважинах (скважинная магниторазведка).

Нормальная последовательность выполнения магнитных съемок заключается в том, что аэромагнитные работы предваряют наземные, причем масштабы тех и других последовательно укрупняются.

Наземные магнитные съемки выполняются после изучения района исследований аэромагнитными съемками масштабов 1:200000-1:100000 и 1:50000 - 1:25000. Масштаб наземных магнитных съемок преимущественно 1:10000- 1:5000 и крупнее.

Приборы, предназначенные для измерения магнитного поля, называют магнитометрами. Для суждения о степени и характере изменения магнитного поля Земли необязательно измерять величину и направление его полного вектора \vec{T} . Вполне достаточно проводить систематические наблюдения какого-либо из его элементов (например, Z-составляющую).

Современные магнитные съемки выполняются с использованием протонных магнитометров и квантовых магнитометров. Точность измерения с протонными и квантовыми магнитометрами $\pm 0,5 - 1$ нТл.

До начала работ в зависимости от предполагаемых размеров магнитных аномалий и геологического строения определяют густоту сети наблюдений, масштаб съемки и вид проложения маршрутов (профилей) на местности.

Конечной продукцией магниторазведочных работ являются отчеты с приложением карт и графиков магнитного поля и с геологическим истолкованием полученных данных.

Организация полевых работ

Полевые работы в условиях учебной практики по магниторазведке включают в себя два этапа: подготовительный период и непосредственно полевые наблюдения.

В подготовительный период входят разбивка топографической сети для магнитных съемок и подготовка приборов к измерениям.

При подготовке к съемке намечается направление магистрали и рядовых профилей. Съемка производится над моделями аномальных объектов, созданных на территории базы практики на участке прямоугольной формы, вытянутой с севера на юг. Профили ориентируют вкрест простирания модельных объектов. Магистраль прокладывается по простиранию изучаемой модельной структуры. Расстояние между рядовыми профилями и пикетами наблюдений выбирается в соответствии с масштабом съемки. Вначале прокладывается магистраль с помощью вешек и мерной ленты. Каждая точка магистрали закрепляется на местности колышком. Затем прокладываются профили: задают направления в обе стороны от магистрали, на концах профилей выставляют вешки и затем промеряют расстояния мерной лентой. На каждом колышке делается надпись в виде дроби: в числителе римской цифрой ставится номер профиля, в знаменателе арабской цифрой - номер пикета. В соответствии с принятой на практике геофизических работ системой, порядок нумерации возрастает с юга на север и с запада на восток.

В подготовительный период выбирается место для установки вариационной станции или магнитометра для наблюдения вариаций геомагнитного поля. Магнитовариационная станция устанавливается на специально оборудованной площадке. Пульт управления станции, сухие батареи и вспомогательный инвентарь размещаются на расстоянии полной длины кабеля, идущего от пульта (измерительно-регистрационного блока) к корпусу станции (датчика). Рядом со станцией никто не должен работать и передвигать железные предметы, чтобы перемещение магнитных предметов не вносило помех в вариограммы. Над магнитовариационной станцией (датчиком) натягивается тент во избежание попадания осадков и солнечных лучей. Вокруг места расположения станции вбиваются колья, и между кольями натягивается веревка, препятствующая проникновению посторонних. В качестве вариационной станции в условиях учебной геофизической практики используют обычные магнитометры, но обязательно того же типа и класса точности, что и прибор, с которым выполняются съемки.

При подготовке приборов к полевым измерениям устанавливается их исправность, проверяется комплектность.

Для повышения качества измерений и приведения всех измерений к одному уровню создается контрольный пункт КП, который выбирается недалеко от площади съемки в спокойном магнитном поле. Вблизи КП не должно быть источников искусственных помех. При выборе КП следует провести измерения не более чем на 1-2 гамма. Выбранный пункт закрепляется

на месте колышками. К уровню магнитного поля на КП приводят все измерения, полученные на съемочной площади. На КП отчеты берутся перед началом рейса и по его окончании. Если после введения поправок существует разность значений между наблюдениями на КП, то она разбрасывается по рядовым точкам пропорционально времени. Значение поля на КП перед началом первого рейса принимается за нормальное поле.

В случае работы с оптико-механическими приборами наблюдения на КП перед началом рейса и после его будут отличаться между собой после введения поправок по изменению температуры и вариаций магнитного поля Земли. Эта разность обусловлена самопроизвольным изменением отсчета из-за особенностей устройства прибора и воздействия различных внешних причин (температуры, давления и т.п.) и носит название «смещение нуля-пункта» прибора. Знак смещения может быть положительным и отрицательным. Впоследствии вводится поправка за смещение нуля-пункта.

Перед началом съемки операторы на рядовой сети и на вариационной станции синхронизируют время на своих часах и между собой.

Методика полевых измерений

Наземные магнитные съемки выполняются в настоящее время с помощью квантовых и протонных (в том числе оверхаузоровских) магнитометров. В ходе практики студенты выполняют магнитную съемку со всеми перечисленными типами магнитометров.

При работе с магниторазведочной аппаратурой необходимо соблюдать требования техники безопасности.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ С КВАНТОВЫМИ МАГНИТОМЕТРАМИ

В квантовых магнитометрах, предназначенных для измерения абсолютных значений модуля индукции магнитного поля $B = \mu \cdot T$, используют так называемый эффект Зеемана. Атомы, обладающие магнитным моментом, при попадании в магнитное поле приобретают дополнительную энергию, частота излучения которой пропорциональна полному вектору магнитной индукции этого поля в точке наблюдения. Чувствительным элементом магнитометра является сосуд, в котором имеются пары цезия, рубидия или гелия. В результате вспышки монохроматического света (метод оптической накачки) электроны паров переводятся с одного энергетического подуровня на

другой. Возвращение их на прежний уровень после окончания накачки сопровождается излучением энергии в виде электромагнитных квантов с частотой, пропорциональной величине магнитного поля.

Квантовый магнитометр состоит из OEM магнитометра POS-1 и накопителя данных DLPOS (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид квантового магнитометра MMPOS1

Результаты наблюдений записываются в полевой журнал, форма которого приведена в табл. 1.

Оператор, подойдя к пикету, останавливается, ориентирует датчик по линии В-З, кратковременным нажатием кнопки «Enter» производят измерение; показания значения и времени с цифрового табло переписываются в журнал.

Таблица 1

Журнал полевых наблюдений при проведении магнитных съемок с квантовым магнитометром MMPOS-1

№ профиля	№ пикета	Время			Т, нТл	Примечание
		Часы	Минуты	Секунды		
1	2	3	4	5	6	7

В графе 1 и 2 указывается номер профиля и пикета соответственно. В графах 3, 4, 5 указывается время съемки каждой точки. В графе 6 записывается отсчет по табло магнитометра. В графе 7 – записываются примечания (любые изменения которые могут снести изменения в магнитное поле Земли).

Для регистрации вариаций прибор устанавливается вблизи участка, вдали от источников возможных помех на площадке со спокойным магнитным полем. Запись вариаций магнитного поля может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режиме. При ручной регистрации вариаций магнитного поля показания прибора записываются в журнале, форма которого приведена в таблице 2.

Таблица 2

Журнал регистрации вариаций геомагнитного поля.

Время			Т, нТл	Примечание
Часы	Минуты	Секунды		
1	2	3	4	5

В графах 1, 2, 3 указывается время съемки каждой точки. В графе 4 записывается отсчет по табло магнитометра. В графе 5 – записываются примечания (любые изменения которые могут снести изменения в магнитное поле Земли).

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ С ПРОТОННЫМИ МАГНИТОМЕТРАМИ

Чувствительным элементом протонного магнитометра является жидкость, богатая протонами (вода, спирт). Сосуд с этой жидкостью помещается внутри питающей (поляризационной) катушки, в которой с помощью постоянного тока от встроенного источника питания создается магнитное поле. Его надо направить перпендикулярно полному вектору магнитного поля Земли в данной точке (Т). Жидкость «намагничивается» в течение примерно двух секунд, и все протоны, которые можно считать элементарными магнетиками, устанавливаются вдоль намагничивающего поля. Затем намагничивающее поле быстро выключается. Протоны, стремясь установиться вдоль вектора Т, колеблются (прецессируют) вокруг него и индуцируют в измерительной катушке очень слабую ЭДС, частота которой пропорциональна величине напряженности поля Т.

Магнитометр состоит из трех основных блоков: датчика с треногой, пульта управления и GPS датчик. Пульт управления в свою очередь включает в себя электронный и отсчетный блоки с панелью, на которых размещены элементы управления и цифровое табло.

Оператор, подойдя к пикету, останавливается, ориентирует датчик по линии Ю–С, кратковременным нажатием кнопки «Mark» производят измерение; показания значения и времени с цифрового табло переписываются в журнал.

Результаты наблюдений записываются в полевой журнал (табл. 1).



Рис. 3. Внешний вид протонного магнитометра Geometrix G859

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ С ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ МАГНИТОМЕТРАМИ

Чувствительная магнитная система опτικο-механических магнитометров (рис. 4) состоит из магнита, который может вращаться либо вокруг вертикальной оси (подобно магнитной стрелке в компасе) для измерений приращений горизонтальной составляющей в двух точках (ΔH), либо вокруг горизонтальной оси для измерения приращений вертикальной составляющей (ΔZ). Углы отклонения $\Delta\phi$, пропорциональные ΔH или ΔZ , определяются с помощью специальной оптической системы.

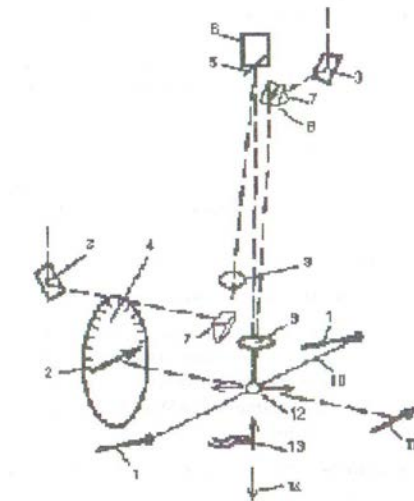


Рис. 4. Схема устройства оптико-механического магнитометра (М-27)

Перед началом полевых измерений производится подготовка оптико-механических приборов к полевым работам. В подготовку входят следующие операции:

- Проверка цены ступени диапазонного магнита. Проверка осуществляется с помощью колец Гельмгольца.

- Определение цены деления магнита плавной компенсации. Эту операцию можно осуществлять либо с помощью колец Гельмгольца, либо применяя диапазонный магнит. Удобнее пользоваться вторым способом. Прибор устанавливают в рабочее положение и берут отсчет n_1 по шкале. Затем диапазонный магнит переключают на соседнюю ступень и берут отсчет n_2 . Зная величину компенсирующего поля ΔZ при переходе с одной ступени диапазонного магнита на другую, рассчитывают цену деления шкалы плавного магнита (нТл/дел): $\varepsilon = \frac{\Delta Z}{n_1 - n_2}$.

- Приращения компенсационных полей ΔZ , получаемых при переключении ступеней диапазонного магнита, лежат в пределах 4300-5900 нТл (каждая ступень 5100 ± 800 нТл) так, что при любой величине измеряемого поля можно произвести переключение диапазонного магнита (по крайней мере, в одну сторону).

- Выбор рабочего азимута. Если ось вращения подвижного магнита не горизонтальна и ось магнита не параллельна плоскости зеркала, то показания прибора будут зависеть от его ориентировки, так как в этом случае сказывается действие горизонтальной составляющей поля. Поэтому необходимо выяснить зависимость результатов измерений от ориентировки прибора. Строится азимутальная кривая погрешностей. Для построения кривой

необходимо выполнить измерения на одной точке, ориентируя прибор в различных азимутах. Полученные значения записываются в таблицу 3.

Таблица 3

Направление	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ
Значение								

Для каждого азимута рассчитывают:

$$\delta Z_{\omega} = \left(n_{\omega} - \frac{n_0 - n_{\omega}}{2} \right) \varepsilon$$

где ε - цена деления прибора; n_0 - отсчет при ориентировании магнитной системы на восток; n_{ω} - то же, на запад. По полученным данным строят азимутальную кривую (рис. 5). По оси абсцисс откладывают азимут, а по оси ординат – соответствующие этому азимуту значения измеренного поля.

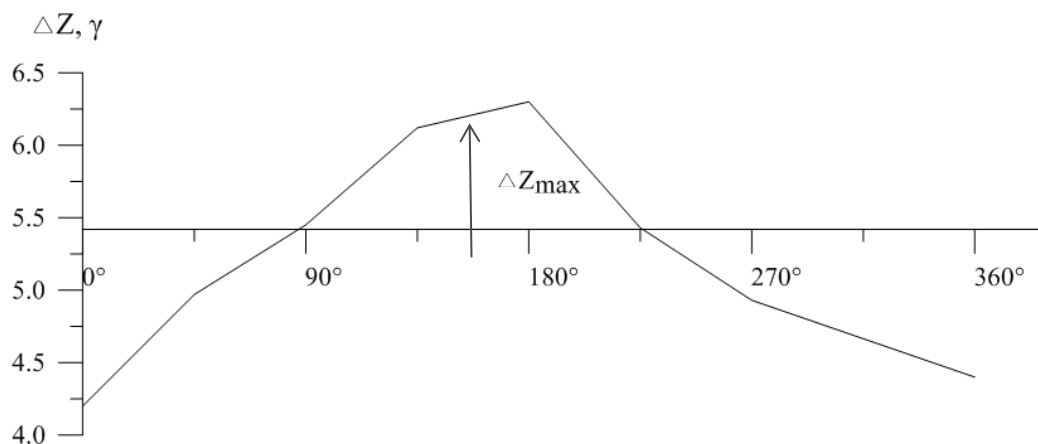


Рис. 5. Пример азимутальной кривой опико-механического магнитометра М-27

Если отклонения по азимутальной кривой превышают 10 нТл, то магнитометр необходимо ориентировать по направлению, в котором азимутальная кривая образует наиболее пологий ход. В этом направлении (рабочем азимуте) ошибка в измерении за счет ориентации будет наименьшей.

При проведении измерений с магнитометром у оператора не должно быть металлических предметов (часов, пряжек, запонок, шпилек и т.п.). В начале съемки при первом измерении после установки прибора на пикете (в дезарретированном положении) первый отчет снимают через 15-20 мин.

Последующие измерения производятся сразу после установки прибора на пикете.

Измерения на пикете производятся в следующем порядке:

1. Магнитометр с помощью соединительного винта укрепить на треноге. Высота ножек устанавливается в соответствии с ростом наблюдателя и закрепляется зажимными винтами. Центр прибора должен находиться над точкой, в которой проводятся измерения.

2. Ориентировать «на глаз» магнитометр по рабочему азимуту, т.е. условную линию NS направить по азимуту, выбранному по азимутальной кривой. При этом не рекомендуется устанавливать магнитометр в азимуте 180° (северным полюсом подвижного магнита на юг), так как в этом случае затрудняется выведение магнитной системы в горизонтальное положение. Если северный полюс подвижного магнита обращен на юг, то небольшое отклонение его оси от горизонтали приведет к резкому увеличению момента горизонтальной составляющей напряженности геомагнитного поля, стремящегося вывести подвижный магнит из горизонтального положения.

3. Пузырьки двух взаимно перпендикулярных уровней магнитометра вывести в среднее положение с помощью трех установочных винтов.

4. Магнитометр дезарретирован поворотом ручки арретира. На ручке арретира сверху стоит буква «А», если прибор арретирован, и буква «Р», если прибор разарретирован. Внимание: запрещается перемещать магнитометр в разарретированном положении.

5. Вращая ручку управления плавной компенсацией, выводят подвижной магнит в горизонтальное положение, что фиксируется совпадением нулевой линии шкалы с серединой подвижного индекса. Берется отсчет по шкале и записывается в журнал полевых наблюдений, форма которого приведена в таблице 4. Шкала имеет 600 делений; цена деления приблизительно равна 10 нТл, точность отсчета $\pm 0,1$ деления.

6. Магнитометр арретировать и перенести на следующую точку измерения вместе с треногой.

Определение качества полевых работ

Основным средством определения качества съемки являются контрольные измерения на местности. Объем контрольных наблюдений не должен быть ниже 10 %. Контрольные наблюдения выполняются отдельным

рейсом (звеном) и, как правило, другим оператором. Методика контрольных измерений не отличается от методики рядовой съемки.

Контрольный маршрут выбирается так, чтобы он пересек большинство съемочных профилей и проходил на участках относительно спокойного магнитного поля. Не рекомендуется проводить контрольные измерения на точках с высокими аномальными значениями, т.к. обычно аномальные участки характеризуются большими градиентами поля, и погрешности расположения прибора (по высоте и по установке на пикете) создают большие погрешности измерения.

Оценка точности проведенной съемки производится по сходимости результатов основного и контрольного измерений. За меру этой сходимости принимается средняя квадратическая погрешность измерений, которая вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{2n}},$$

где $\Delta_i = \Delta T_i^p - \Delta T_i^k$ (в случае использования оптико-механического прибора $\Delta_i = \Delta Z_i^p - \Delta Z_i^k$), где $\Delta T_i^p (\Delta Z_i^p)$ – значение поля а i -й точке рядового профиля после введения всех необходимых поправок; $\Delta T_i^k (\Delta Z_i^k)$ – значение поля в i -й точке контрольного маршрута с учетом необходимых поправок; n – число контрольных точек. Средняя квадратическая погрешность σ служит первичной характеристикой (мерой) качества съемки. Результаты оценки точности приводятся в журнале «Ведомость контрольных наблюдений», который оформляются по форме, приведенный таблице 4.

Таблица 4

Ведомость контрольных наблюдений

№ профиля	№ пикета	Время			$T_i^p, \text{нТл}$	$T_i^k, \text{нТл}$	Δ_i	Δ_i^2	Примечание
		Час	Мин	Сек					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Обработка результатов измерений магнитного поля

ВЫЧИСЛЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Обработка результатов измерений проводится параллельно с полевыми работами и включает в себя введение поправок, обеспечивающих заданную точности» измерений, устранение при необходимости регионального фона и выделение остаточных аномалий, построение графиков и карты изодинам.

Наиболее ответственной операцией при обработке материалов является введение поправок. Поправка за вариацию геомагнитного поля.

Измерения вариаций ведутся на протяжении всего времени работы магнитометров на рядовой съемке. Периодичность съемки вариаций составляет 10 сек (рис. 6).

Величина вариации для каждого момента времени вычисляется по формуле: $\Delta T_e = T_{i0} - T_i$, где T_{i0} - первый замер, T_i - последующие замеры через определенные интервалы времени.

Т, нТл

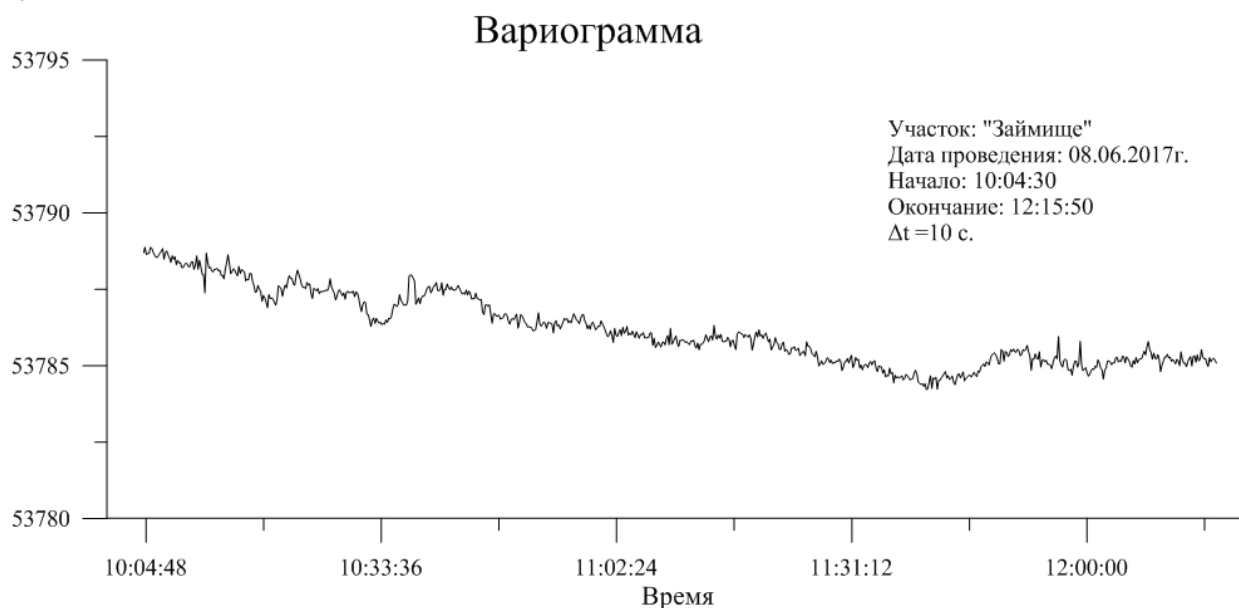


Рис. 6. Пример записи вариационной станции прибором ММРОС-1

Ввести в измерения поправку за вариации магнитного поля, значит, привести все измерения к уровню поля, которое наблюдалось в какой-то момент времени.

Обычно приращение вводится от уровня, которое имело место в момент первоначального измерения на КП. Для периода, в течение которого величина

геомагнитного поля увеличивалась, поправка вводится со знаком минус, при уменьшении поля относительно уровня T_{i0} поправка имеет знак плюс.

Все измерения, полученные на площади съемки, приводят к уровню одного КП. Уровень геомагнитного поля на КП не совпадает с уровнем единого нормального поля, поэтому измерения на КП можно привести к единому нормальному полю, которое либо снимают с карт нормального поля, либо наблюдается над мощной толщей немагнитных пород. Для этого определяют приращение значения магнитного поля на КП относительно выбранного нормального поля и во все полученные значения поля вводят поправку.

Обработка результатов наблюдений, проведенных с оптико-механическими магнитометрами, требует дополнительно введение поправок за смещение нуля-пункта магнитометра и за изменение ступени компенсационного магнита (смене положения диапазонного магнита).

ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты полевых измерений представляются в виде карт изодинам и графиков ΔT_a или ΔZ_a .

Основной и обязательной формой графического представления результатов магнитной съемки является карта изолиний аномального магнитного поля. При составлении карт изолиний магнитного поля необходимо руководствоваться нижеследующими рекомендациями:

- Интервал между изолиниями должен обеспечить хорошую читаемость карты, и выбирается с учетом интенсивности аномальных полей и характера искомых возмущающих объектов. В случае необходимости изолинии можно проводить через прогрессивно возрастающие интервалы (например: ± 25 нТл, ± 50 нТл, ± 75 нТл, ± 100 нТл, ± 200 нТл, ± 300 нТл, ± 400 нТл, ± 500 нТл, ± 1000 нТл, ± 1500 нТл, ± 2000 нТл, ± 2500 нТл). Минимальный допустимый интервал основных изолиний равен $2,5 m_1$ где m_1 - средняя квадратическая погрешность съемки. Разрешается проводить промежуточные изолинии.

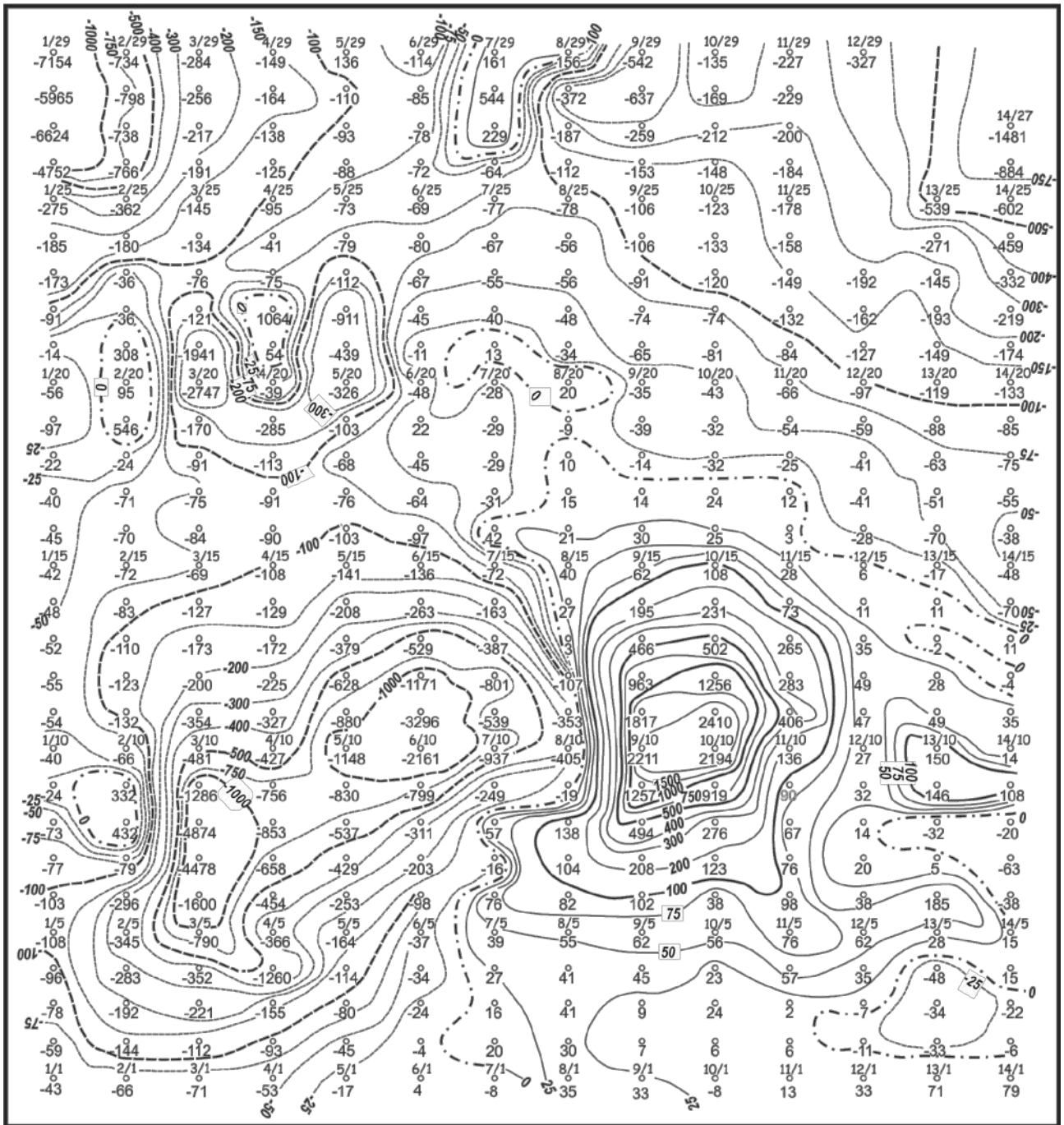
- Построение изолиний выполняется на основе интерполяции. Например, если в точке А значение $\Delta T_a = +60$ нТл, а в точке В, удаленной на карте от точки А на расстояние в 10 мм, $\Delta T_a = +160$ нТл, то между точками А и В при сечении изолиний в 50 нТл могут быть проведены изодинамы с отметками + 100 нТл и +150 нТл. Расстояние от точки А до первой точки будет

иметь величину: $10 \frac{100-60}{160-60} = 4 \text{ мм}$, а до второй точки: $10 \frac{150-60}{160-60} = 9 \text{ мм}$. Таким же образом определяют положение изодинам и на линиях, соединяющих точку А с другими ближайшими точками. Затем точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями — изолиниями (изодинамами). Сглаживание первичных построений разрешается в пределах средней квадратической погрешности съемки. Можно не учитывать отдельные точки, которые имеют резко отличные значения поля по сравнению с соседними (рис. 7).

Для наглядности на карте изодинам положительную часть поля закрашивают синим цветом, отрицательную - красным с постепенным сгущением тона по мере увеличения напряженности поля. При не цветном изображении карт изодинам положительные изолинии проводятся сплошными линиями, отрицательные - пунктирами. Нулевая линия изображается пунктирной линией с точкой.

На основании анализа построенных карт намечаются профили, по которым следует выполнять количественную интерпретацию. Такие профили называют интерпретационными. По интерпретационным профилям строятся графики поля ΔT_a или ΔZ_a .

При построении графиков магнитного поля придерживаются следующих правил: горизонтальный масштаб выбирается в масштабе съемки или в два раза крупнее. Вертикальный масштаб при построении карт графиков определяется точностью съемки. В большинстве случаев наиболее целесообразным является масштаб, при котором 1 мм соответствует округленному значению средней квадратической погрешности съемки. При таком изображении магнитного поля погрешности измерений мало сказываются на характере графиков, а особенности распределения поля по профилям будут представлены в соответствии с достигнутой точностью съемки.



Масштаб 1:100



Рис. 7. Пример построения карты изодинам (Составили: Будяк А., Бушкова М., Кузнецов С., Феофилова М.)

Качественная и количественная интерпретация выявленных аномалий

Первым этапом интерпретации результатов магниторазведки является качественная интерпретация. При качественной интерпретации дается визуальное описание характера аномалий магнитного поля по карте, т.е. отклонений от средних (фоновых) значений ΔT . При этом отмечается форма аномалий, их простирание, примерные размеры, амплитуда. При этом рассматриваются лишь достоверные аномалии, руководствуясь правилом, что аномалию можно считать достоверной, если она отмечается не менее чем по трем соседним точкам, значение поля в которых превышает не менее чем в три раза среднюю квадратическую погрешность съемки.

Количественная оценка параметров залегания объекта производится по графикам ΔT или ΔZ вдоль интерпретационных профилей, проходящих через центры достоверных аномалий.

Простейшим способом интерпретации изолированных аномалий является способ *характерных точек*. В этом способе используется простая связь координат некоторых характерных точек интерпретируемой кривой ΔT или ΔZ (например, точки полумаксима $x_{1/2}$) с параметрами тела (например, глубиной его залегания h). На аномальной кривой определяют положение начала координат, для этого используют расстояние между парами одноименных характерных точек. Обозначим это расстояние между полумаксимами как $2x_{1/2}$. Для точек, удаленных на расстояние $x_{1/2}$ от начала координат, в которых T_a (Z_a) равно половине максимального T_{\max} (Z_{\max}), получаем следующее уравнение:

$$\frac{mh}{(x_{1/2}^2 + h^2)^{3/2}} = \frac{m}{2h^2}$$

$m \sim$ магнитный заряд, сосредоточенный в полюсе. При его решении получаем, $h \approx 1.3|x_{1/2}| = 0.65 \cdot 2|x_{1/2}|$.

Метод касательных. Сущность метода заключается в следующем. На графиках ΔT или ΔZ проводятся касательные, параллельные оси x , через максимум, минимум (если они есть), а также касательные вдоль боковых сторон аномалий через точки перегиба (рис. 8). Далее находятся точки пересечения всех касательных и определяются абсциссы точек пересечения x_1, x'_1, x_2, x'_2 . Если на кривой ΔT (ΔZ) минимумов нет (аномалии одного знака), то за точки x_1, x'_1 берутся точки пересечения наклонных касательных с осью x .

Приближенная глубина залегания верхней кромки тела, создавшего данную аномалию, рассчитывается по формулам: $h = \frac{x_1 - x_2}{2}$ и $h = \frac{x'_1 - x'_2}{2}$

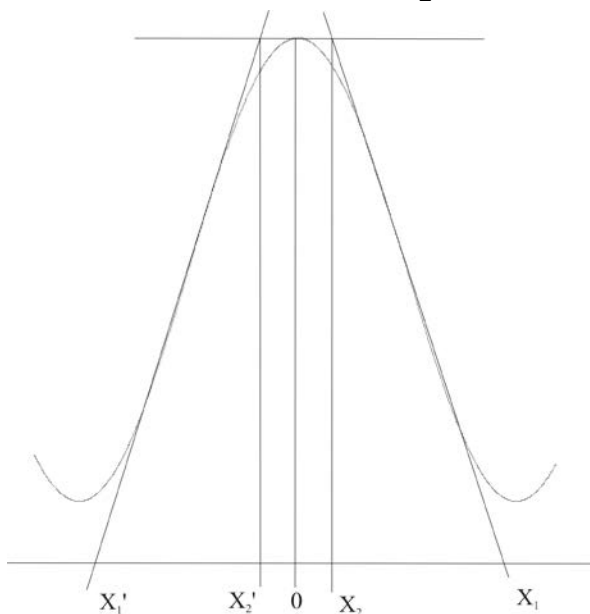


Рис. 8. Схема обозначений для интерпретации «методом касательных»

Среднее из полученных двух значений h и служит для оценки глубины залегания верхней кромки тела.

Отчетность

Результаты учебной практики оформляются в виде окончательного отчета, который должен содержать исчерпывающие сведения о проведенных работах.

План отчета следующий:

- Введение
- Глава I. Применяемая магниторазведочная аппаратура.
- Глава II. Методика и техника съемки.
- Глава III. Обработка полевых материалов.
- Глава IV. Качественная и количественная интерпретация.
- Заключение.

Во Введении должны быть сведения о целевом назначении учебной практики, место прохождения практики, о составе бригады; указываются авторы и доля их участия в составлении отчета.

В главе I вкратце излагаются принцип устройства применяемых магнитометров и подготовка к полевым измерениям (цель проводимых

регулировок, настроек, определения параметров аппаратуры, операции по проведению прибора в рабочее состояние).

В главе II излагаются применяемая методика исследований: указываются размеры участка съемки, густота сети, масштаб съемки, направление маршрутов, порядок пунктов наблюдений, способ учета вариаций (сведения о вариациях), выбор КП, процент контроля. Здесь же приводятся оценка качества полевых материалов, погрешность съемки

В главе III описываются приемы обработки геофизических материалов и введения поправок, обоснованность выбора масштаба карты и сечения изолиний, методика составления отчетной карты.

В главе IV дается детальное описание характера и особенностей выявленного аномального поля по следующему плану':

- 1) интенсивность выявленных достоверных аномалий;
- 2) размеры достоверных аномалий по площади;
- 3) форма достоверных аномалий;

Здесь же объясняется природа выявленных аномалий. В главе также излагаются результаты количественной интерпретации (определение истинных глубин залегания полюсов модели).