

**ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС
УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ**

Охрана окружающей среды и природопользование. Недра
ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ АЭРОМАГНИТОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарастанне. Нетры
ПРАВІЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ АЭРАМАГНІТАРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Издание официальное



Минприроды

Минск

Ключевые слова: Недра, аэромагниторазведочные работы, аэромагнитометр, маршрут, бортовой комплекс

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению техническим нормированием и стандартизацией в области охраны окружающей среды установлены Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды».

1 РАЗРАБОТАН Научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Космоаэрогеология» и Геофизической экспедицией РУП «Белгеология»

2 ВНЕСЕН Департаментом по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 7 июля 2010 г. № 6-Т

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения.....	1
4 Обозначения и сокращения.....	2
5 Общие положения.....	2
5.1 Магниторазведка.....	2
5.2 Правила проектирования аэромагниторазведочных работ.....	5
5.3 Организация работ.....	8
5.4 Служба времени.....	9
5.5 Учет вариаций магнитного поля при аэромагнитной съемке.....	10
5.6 Документация и контроль качества полевых и камеральных работ.....	15
5.7 Правила графического представления результатов работ в отчетах.....	17
5.8 Отчетность.....	22
6 Виды аэромагнитных съемок и съемочных маршрутов.....	23
7 Аппаратура.....	25
7.1 Аэромагнитометры (бортовой комплекс).....	25
7.2 Радиовысотометры.....	28
7.3 Наземный комплекс.....	28
8 Методика и техника работ.....	29
8.1 Общие указания, технологическая схема работ.....	29
8.2 Масштабы площадных съемок, высоты полетов, системы залетов площадей, направление и длина маршрутов.....	32
8.3 Работа экипажа съемочного самолета.....	36
8.4 Увязка результатов аэромагнитных измерений и определение аномальных значений магнитного поля (ΔT) _a	38
8.4.1 Внутренняя увязка.....	38
8.4.2 Увязка по опорным сетям.....	40
8.4.3 Увязка по повторным маршрутам.....	43
8.4.4 Внешняя увязка и определение (ΔT) _a	44
8.5 Картографическое обеспечение.....	46
8.6 Высотная привязка.....	46
8.7 Методика специальных видов аэромагнитной съемки.....	47
8.8 Особенности методики аэромагнитной съемки в осложненных условиях.....	51
9 Обработка результатов аэромагнитных измерений.....	51
9.1 Предварительная полевая обработка данных.....	51
9.2 Первичное построение карт магнитного поля.....	52
9.3 Окончательная обработка материалов аэромагнитной съемки.....	52
10 Правила оценки погрешности аэромагнитных съемок и карт.....	53
10.1 Средняя квадратическая погрешность съемки.....	53
10.2 Погрешности карт.....	54
Приложение А (рекомендуемое) Форма штурманского бортжурнала.....	56
Приложение Б (рекомендуемое) Форма заявки на полет.....	58
Библиография.....	60

Введение

Аэромагнитные съемки являются ведущим геофизическим методом [1] в системе геолого-съемочных работ и прогнозно-поисковых исследований на различные виды полезных ископаемых. Масштаб аэромагнитных съемок может варьировать от 1:50000 до 1:25000, а в отдельных случаях 1:10000-1:5000, в зависимости от геологического строения изучаемой территории, характера ее магнитного поля, ориентировки на определенные виды полезных ископаемых, качества ранее выполненных съемок, условий проведения аэросъемочных работ и т.п.

Необходимость выработки основных требований, определяющих правила проведения аэромагнитных работ, прежде всего на суше, а также требований к составу и качеству полевых данных диктуется, с одной стороны, необходимостью повышения эффективности геолого-геофизических работ, с другой, - новыми современными аппаратурно-технологическими возможностями выполнения съемок, а именно:

освоением новой прецизионной техники и технологии съемочных работ;

разработкой и внедрением комплекса программно-алгоритмического сопровождения аэросъемочных работ, позволяющего в значительной мере автоматизировать производственный процесс;

внедрением в производство современных средств первичной обработки и увязки полевых данных;

появлением новых, современных средств интерпретации данных, позволяющих, с одной стороны, существенно повысить информационную отдачу метода, а, с другой стороны, предъявляющих существенно более жесткие требования к качеству полевых материалов.

Целью настоящего технического кодекса установившейся практики является определение основных параметров выполнения крупномасштабных аэромагнитных съемок на всех стадиях геологоразведочных работ и оценки качества получаемых данных.

Выполнение требований технического кодекса установившейся практики обязательно при проведении всех видов аэромагнитных исследований.

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

**Охрана окружающей среды и природопользование. Недра
ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ АЭРОМАГНИТОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ****Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Нетры
ПРАВІЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ АЭРАМАГНІТАРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

Environmental protection and nature use. Subsoil
Carrying out rules aeromagnetic works

Дата введения 2010 –07-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – ТКП) устанавливает основные требования к проектированию и производству аэромагниторазведочных работ, отвечающие современному уровню техники полевых измерений, обработки и интерпретации материалов.

ТКП обязателен для субъектов хозяйствования, осуществляющих деятельность в области проведения аэромагниторазведочных работ на территории Республики Беларусь.

2 Нормативные ссылки

В настоящем ТКП использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):
ГОСТ 24284-80 Гравиразведка и магниторазведка. Термины и определения,

Примечание – При пользовании настоящим ТКП целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные документы заменены (изменены), то при пользовании настоящим ТКП следует руководствоваться замененными (измененными) документами. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем ТКП применяют термины, установленные ГОСТ 24284, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 девиация: Изменение показаний аэромагнитометра в зависимости от азимута полета – при прочих равных условиях.

3.2 «звездочка»: Система маршрутов, проходящих через контрольную точку, выбранную в спокойном поле с угловым шагом 45°.

3.3 увязка маршрутов: Приведение результатов аэромагнитных измерений магнитного поля к единому отсчетному уровню.

3.4 внутренняя увязка: Приведение к одному отсчетному уровню магнитного поля рядовых маршрутов на отдельных участках (планшетах) съемки;

3.5 внешняя увязка: Приведение рядовых съемок на нескольких участках съемки к единому нулевому (отсчетному) уровню для составления сводных карт (увязка карт).

3.6 нетабельная и съемная аппаратура: Специальная аппаратура и приборы, не предусмотренные техническими условиями на поставку воздушных судов, устанавливаемые временно на единичные воздушные суда для выполнения различных работ и исследований в интересах народного хозяйства.

ТКП 17.04-18-2010

~~Издание официальное~~

4 Обозначения и сокращения

В настоящем техническом кодексе применяют обозначения и сокращения, установленные в ГОСТ 24284, а также следующие сокращения:

- АМС:** - аэромагнитная съемка
- КМ:** - контрольный маршрут
- КПК:** - короткопериодные колебания
- ЛЗП:** - линия заданного пути
- ЛФП:** - линия фактического пути
- МВС:** - магнитовариационная станция
- ОМ:** - опорный маршрут
- ОС:** - опорная сеть
- СОС:** - специальная опорная сеть
- ПМ:** - повторный маршрут
- РВ:** - радиовысотомер
- РМ:** - рядовой маршрут площадной съемки
- РЧМ:** - расчетный маршрут
- СВМ:** - связующий маршрут
- СКО:** - среднее квадратическое отклонение
- СМ:** - секущий маршрут

GPS-комплекс: - геодезические аппаратурно-программные комплексы для определения координат, использующие искусственные спутники Земли.

5 Общие положения

5.1 Магниторазведка

5.1.1 Магниторазведка – геофизический метод решения геологических задач, основанный на изучении земного магнитного поля, а также магнитных свойств горных пород и полезных ископаемых. Для Республики Беларуси актуальны несколько модификаций магнитных съемок и измерений, входящих в состав магниторазведки, в т.ч. воздушные (аэромагнитные).

5.1.2 Магниторазведка – элемент общего комплекса геолого-геофизических работ, однако некоторые геологические задачи она может решать самостоятельно. Другие виды геолого-геофизических работ могут выполняться одновременно с ней или с разрывом во времени. Так, аэромагнитная съемка часто ведется одновременно с аэрогамма-спектрометрической съемкой или аэроэлектроразведкой с одного самолета (вертолета).

5.1.3 Магниторазведка применяется на всех этапах геологоразведочных работ и решает в различном сочетании с другими методами широкий круг задач от мелкомасштабного геологического районирования и металлогенического прогнозирования до крупномасштабных поисков и разведки, а также эффективно используется в процессе эксплуатации месторождений. В связи с повышением точности магнитных съемок за последние годы резко расширилась область их применения. Стало возможным изучение слабомагнитных объектов, в том числе некоторых типов осадочных пород и структур осадочного комплекса. В таблице 1 приведены некоторые сведения о задачах, решаемых современной аэромагнитной съемкой в благоприятных геолого-геофизических условиях.

5.1.4 Повышение точности и уменьшение инерционности аэромагнитометров привело к нецелесообразности ведения мелкомасштабных наземных съемок. В настоящее время наземные съемки в масштабе мельче 1:10000 выполняются редко – на

ТКП 17.04-18-2010

интерпретационных и расчетных профилях, для получения совместно с АМС эффекта двухвысотной съемки).

Таблица 1 - Возможности современной магнитной съемки

Геологические задачи	Решаемые задачи
Помощь геологическому картированию	Определение границ не только сильномагнитных, но и осадочных и других весьма слабомагнитных пород (магнитная восприимчивость $K = (10 \div 15) \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ) и даже разделение пород с одинаковыми K , если они отличаются направлением естественной остаточной намагниченности J_n , или характерными неоднородностями, создающими мелкие аномалии от 1 нТл и выше
Картирование разрывных дислокаций	Выделение и трассирование разломов, сбросов, линий надвигов и т.п., если они вызывают аномалии 1,5—5 нТл.
Поиски рудных месторождений в осадочных толщах	При поисках бокситов подтверждена возможность выявления слабомагнитных разностей, которые раньше не удавалось обнаружить магниторазведкой. Можно обосновано предполагать, что магнитная съемка с квантовыми приборами поможет при прямых и косвенных поисках лимонитов, сидеритов, фосфоритов и марганцевых руд, а также карстовых полостей, к которым приурочены некоторые осадочные руды
Поиски россыпных месторождений	Достигнутая современными магнитометрами точность измерений позволяет выявлять концентрации золота при наличии ферромагнетиков в тяжелой фракции россыпей
Картирование рудоконтролирующих факторов	Выделение зоны гидротермальной и иной переработки пород (участков развития контактово-метасоматических явлений, березитизации, метаморфизма), которые ранее не отмечались съемкой, выявлять и проследивать границы слабомагнитных интрузий и тектонические линии, создающие аномалии 1,5-5 нТл
Прямые поиски слабомагнитных рудных месторождений в типично рудных районах (гидротермальные и некоторые иные месторождения)	Опыт применения современной аппаратуры для решения задач поиска полиметаллических и других месторождений немагнитных руд, обычно не являющиеся для этого метода объектами прямых поисков (за счет примесей ферромагнетиков – пирротина и магнетита) уже показал, что с повышением точности съемки число таких месторождений, отмечающихся в магнитном поле, возрастает
Прямые поиски сильномагнитных руд	Современные съемки высокой точности позволяют вести поиски глубокозалегающих тел, помогают разбраковке аномалий на рудные и нерудные, дают возможность надежно интерпретировать обнаруженные аномалии и выявлять детали строения рудных тел

окончание таблицы 1

Геологические задачи	Решаемые задачи
Картирование даек, кварцевых и пегматитовых жил	Возможно картирование даек и жил в тех случаях, когда связанные с ними положительные или «отрицательные» аномалии находятся в пределах погрешности обычных съемок (1,5-5 нТл), при мощности даек не менее 3 м
Выявление структур в связи с поисками нефти и газа	Аэросъемки с квантовой аппаратурой уверенно выявили в ряде регионов Евразии структуры разных типов (соляные купола, платформенные структуры, грязевые вулканы) и иногда в состоянии наметить их осложнения. Повышенная точность современных съемок обеспечивает более точную, чем ранее, информацию о рельефе фундамента, о зонах его нарушений
Поиски каменного угля	Возможность выявления тектоники угленосных толщ, что позволяет определять распространение угленосных фаций; структуры выявлялись по аномалиям 3-10 нТл, связанным с некоторыми маркирующими пластами литифицированных каменных углей
Особые виды работ	Современные точные съемки дают ценную информацию в инженерно-геологических работах. На ряде объектов в Беларуси подтверждена их перспективность в археологии. По зарубежным данным магниторазведка перспективна при изучении рельефа и состава дна акваторий, подледного рельефа Антарктиды и т. п.

5.1.5 Основными характеристиками магнитного поля являются магнитная индукция B и напряженность H . В вакууме эти величины связаны соотношением

$$\vec{A} = \mu_0 \vec{I} \quad (1)$$

где μ_0 – магнитная постоянная.

В изотропной среде индукция B связана с напряженностью H равенством

$$\vec{A} = \mu \mu_0 \vec{I} \quad (2)$$

где μ – относительная магнитная проницаемость (безразмерный скалярный коэффициент).

В средах анизотропных проницаемость μ описывается уже набором девяти чисел и представляет собой матрицу третьего порядка (тензор магнитной проницаемости); в данном ТКП μ отвечает случаю изотропной среды, представляет собой безразмерный числовой множитель во всех системах единиц.

Реально измеряемой в аэромагниторазведке величиной всегда является главная характеристика магнитного поля – магнитная индукция B .

В данном ТКП вектор и модуль магнитной индукции обозначаются соответственно T и T . Модуль вертикальной и горизонтальной составляющей геомагнитного поля обозначаются буквами Z и H .

Изменение элементов земного магнетизма в пространстве (приращение) обозначается знаком Δ . ΔZ (приращение вертикальной составляющей вектора магнитного поля) или ΔT (приращение модуля вектора магнитного поля).

Изменение элементов земного магнетизма во времени (вариации) обозначается знаком δ , δZ или δT .

В тех случаях, когда из наблюдаемых значений магнитного поля вычтено соответствующие значения нормального поля Земли, результат называют аномальным магнитным полем и обозначают с применением нижнего индекса «а»: $(\Delta T)_a$ или ΔZ_a

5.2 Правила проектирования аэромагниторазведочных работ

ТКП 17.04-18-2010

5.2.1 Основанием для проектирования аэромагниторазведочных работ является установленное Департаментом по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь геологическое задание. Назначением проекта является определение методики, техники и организации аэромагниторазведочных и связанных с ними вспомогательных работ, которые необходимо осуществить для выполнения геологического задания, а также обоснование исходных данных для составления сметы. В проектах должны предусматриваться наиболее рациональная методика и организация работ, обеспечивающие выполнение геологического задания с минимальными затратами средств и времени. Вспомогательные виды работ (например, GPS-привязка, радиотелефонная связь, вариационное обеспечение, компьютерная обработка и оформление) рассматриваются в разделах единого проекта; составление самостоятельных проектов по таким работам не требуется. Проект должен быть предельно кратким и содержать только те сведения, которые необходимы для выполнения указанных выше задач проектирования.

5.2.2 При составлении проектов необходимо руководствоваться настоящим ТКП, приказами РУП «Белгеология», Департамента по геологии, требованиями НПА, в том числе ТНПА.

5.2.3 Проект состоит из двух частей:

- геолого-методической;
- производственно-технической

и оформляется отдельными книгами.

5.2.4 На начальном этапе проектирования необходимо собрать и проанализировать сведения, которые определяют конкретные задачи, организацию, технику, методику, стоимость и эффективность проектируемых работ. По району работ изучают сведения о его геолого-геофизической изученности, о геологическом строении (включая геологические результаты предшествующих геофизических работ), о магнитных свойствах горных пород и полезных ископаемых, о наличии и особенностях топографических карт, геодезических знаков на местности, о физико-географических особенностях района - его орографии, залесенности, климате, дорогах, населенных пунктах, аэродромах и т.п., о ближайших магнитных обсерваториях (координаты, удаленность от участка, аппаратура обсерваторий).

5.2.5 В зависимости от вида проектируемых работ дополнительно изучаются: - для аэромагнитной съемки - вероятное количество летных дней по месяцам, наличие и характер ориентиров на местности, основной и запасные аэродромы.

5.2.6 Геологические данные изучаются не только в пределах намеченного участка съемки, но и для смежных территорий. При отсутствии сведений о физических свойствах пород проводится изучение образцов пород из доступных геологических коллекций.

5.2.7 Геолого-методическая часть проекта состоит из следующих разделов:

- геологическое задание;
- географо-экономическая характеристика района работ;
- обзор, анализ и оценка ранее проведенных работ;
- геологическая, гидрогеологическая и геофизическая характеристика объекта работ;
- методика и объемы проектируемых работ;
- подсчет ожидаемого прироста (перевода) запасов (в проектах на аэромагниторазведочные работы этот раздел необходим только в тех случаях, когда их результаты влияют непосредственно на подсчет запасов).

аэромагниторазведочные работы этот раздел необходим только в тех случаях, когда их результаты влияют непосредственно на подсчет запасов).

5.2.7.1 *Геологическое задание.* В разделе приводится утвержденное геологическое задание, являющиеся основанием для составления проекта (программы).

5.2.7.2 *Географо-экономическая характеристика района работ.* В разделе указываются географическое и административное положение района работ, пути сообщения и расстояния до ближайших железнодорожных станций, пристаней, аэродромов, шоссейных магистралей; ближайшие районные центры и населенные пункты; возможность использования различных видов транспорта. Кратко освещаются

гидрография района работ, климатические условия, обнаженность, залесенность, заболоченность, условия проходимости местности. Здесь же в зависимости от характера района и вида проектируемых магниторазведочных работ приводятся данные о ближайших магнитных обсерваториях, ожидаемое число летних дней по месяцам года, сведения о применяемом GPS-комплексе, сведения об аэродромах и временных посадочных площадках для съемочного самолета. Все перечисленное дается в объеме, необходимом и достаточном для обоснования методики проектируемых работ, их объемов, норм их выполнения и поправочных коэффициентов к нормам времени. В разделе также приводятся экономические характеристики района, влияющие на организацию и выполнение планируемых работ.

5.2.7.3 Обзор, анализ и оценка ранее проведенных работ. В разделе освещаются степень изученности объектов (геологической, геофизической), обеспеченность работ топографическими картами, изученность физических свойств горных пород и полезных ископаемых, наличие геодезических знаков на местности. В зависимости от вида планируемых работ здесь же могут быть даны сведения о буровых работах. Приводится краткий аналитический обзор ранее выполненных магниторазведочных работ, указываются их объемы и дается оценка их результатов.

5.2.7.4 Геологическая, гидрогеологическая и геофизическая характеристика объекта работ. В разделе кратко излагаются данные по стратиграфии, тектонике, магматизму, вулканизму, полезным ископаемым, а в случае необходимости о гидрогеологии объекта работ. Приводятся и анализируются сведения о физических свойствах пород и полезных ископаемых, результаты геофизических (прежде всего магниторазведочных) работ, суждения о геологической природе установленных аномалий и типов магнитных полей. На основании анализа комплекса геолого-геофизических данных, полученных в предыдущие годы, обосновываются конкретные задачи проектируемых работ.

5.2.7.5 Методика и объемы проектируемых работ. На основе изложенного в предыдущих разделах с учетом опыта работ на аналогичных объектах формулируются все задачи, необходимые для выполнения геологического задания, и определяется последовательность их выполнения. Указывается ожидаемая геологическая эффективность работ. Выбираются способы решения указанных задач, методика работ, определяются их объемы, сроки, необходимая аппаратура, оборудование, тип самолета (вертолета). При работе с новой аппаратурой или по новой методике, а также с целью выявления возможности применения аэромагниторазведки при решении новых для данного региона геологических задач намечаются опытные работы, необходимость, состав и продолжительность которых должны быть тщательно обоснованы. В этом разделе следует обосновать выбор сети наблюдений магнитного поля (масштаб съемки, направление маршрутов, высота съемочных полетов, расстояния между точками измерений), выбор способа увязки результатов измерений магнитного поля, плановой и высотной привязки и (или) методики наземных топографических работ, способа учета вариаций и других источников помех, указать организацию службы времени; здесь же должны быть перечислены и мотивированы вспомогательные наземные наблюдения, вспомогательные виды съемочных полетов, их объемы; должны быть приведены сведения о масштабах и объемах детализационных съемок, о поверках и полевых проверках параметров приборов, о содержании и объемах камеральных работ в поле и в камеральный период, об их методике; нужно указать масштабы и виды отчетных графических материалов, проектную точность съемки, данные о порядке и способах оценки качества всех видов работ. Полезно указать условия, при которых съемка должна прекращаться, например при появлении интенсивных вариаций, значительной «болтанки», ветра со скоростью, превышающей 12 м/с (если аэромагнитометр имеет выпускную гондолу) и др.

5.2.8 Производственно-техническая часть проекта составляется специализированными проектно-сметными подразделениями геологических предприятий, а при их отсутствии -

ТКП 17.04-18-2010

силами организации, исполняющей работы.

Производственно-техническая часть разрабатывается на основании данных, приведенных в первой части проекта, действующих ТНПА и НПА и определяет организацию, технологию, технические средства, объемы и сроки выполнения, а также стоимость всех элементов и видов работ для всех этапов выполнения задания - от проектирования до утверждения окончательных отчетов по выполненным работам.

Производственно-техническая часть содержит вводный раздел («общая часть»), разделы посвященные проектированию, подготовительному периоду, полевому периоду (с самостоятельными подразделениями по всем видам основных и вспомогательных, в том числе лабораторных и опытно-методических, топографических, картографических и других работ), камеральным работам и отчетности. Эта часть проекта должна определять практическое осуществление запланированных работ и исчерпывающе обосновывать смету.

В данном разделе рассматриваются:

- территориальное размещение отряда;
- состав комплекса наземного аппаратно-программного обеспечения;
- организация снабжения самолетов и вертолетов горюче-смазочными материалами, доставка оборудования и материалов;
- снабжение отряда электроэнергией, водой, горюче-смазочными материалами, продуктами питания;
- транспортировка к месту базирования партии (отряда) и обеспечение транспортом на месте работ;
- организация связи;
- объемы всех видов работ, объемы магнитной съемки указываются как в физических единицах, так и в единицах площади;
- особенности работ и факторы, влияющие на производительность труда; затраты времени на ремонтные и регламентные работы, на переезды от участка к участку, перебазировку магнитных вариационных станций и перебазировку съемочных самолетов, на подлеты от аэродрома к участку работ (при выполнении аэромагнитной съемки);
- выбор категории трудности по видам и участкам работ;
- структура и состав отряда;
- перечень приборов, оборудования, снаряжения, материалов и транспортных средств;
- необходимое для выполнения задания обеспечение компьютерами, программами, принтерами, плоттерами и GPS-приемниками;
- командировки, консультации, экспертизы;
- техника безопасности, санитария и гигиена труда, обеспечение противопожарной безопасности, вопросы сохранения окружающей среды, затраты на вырубку леса и возмещение потрав;
- технико-экономические показатели;
- сроки выполнения всех видов работ;
- виды отчетности, сроки ее представления, программы, электронные форматы отчетных документов.

5.2.9 Вспомогательным и сопутствующим видам геолого-геофизического комплекса должны соответствовать отдельные разделы проекта.

Так, в разделе, посвященном обеспечению плановой привязки, приводятся:

- техническое задание с указанием объектов и требуемой точности привязки, отчетной документации, времени работ;
- сведения о районе и его картографической изученности, определяющие организацию, методику и качество плановой привязки;
- методика работ; в частности, рассматриваются выбор пунктов установки базовых GPS-станций, выбор способа определения координат этих станций, допустимая погрешность их привязки и необходимая точность измерений координат GPS-приемниками, организация контроля и приемки работ в полевой период, перечень

геодезических и картографических материалов, подлежащих сдаче по окончании работ, система организации хранения этих материалов в электронном виде;

- производственно-технические показатели работ, расчеты, план организационных мероприятий; в том числе должны быть приведены расчет потребности в инженерно-техническом персонале, рабочих и транспорте, сроки и график выполнения геодезических работ, наименование и количество требующейся аппаратуры, компьютеров, инструментов, оборудования и полевого снаряжения;

- проект сопровождается схемой геодезической привязки базисных станций.

5.2.10 При проектировании аэромагниторазведочных работ необходимо учитывать, что средняя съемочная скорость самолета АН-2 с выпускной gondolой снижается до 150 - 160 км/ч; если действующие в период проектирования нормы исходят из иных скоростей съемочных полетов, обязательно введение поправочных коэффициентов. Такие же поправочные коэффициенты вводят и при работе с другими самолетами (вертолетами), скорости которых отличаются от принятых при составлении «Справочника норм основных расходов».

При выполнении аэромагнитных работ в зимнее время предусматривается снижение производительности на 10 % и соответствующее увеличение полевого периода и затрат летных часов съемочных самолетов.

При аэромагнитной съемке необходимо предусматривать от 10 до 20 летных часов на опробование аппаратуры в начале полевого сезона, для калибровки высотомера, изучения или компенсации девиации, пробных вылетов с целью определения качества сигнала и качества записи поля, а также для дополнительных проверок после устранения возможных неисправностей аппаратуры в течение полевого сезона.

5.2.11 Проект должен иметь оглавление, опись приложений и список литературы и фондовых материалов, использованных при его составлении. К тексту проекта необходимы следующие приложения:

- графические - обзорная карта района в мелком масштабе, геологическая карта в масштабе работ или близком к нему, карта геофизической изученности района;
- текстовые - список аппаратуры, оборудования и материалов, протоколы согласования работ, рецензии, протоколы научно-технического совета, копии договоров и проектно-сметная документация на работы, выполняемые сторонними организациями.

5.2.12 К проекту обязательно прилагается календарный план и смета.

5.2.13 Расходы на виды работ, не предусмотренные в действующих нормативных документах, определяются специальными расчетами, которые прилагаются к смете. Защита проекта происходит на производственно-техническом совещании предприятия-исполнителя.

В процессе выполнения задачи, предусмотренной плановым заданием, начальник партии (отряда) имеет право отступить от проекта, если это способствует снижению стоимости, улучшению качества и геологической эффективности работ или сокращению срока выполнения задания, однако все отступления от проекта должны быть согласованы с вышестоящими организациями.

5.3 Организация работ

5.3.1 Проведение аэромагниторазведочных работ осуществляется структурным подразделением (отрядом) геофизической партии геологоразведочной организации при наличии у нее специального разрешения (лицензии) на деятельность, связанную с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду (составляющие работы и услуги – геологическое изучение недр).

В целях организации аэромагниторазведочных работ должны быть осуществлены следующие мероприятия:

ТКП 17.04-18-2010

- заключен договор с соответствующей авиационной организацией на выполнение аэромагнитной съемки;
- сделана заявка на получение топографических карт необходимых масштабов;
- принять меры по организации временных посадочных площадок, а также по доставке горюче-смазочных материалов для воздушных судов авиационной организации, выполняющей аэромагниторазведочные работы и для передвижных электростанций, укомплектовать партию (отряд) кадрами, материалами, приборами и вспомогательным оборудованием;
- произвести медосмотр и инструктаж работников по технике безопасности.

5.3.2 Перед началом полевых работ начальник партии (отряда) обязан:

- обеспечить ремонт, поверку и паспортизацию аппаратуры, а при выполнении аэромагнитных работ - переоборудование самолета, установку приборов на самолете и летные испытания аппаратуры;
- отправить на участок работ транспортные средства, оборудование, снаряжение, и материалы;
- организовать базы отряда на месте работ; обеспечить помещения для жилья, камеральных работ, обеспечить хранение горюче-смазочных материалов, оборудования, снаряжения и материалов;
- организовать отправку работников на место работ и доставку магнитных вариационных станций на точки их базирования;
- довести до сведения каждого работника отряда содержание проекта работ и избранные варианты методики выполнения съемки.

Подготовка к работе с базовым GPS-приемником должна в себя включать:

- выбор пунктов установки и установку стационарных (базовых) GPS-приемников;
- определение координат GPS-приемников с необходимой точностью.

Перед началом регулярных работ проводится проверка всей аппаратуры на месте работ в реальных условиях эксплуатации (магнитовариационных станций - на месте их расстановки, аэромагнитометров – путем выполнения пробного полета и т.д.). Одновременно проверяется работа вспомогательных приборов и оборудования.

5.4 Служба времени

Задачами службы времени являются:

- синхронизация работы всех приборов, участвующих в съемке (МВС, магнитометры, аэромагнитометры, высотомеры, средства плановой привязки и др.), а также привязка к шкале времени всех меток и записей операторов, занесенных в бортовой компьютер и специальные журнал;
- систематическая проверка приборов и приспособлений, используемых в службе времени (часы, хронометры, отметчики времени и др.).

Синхронизация МВС с аэромагнитометрами необходима с точностью до 1 с.

Аэромагнитометр должен быть в обязательном порядке аттестован на предмет обеспечения частоты регистрации магнитного поля не реже 10 раз в секунду.

Все результаты измерений должны быть приведены к белорусскому времени

Бортовой компьютер и бортовой программный комплекс должны обеспечивать регистрацию всех данных съемки. При этом должна быть обеспечена синхронизация данных используемых бортовых устройств между собой и с наземной магнитовариационной станцией по спутниковому времени с точностью - 0,05 сек.

Магнитометрические данные и данные других бортовых устройств регистрируются на электронном носителе бортового компьютера.

5.5 Учет вариаций магнитного поля при аэромагнитной съемке

5.5.1 Учет вариаций магнитного поля при аэромагнитной съемке обязателен во всех

широтах, при любых заданных точностях аэромагнитной съемки и на всех съемочных маршрутах, но в зависимости от магнитной широты, определяющей интенсивность и сложность вариаций, и заданной точности съемки содержание вариационного обслуживания существенно меняется. По особенностям учета вариаций выделяют три пояса - низких, средних и высоких геомагнитных широт. К поясу высоких широт относится вся область, лежащая севернее южной границы авроральной зоны. Под авроральной зоной подразумевается область в интервале геомагнитных широт $55 \leq \varphi \leq 75^\circ$.

Пояс средних широт простирается к югу от указанной линии до магнитной параллели 30° (рис. 1).

При выборе способа учета вариаций ΔT необходимо иметь в виду, что аэромагниторазведка охватывает большие площади, в связи с чем возможна неидентичность вариаций в разных частях района съемки (погрешности за счет вертикального градиента δT при отсутствии интенсивных вариаций малы и с ними можно не считаться). Районы аномального развития вариаций, связаны с высокой электрической проводимостью земной коры, наличием глубинных токов или другими причинами.

Рекомендуется применять следующие виды вариационного обеспечения:

- учет вариаций по одной МВС. Этот способ предполагает, что вариации в точке стояния МВС и на всех маршрутах съемки одинаковы;
- применение групп МВС. Поправки внутри треугольника, образованного тремя МВС, рассчитываются в предположении, что вариации между всеми МВС меняются линейно;
- использование внутренней увязки (увязки рядовых маршрутов съемки) по обычным опорным сетям для частичного учета вариаций. Увязка по ОС помимо других погрешностей измерений магнитного поля исключает линейную часть вариаций, происшедших во время съемки на рабочих маршрутах в интервалах между точками пересечения их с опорными маршрутами;
- исключение вариаций с помощью специальных опорных сетей. Эти сети отличаются повышенной густотой (плотностью) опорных маршрутов (межмаршрутный интервал 3-10 км);
- использование одиночных или групп МВС в комбинации с учетом вариаций по опорным сетям.

Во время магнитных бурь аэромагнитные съемки любой точности вести нельзя. Результаты съемок, полученные в периоды магнитных бурь, выбраковывают и полеты по соответствующим маршрутам повторяют. В связи с этим в аэромагнитных партиях необходимо иметь МВС с видимой записью или вести наблюдения за изменениями магнитного поля во времени с помощью стационарно установленного полевого магнитометра.

5.5.2 Правила учета вариаций

При выполнении съемок пониженной точности учет вариаций возможен по одиночным МВС и обычным опорным сетям (с расстоянием между опорными маршрутами, превышающими 10 км).

В средних и низких геомагнитных широтах методику учета δT также определяют запроецированная средняя квадратическая погрешность съемки и возможность применения опорных сетей для увязки:

- при съемке пониженной точности допустимо ограничиться учетом вариаций с помощью увязки рядовых маршрутов по обычным опорным сетям (без МВС); если используются другие варианты увязки, вариации нужно учитывать по одиночным МВС

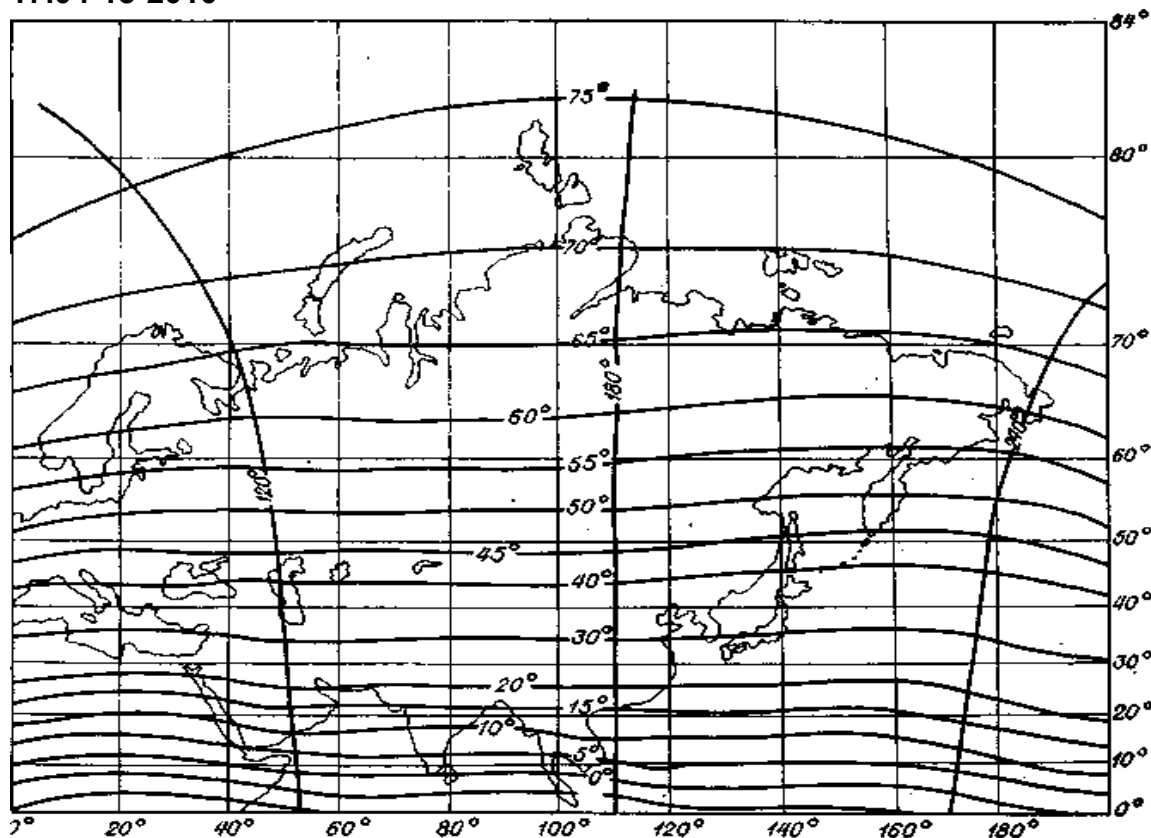


Рисунок 1 - Схематическая карта геомагнитных координат.

- в процессе съемок средней точности учет вариаций следует выполнять, комбинируя ввод поправок по одной МВС с увязкой по обычным опорным сетям; при отсутствии опорных сетей достаточно использовать одиночные МВС, но надежность учета вариаций при этом уменьшается;

- съемки высокой точности требуют применения одиночных МВС и опорных сетей повышенной плотности (желательно, чтобы расстояния между опорными маршрутами не превышали 10 км); если создание надежных опорных сетей невозможно, то большие участки съемки следует разбить на фрагменты площадью не более 50 тыс. км² и выполнять съемку на них по очереди, устанавливая МВС вблизи центра каждого из них.

5.5.3 При проведении аэромагниторазведочных работ необходимо учитывать следующие рекомендации:

5.5.3.1 При проведении наиболее ответственных видов работ (на опорных, связующих, секущих и расчетных маршрутах, при повысотных и детализационных съемках), а при изучении слабых аномалий - на всех маршрутах съемку следует осуществлять при минимальной интенсивности δT ; если при выполнении этих видов работ экипаж съемочного самолета не был оповещен о появлении интенсивных вариаций, съемку нужно повторить при более спокойных вариациях.

5.5.3.2 Если вариации учитываются с помощью МВС в комбинации с увязкой по опорным сетям, то поправки, рассчитанные по вариограммам, зафиксированным вариационными станциями, обязательно вводятся в результаты аэромагнитной съемки на рядовых маршрутах (до увязки РМ с опорной сетью). В графики ΔT по опорным и связующим маршрутам введение поправок за вариации по МВС также обязательно (до их взаимной увязки, превращающей совокупность этих маршрутов в опорную сеть). Поправки по МВС в графики ΔT опорных и рядовых маршрутов не вводятся только при съемке средней точности в средних и низких широтах и в некоторых случаях аэромагнитной съемки над акваториями, когда учет вариаций ведется только по опорным сетям без МВС. При этом обязательно выполнение требований, изложенных в пункте 5.5.3.1.

5.5.3.3 В высоких широтах съемки лучше вести в летний период (в средних и низких широтах интенсивность вариаций несущественно меняется в разные сезоны года). В течение суток как для средних, так и для высоких широт наиболее благоприятен интервал с 7 до 11 ч местного (декретного) времени, в течение которого вероятность появления интенсивных вариаций и КПК минимальна; в высоких широтах наиболее интенсивные вариации наблюдаются в период с 19 до 6 ч.

5.5.3.4 При наличии на съемочном участке городов, поселков и промышленных предприятий, наиболее ответственные виды работ целесообразно вести тоже в ранние утренние и в вечерние часы, а лучше всего в общевыходные дни, когда уровень промышленных помех снижается. В районах развития промышленных помех увязка рядовых маршрутов по густым опорным сетям может существенно улучшить учет переменных магнитных полей.

5.5.3.5 Вариационное обеспечение съемок с квантовыми аэромагнитометрами выполняется только с помощью квантовых МВС. При работе с вариационными станциями должны выполняться приведенные в предыдущих разделах правила службы времени и выбора стоянок МВС. При работе с одиночной МВС рекомендуется размещать ее в центре участка съемки. В районах сложного геологического строения, особенно при наличии мощных разломов и пород высокой проводимости, целесообразно до съемок проверить отсутствие вариационных аномалий. Если они будут выявлены, то независимо от широты участка съемки надежное исключение вариаций может быть обеспечено только с помощью увязки рядовых маршрутов по опорной сети, при создании которой опорные маршруты должны выполняться в периоды, когда вариации δT минимальны.

Координаты МВС при работе с группами вариационных станций должны определяться с погрешностью, равной погрешности плановой привязки аэромагнитных данных.

При интерполяции вариационных поправок в процессе выполнения высокоточных аэромагнитных съемок с использованием групп МВС желательно соблюдать дополнительное требование - примерной коллинеарности геомагнитных векторов во всех пунктах, где расположены МВС. Для этого следует устанавливать МВС в точках с примерно одинаковыми значениями углов склонения D и наклона J . Выбору пунктов установки МВС могут помочь карты изоклин и изогон, в меньшей степени карты ΔT_a ; в намеченных пунктах желательно определять абсолютные значения элементов земного магнетизма, например, с применением векторных магнитометров. Желательно, чтобы расхождения углов (как склонения, так и наклона) в пунктах установки МВС были не более 1° .

Таблица 2 - Допустимые площади участков при различных способах учета вариации и расстояния между магнитовариационными станциями при работе с группами МВС

Широты	Способы учета δT	Расстояние между ОМ, км	Допустимая площадь участка, тыс. км ² , при погрешности учета, δT		Предельное расстояние между магнитовариационными станциями, км, при погрешности учета, δT	
			1-5	5-30	-	-
Высокие	Одна МВС + СОС	3-10	1-5	5-30	-	-
	Одна МВС + ОС		1-2	3-10	-	-
	Одна МВС + ПМ	-	1	2-5	-	-
	Три МВС	-	-	-	50	100-150

Окончание таблицы 2

Широты	Способы учета δT	Расстояние между ОМ, км	Допустимая площадь участка, тыс. км ² , при погрешности учета, δT		Предельное расстояние между магнитовариационными станциями, км, при погрешности учета, δT	
Средние	Одна МВС	5-10	50	-	-	-
	Одна МВС + ОС	10-30	15-30	30-100	-	-
	Одна МВС + ПМ	-	10	20-50	-	-
	ОС без МВС	10-30	-	50	-	-
	СОС без МВС	5-10	2-15	-	-	-

Примечания

1 Указанные площади относятся к прямоугольникам с отношением сторон примерно 1х1,5⁰ (длинная сторона по параллели).

2 Данные приведены для съемок, выполняемых в невозмущенные или слабозвозмущенные периоды при размещении МВС примерно в центре участка работ и путевой скорости съемочного самолета около 150 км/ч.

Если увязка рядовых маршрутов выполняется по опорной сети, то выбор начального отсчетного уровня на вариограммах при работе с одиночными МВС не имеет существенного практического значения; допустим произвольный выбор нуля для каждого вылета. При работе с квантовыми и протонными МВС во всех случаях, рекомендуется в течение всего полевого сезона отсчитывать ординаты δT для определения поправок от одного и того же абсолютного уровня.

Практически выбор начального уровня для каждой вариационной станции при работе с группами МВС выполняется указанными ниже способами.

Если в течение всего полевого периода вариационные станции работали непрерывно, то в качестве нулевого отсчетного уровня принимают среднее за сезон значение магнитного поля. В этом случае снятые с записей МВС значения T следует осреднить за весь период наблюдений по часовым или получасовым интервалам для получения графика среднего суточного хода за период съемки. График среднего суточного хода имеет вид неправильной косинусоиды. Линия, параллельная нулевой линии этого графика и отсекающая по обе стороны равные площади, соответствует среднесезонному значению T в пункте, где расположена МВС (уровень нулевой возмущенности). При расчете поправок за вариации по записям трех МВС вариации отсчитывают от полученных таким образом уровней.

Если МВС включаются только на отрезки времени, когда выполняются съемочные полеты, начальные (нулевые) уровни вариограмм выбираются отдельно для каждого дня либо по участкам вариограмм, соответствующим спокойному магнитному полю, либо путем осреднения вариаций за период наблюдения. В последнем случае за отсчетный уровень принимается линия, отсекающая на графике δT по обе стороны одинаковые площади. Оба способа не дают точных результатов, и связанные с этим погрешности можно исключить только увязкой исправленных за вариации графиков ΔT рядовых маршрутов по опорным сетям.

Работа с группами МВС возможна при разном их расположении по отношению к участку – (рисунок 2). В варианте а) с тремя МВС последние расставляются так, чтобы образовать описанный треугольник вокруг участка АБВГ; в варианте б) четыре МВС расположены по углам участка и дают возможность рассчитывать вариации по четырем треугольникам, один из которых (АБГ) заштрихован. В варианте а) расстояния между станциями больше, чем в варианте б), и вероятность появления погрешностей за счет

нелинейности пространственных градиентов δT выше (рисунок 2, в). В варианте б) возможно возникновение сложных перекосов за счет неточного определения начальных уровней на вариограммах; эти перекосы исключаются увязкой исправленных за вариации графиков δT рядовых маршрутов по опорным сетям.

Если съемки ведутся на больших планшетах, всю площадь нужно разделить на прямоугольники с соотношением сторон 1:2-1:1,5 (длинная сторона ориентирована в широтном направлении), по углам которых поочередно размещать четыре МВС. После завершения съемки на одном прямоугольнике, вариационные станции перемещают на соседний, обрабатывается вторая площадка и так далее. При этом расстояния между станциями при съемках пониженной точности не должны превышать 200-250 км, при средней точности – 100-150 км; для высокоточных съемок дистанция более 50 км недопустима (таблица 2).

Применение групп МВС допустимо лишь в том случае, когда проекция источника геомагнитного возмущения на поверхность геоида располагается вне треугольника, образованного линиями, соединяющими три МВС. Если проекция источника возмущения попадает внутрь треугольника, отделяя одну МВС от двух остальных, способ учета вариаций по показаниям трех МВС неприменим. На практике этот случай опознается по противофазности вариаций хотя бы для одной пары МВС.

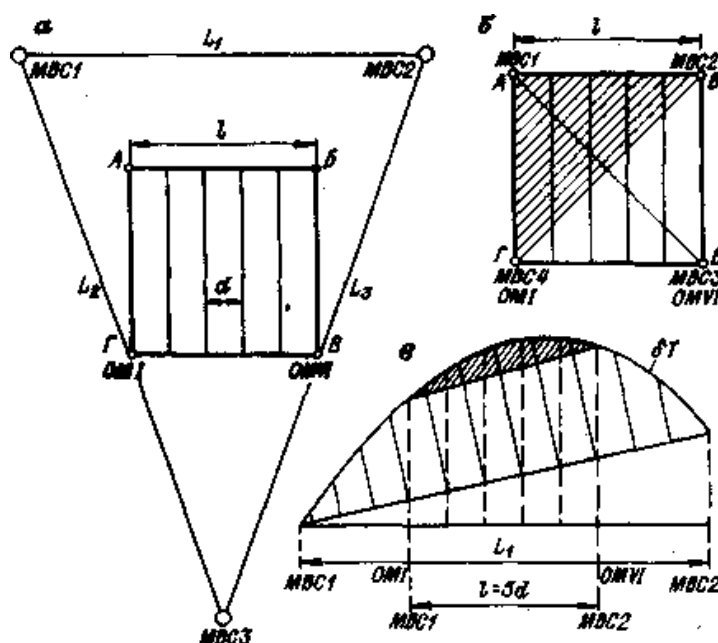


Рисунок 2 - Различные варианты расстановки МВС при учете вариаций в высоких широтах

В варианте с четырьмя МВС поправки для любой точки участка могут определяться на выбор по двум треугольникам, а для точки пересечения диагоналей - по четырем (рисунок 2, б); если вычисленные по разным треугольникам поправки не совпадают, это указывает или на наличие нелинейных градиентов вариаций, или (и) на неправильный выбор отсчетных уровней.

Записи со значительным сдвигом фаз не могут быть использованы для расчета поправок. Если сдвинутые по фазе вариации имеют большую амплитуду и возможные за счет сдвига фаз погрешности превышают половину заданной погрешности съемки, соответствующую съемку повторяют (полностью или частично).

5.5.3.6 Частота снятия отсчетов МВС оказывает влияние на качество учета вариаций. Она должна обеспечивать отсутствие пропусков короткопериодных вариаций.

5.5.3.7 Основным критерием оценки качества работ вариационной службы является погрешность съемки. В зависимости от запроектированной точности съемки, методики

ТКП 17.04-18-2010

учета вариаций и геомагнитной широты на основе анализа статистических сведений о вариациях δT и их изменчивости в пространстве установлены предельно допустимые площади работ и расстояния между вариационными станциями, указанные в данном и предыдущем разделах. Совокупность этих данных представлена в таблице 2.

5.6 Документация и контроль качества полевых и камеральных работ

5.6.1 Перед началом полевого периода начальники партий (отрядов) устанавливают перечень, а также порядок оформления и прохождения всех полевых документов применительно к специфике выполняемых работ, руководствуясь конкретными указаниями данного ТКП и общими принципами оформления документации, изложенными в данном разделе.

Обязательными полевыми документами являются:

- аэромагнитограммы в электронном виде с данными о координатах точек съемки;
- бортовые журналы штурмана и бортоператоров;
- копии полетных заданий;
- карты фактических линий полетов;
- результаты увязки опорных сетей или повторных маршрутов в графической и табличной форме;
- кривые (графики) девиационных поправок;
- результаты полевой обработки повысотных съемок.
- дневник начальника партии (отряда);
- аппаратный журнал;
- полевая документация вариационной службы (вариограммы, журналы оператора МВС);
- журналы учета полевых материалов;
- расчеты погрешности съемок.
- дополнительными полевыми документами могут быть:
- первичная графика по материалам наблюдений;
- материалы наземных геофизических работ, выписки и выкопировки из геолого-геофизических отчетов;
- документация по физическим свойствам пород и полезных ископаемых.

5.6.2 Оформление полевых материалов должно обеспечить правильную обработку и использование полученных результатов без необходимости привлечения непосредственных исполнителей работ для пояснений и дополнений, а также обеспечить личную ответственность исполнителей за представленные ими материалы. В связи с этим документы должны иметь все относящиеся к ним пояснительные данные, а также должны заполняться четко и единообразно и иметь подписи исполнителей.

Стандартные формы документации полевых и камеральных работ необходимо изготавливать на плотной бумаге, обеспечивающей четкость записи и долговременную сохранность документов.

Во всех документах полевых наблюдений должны указываться те условия или изменения условий работы, которые могут сказаться на качестве результатов. Должны отмечаться такие действия операторов, как переход на иной масштаб записи или цену деления прибора, должны выделяться контрольные метки и т.п. Если в процессе работ запись получилась неразборчивой, исполнители расшифровывают ее и дублируют четким почерком.

Все виды полевой документации, которые могут оказаться под воздействием влаги, должны заполняться мягким черным карандашом или черной (допускается и синей) шариковой ручкой.

В начале и в конце наблюдений (а в случае необходимости и в процессе измерений) должно быть указано время, а также сведения о режиме работы аппаратуры и проверке ее стабильности.

Каждый исполнитель нумерует свои журналы в хронологическом порядке. По окончании полевых работ журналы нумеруют сквозной нумерацией всей партии (отряда).

Любые результаты автоматической и полуавтоматической регистрации на бумажных или электронных носителях должны иметь порядковый номер, дату, время начала и конца измерений, наименование пункта или участка и маршрута, номер прибора, данные градуировок, масштаб записи (если он регулируется), данные о диапазонах и другие сведения, необходимые для обработки.

Все вынужденные перерывы регистрации данных должны быть зафиксированы с указанием причин и мер их устранения.

Топографические материалы должны отвечать требованиям НПА, в том числе ТНПА, утвержденным и введенным в действие в установленном порядке.

Аппаратурный журнал ведется по форме, указанной в документации к прибору, составленной заводом-изготовителем или по произвольной форме. В нем следует фиксировать поверки и проверки аппаратуры, выходы ее из строя (с указанием причин), измерения параметров, даты и характер регламентных работ.

Дневник начальника партии (отряда) должен отражать деятельность структурного подразделения. Для каждого дня полевого периода в нем указываются выполненные работы, их исполнители, организационные мероприятия.

Журнал регистрации полевых материалов должен фиксировать поступление, качество, количество и взаимосвязь дополняющих друг друга документов (например, наличие соответствующих аэромагнитограмм, вариограмм, и бортовых журналов).

Первичная графика результатов полевых измерений должна быть ориентирована по странам света (карты, схемы), оформлена с указанием даты, участка, номеров точек наблюдений и профилей (маршрутов), типа и номера съемочного прибора, масштаба изображения, использованных условных обозначений, и подписана составителями (геофизиками, топографами, геодезистами) и руководителем работ. На графиках и картах следует указать полевые журналы или диски автоматической записи, которые использованы при составлении данного графического материала.

5.6.3 Начальники экспедиций (партий, отрядов), уполномоченные ими лица должны систематически проверять качество всех видов работ на всех этапах и оформление полевых и камеральных материалов. Проверка качества осуществляется путем просмотра документации, а также с помощью выборочных контрольных измерений, контрольных полетов, расчетов, построений и другими подобными способами. Постоянной проверке подлежит соответствие работ проектной документации и настоящему ТКП. Материалы оцениваются по четырехбалльной системе. Результаты проверок регистрируются в журнале проверки качества работ, который оформляется и заполняется по произвольной форме и служит основой для активирования или выбраковки результатов. Журнал хранится у руководителя подразделения.

По окончании полевых работ комиссия, назначенная приказом руководителя экспедиции, принимает полевые материалы по акту и дает им дифференцированную и общую оценку в присутствии исполнителей. Помимо полевых материалов и их описи комиссии предъявляются проект или программа работ и другие документы и справки по ее требованию.

Принимая и оценивая материалы комиссия учитывает:

- полноту и качество решения поставленных перед партией (отрядом) задач; соответствие фактически выполненных видов и объемов работ, предусмотренным в проекте;

- качество первичных полевых материалов; при этом оценивается качество ведения полевой документации в соответствии с требованиями данного ТКУП, правильность методики полевых наблюдений (соответствие проекту и инструкции), объем контрольных определений и погрешность измерений, контроль состояния аппаратуры, состояние систематической проверки полевых материалов руководством партии (отряда) в течение полевого сезона;

ТКП 17.04-18-2010

- геологическую и экономическую эффективность работ;
- своевременность и качество обработки полевых материалов;
- работы, выполненные партией сверх программы.

Акт приемки полевых материалов по установленной в организации форме представляется на утверждение руководству предприятия. Оценки полевых материалов принимаются во внимание при защите отчета на научно-техническом совете предприятия.

5.6.4 После защиты окончательного отчета полевые материалы и результаты камеральных работ передаются по описи на хранение в архивы или фонды предприятия.

Хранению подлежат:

- журналы регистрации полевых документов;
- диски файлов регистрации магнитного поля;
- штурманские бортовые журналы и схемы залета площади, карты фактических линий полетов;
- графики магнитного поля на бумажных носителях, включая графики повторных, секущих, опорных, повысотных, контрольных, расчетных и других специальных маршрутов;
- каталог данных количественной интерпретации;
- первичные материалы по измерению вариаций и результаты их обработки (вариограммы, файлы на электронных носителях и др.);
- материалы по поверкам и градуировкам приборов;
- журналы и схемы увязки.

5.7 Правила графического представления результатов работ в отчетах

5.7.1 Основной и обязательной формой графического представления результатов площадных и маршрутных аэромагнитных съемок в отчетах являются карты графиков, представляющих фактический материал съемки, и карт изолиний аномального магнитного поля. Карты изолиний не могут быть заменены иными видами изображения аномального поля, его трансформант, или полных значений измеряемой компоненты. Прилагаемые к отчетам карты графиков и изолиний должны отражать всю информацию о магнитном поле, полученную при площадной съемке участка. Не допускается представление неполных карт графиков, а также карт изолиний, соответствующие таким неполным исходным данным. При аэромагнитной съемке обязательно также представление карт фактических линий полета в масштабе съемки, на которых точки привязки (ориентиры) показываются кружками.

В отчетах могут быть представлены другие карты и графики магнитного поля и карты результатов его геологической интерпретации, если они упоминаются в отчете и дополняют или иллюстрируют его текст (например, карты и графики полных значений T , карты и графики различных трансформант поля, карты изоглубин возмущающих тел, цифровые карты).

Масштаб основных отчетных карт геомагнитного поля может не соответствовать масштабу съемки.

Нулевой уровень карт графиков и соответствующих им карт изолиний должен быть одинаков.

На картах магнитного поля основного масштаба должны быть показаны границы детализационных съемок, линии повысотных наблюдений и расчетных маршрутов. Соответствующие им карты или графики представляются в виде самостоятельных приложений к отчетам.

5.7.2 Оформление карт магнитного поля в окончательных отчетах полевых партий (отрядов) и карт магнитного поля, предназначенных к изданию, должно быть унифицировано. При подготовке к изданию карт аномального магнитного поля $(\Delta T)_a$

масштабов 1:50000 и 1:25000 оформление карт выполняется согласно [6]. Во всех остальных случаях необходимо исходить из требований настоящего ТКП.

5.7.3 Графики для альбомов крупномасштабных графиков могут иметь горизонтальный масштаб крупнее масштаба отчетной карты, но кратный ему. То же допускается для графиков детальных, повысотных и расчетных маршрутов, а также при специальных построениях, предназначенных для количественной интерпретации аномалий.

Вертикальный масштаб графиков выбирается в зависимости от интенсивности и характера поля, но не должен быть крупнее, чем $1 \text{ мм} = m_1$,

где m_1 - средняя квадратическая погрешность съемки.

Более крупный вертикальный масштаб разрешается в отдельных случаях при изучении слабых аномалий с амплитудой, близкой к погрешности съемки, например, если эти слабые аномалии коррелируются между маршрутами; такие построения обычно целесообразны только для участков спокойного, слабоменяющегося поля в областях развития осадочных пород.

При построении карт графиков вертикальный масштаб последних должен обеспечить четкое представление о характере поля вдоль маршрутов и о корреляции полей между маршрутами. Недопустимо сложное, «нечитаемое» пересечение графиков. В пределах участка (планшета) вертикальный масштаб графиков должен быть одинаков; если характер поля таков, что это невозможно или нецелесообразно, то необходимо составлять «врезки» для отдельных участков в более крупном или более мелком масштабе (в зависимости от конкретных условий). На карту графиков обязательно наносят опорные и секущие маршруты. В начале и в конце каждого маршрута стрелкой показывают ориентиры и указывают номера маршрутов и крайних ориентиров.

Нулевой линией графиков на картах графиков являются линии полетов; они должны точно соответствовать ЛФП, установленным по данным GPS-привязки. В точках, где направление ЛФП меняется, линии самих графиков должны иметь разрывы или пересечения. Не допускается искусственное спрямление ЛФП.

При использовании аэромагнитометра, в котором мерой магнитного поля является частота сигнала, поступающего из измерительного блока прибора, то отсчеты на регистрирующих устройствах выполняются дискретно и с опозданием, которое зависит от типа прибора, но в первом приближении равно

$$(0,6-0,7) \tau, \quad (3)$$

где τ - интервал времени между отсчетами.

При работе с такими аэромагнитометрами графики магнитного поля следует сдвигать вдоль линии полета в сторону, обратную движению самолета, на отрезок, равный линейному эквиваленту времени запаздывания с учетом средней путевой скорости съемочного самолета (вертолета). Смещение l_τ при путевой скорости v_n и интервале между отсчетами τ примерно равно

$$l_\tau = 0,7 v_n \tau \quad (4)$$

Так, если $v_n = 50 \text{ м/с}$, $\tau = 2 \text{ с}$, то $l_\tau = 70 \text{ м}$

Альбомы графиков рекомендуется строить в виде «карт графиков неравномерного масштаба». При этом сохраняют взаимное расположение концов маршрутов, а расстояния между маршрутами, снятые с карты, увеличивают в несколько раз, чтобы уменьшить взаимные наложения соседних графиков (рисунок 3).

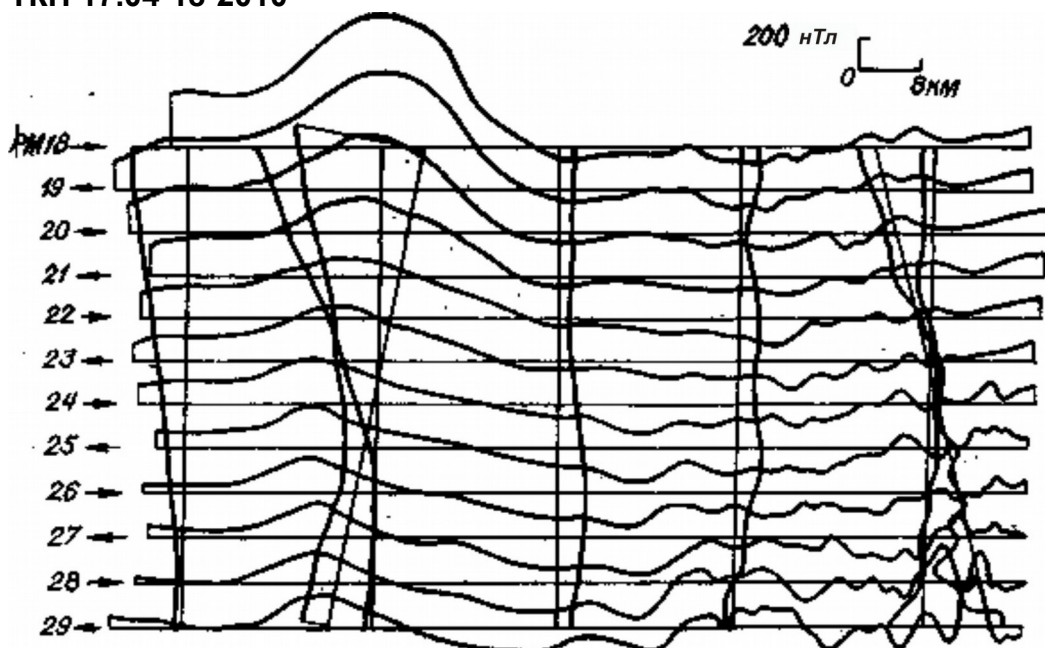


Рисунок 3 - Лист альбома крупномасштабных графиков ΔT (фрагмент карты), где масштаб расстояний в направлении, перпендикулярном к маршрутам, увеличен в 5 раз

5.7.4 При составлении карт изолиний магнитного поля необходимо руководствоваться нижеследующими рекомендациями. Интервал между изолиниями должен обеспечить хорошую читаемость карты; он выбирается с учетом интенсивности аномальных полей и характера искомых возмущающих объектов. В случае необходимости изолинии можно проводить через прогрессивно возрастающие интервалы. Минимальный допустимый интервал основных изолиний равен $2,5 m_1$,

где m_1 - средняя квадратическая погрешность съемки.

Разрешается проводить промежуточные (дополнительные) изолинии.

Положение изолиний на линиях маршрутов определяется по графикам магнитного поля. Построение изолиний в интервалах между маршрутами выполняется на основе линейной интерполяции в перпендикулярном к маршрутам направлении. Если такое направление интерполяции не соответствует взаимной ориентировке маршрутов и аномалий, то допускается интерполяция и под острым углом к линиям полетов. Правильное направление интерполяции могут подсказать, например, характерные признаки смещенных на соседних профилях аномалии, данные о простираии пород и результаты детализации. В пределах одного планшета (участка) допускается не более двух - трех различных направлений интерполяции, причем такие отступления от стандартных правил построения карт должны быть указаны в отчете и мотивированы. В сложных полях до построения изолиний намечают оси аномалий; для большей надежности при выполнении этой операции можно применять приемы корреляционного анализа.

Сглаживание первичных построенных по указанным правилам изолиний разрешается только в пределах средней квадратической погрешности съемки.

При наличии аномалий с большим горизонтальным градиентом в узких контурах (в поперечнике менее 2 мм) изолинии не проводят, но указывают экстремальные значения поля; очень узкие вытянутые аномалии наносят в виде осей.

При существенно неравномерной сети маршрутов для суждения о достоверности изолиний в разных частях карты рекомендуется изображать линии полетов с помощью коротких штрихов длиной 2 - 4 мм, пересекающих изолинии.

Если представляется нераскрашенный вариант карты изолиний, то для улучшения ее читаемости полезно показывать направление убывания поля с помощью штрихов, аналогичных бергштрихам на топографических картах.

Если карты изолиний ΔT построены по материалам, которые исправлены на нормальный градиент по картам нормального магнитного поля T_i , на карты следует нанести не менее двух изолиний нормального поля с указанием организации-составителя карты T_i , и соответствующей эпохи. То же необходимо на всех картах $(\Delta T)_a$. Если изолинии T_i нанести сложно (слишком мал участок), значения T_i указывают по углам планшета в виде цифр. В зарамочном оформлении нужно указать принятые значения векового хода и материалы, по которым они получены.

В случаях построения карт изолиний программными методами (Surfer, Geosoft и др.), изложенные выше требования и рекомендации следует использовать для оценки качества пробных построений при выборе оптимальных параметров соответствующей обработки цифрового материала.

5.7.5 Указанные в 5.7.1 карты аномального магнитного поля не обязательно должны строиться так, чтобы их нулевые изолинии или нулевые (отсчетные) уровни их графиков соответствовали уровню нормального поля. Если при этом карта неудобна для интерпретации, так как значения $(\Delta T)_a$ целиком оказываются положительными или отрицательными, то нулевой (отсчетный) уровень карт нужно изменить таким образом, чтобы на графиках поля нулевые линии отсекали по обе стороны примерно равные площади. Карты магнитного поля при таком выборе отсчетного уровня изображают аномалии относительно среднего поля участка и, следовательно, имеют четкий геолого-геофизический смысл.

Если такая корректировка необходима, то ее осуществляют только путем параллельного перемещения нулевой линии относительно первоначальной на отрезок, кратный выбранному интервалу изолиний. Смещение нулевой линии должно быть зафиксировано в зарамочном оформлении карты. Необходимость такой корректировки нулевого уровня в каждом конкретном случае определяется руководством партии (отряда), отмечается и мотивируется в отчете. Такое изменение отсчетного уровня допустимо в случае, если карта охватывает территорию, не превышающую площади листа топографической карты масштаба 1:1000000.

Если увязка рабочих маршрутов (РМ) выполняется по опорной сети (ОС), то средний уровень магнитного поля может быть определен заранее (до увязки РМ) по опорным маршрутам и придан графикам ΔT опорной сети. Это позволяет без дополнительных операций получить в результате увязки РМ и ОС графики ΔT рабочих маршрутов, отнесенные к региональному уровню. В тех случаях, когда внутренняя увязка осуществляется по повторным маршрутам, выбор окончательного уровня возможен только по РМ после завершения их увязки.

5.7.6 Карты трансформаций поля должны строиться на основе мотивированных суждений о выборе радиуса осреднения, высоты пересчета, целесообразности и корректности вычисления градиента измеренного элемента поля и т. п. Соответствующие мотивировки должны быть изложены в отчете.

5.7.6.1 Особенности карт горизонтальных или вертикальных градиентов поля:

- для интерпретаторов они дают более четко границы геологических тел;
- такие карты свободны от линейного фона (влияния крупных региональных аномалий и нормального градиента);
- графики градиентов поля, не теряя информативности, меньше перекрещиваются на картах, чем графики ΔT или $(\Delta T)_a$.

5.7.6.2 Особенности карт остаточных аномалий:

- при их построении исключаются погрешности увязки, влияние неучтенных длиннопериодных вариаций, девиации;
- в зависимости от выбора радиуса осреднения карты позволяют выделить аномалии с различными спектральными характеристиками, что важно, например, при районировании по характеру магнитного поля;
- остаточные аномалии зависят не только от радиуса осреднения и геологического

ТКП 17.04-18-2010

строения района работ, но и от того, как выполнялась съемка (тип и режим работы магнитометра, высота полета, система залета площадей, масштаб съемки т. д.); поэтому надежный геологический анализ таких карт для целей геологического районирования возможен только в том случае, когда исходные материалы получены в одинаковых условиях (сопоставимы).

Радиус осреднения выбирается как на основе как спектрального анализа магнитных полей, так и путём последовательных пробных построений с привлечением опорных геологических данных (разрезов, карт).

К картам графиков остаточных аномалий должны прилагаться построенные в том же масштабе карты графиков соответствующего им осредненного поля, которые могут содержать полезную геологическую информацию о крупных объектах и общих закономерностях строения участка.

5.7.6.3 Карты региональных аномалий независимо от способа их получения существенно зависят от увязки исходного материала магнитных измерений; поэтому до построения таких карт нужно проверять увязку и оценивать возможное влияние соответствующих погрешностей.

Пересчеты магнитного поля в верхнее или нижнее полупространство ненадежны, если плотность сети наблюдений не соответствует сложности магнитного поля (сеть слишком редка), а также в краевых частях участков съемки и при существенном изменении высот съемочных полетов (огибание рельефа, съемки в горах).

Карты изоглубин возмущающих тел строят на основе линейной интерполяции. В зарамочном оформлении помимо обычных данных следует указать использованный способ интерпретации и привести картограмму района, позволяющую судить о масштабах и высотах, системах залета площади и точностях съемки по отдельным участкам. Интервал стратоизогипс выбирается с учетом ожидаемой погрешности расчетов глубин, амплитуды колебаний погребенного рельефа и его сложности. Помимо стратоизогипс на карту должны быть нанесены точки, для которых выполнены расчеты, и полученные глубины.

При построении таких карт отдельные «выскочившие» точки (в которых глубины возмущающих тел резко отличаются от соседних) не принимаются во внимание. При большом количестве таких точек нужно проверить, не отражают ли они глубину второго горизонта (при многоярусном строении района).

5.7.7 В зарамочном оформлении любых карт магнитного поля проставляется линейный и численный масштабы расстояний, вертикальный масштаб графиков (на картах графиков), сведения об интервале изолиний (на картах изолиний) и условные обозначения, позволяющие понять все изображенное на карте. На картах, состоящих из нескольких листов, приводится схема их взаимного расположения. Если карта составлена по материалам различной точности, разных лет или разных исполнителей, следует привести мелкомасштабную схему исходных материалов с соответствующими указаниями. Обязательны подписи составителей и контролирующих лиц. В заголовке указывается, что именно изображено на карте, название района (региона, участка) или номенклатура планшета, наименование министерства, департамента, предприятия, экспедиции и партии (если карта составлена в результате работ одной партии и приводится в ее отчете).

Все графики должны иметь вертикальный и горизонтальный масштаб, заголовки и подписи исполнителей и контролирующих лиц, а при использовании условных обозначений - соответствующую легенду.

Раскраска карт и графиков магнитного поля выполняется гаммой оттенков красного и синего цвета; допустима замена на комбинацию коричневого и зеленого цветов. Области «нормального» (близкого к нулевому значению) поля на картах изолиний в обоих случаях разрешается закрашивать желтым цветом.

Оформление результатов полевых измерений на электронных носителях должно обеспечивать выполнение требований настоящего раздела ТКП.

5.8 Отчетность

5.8.1 Результаты полевых и камеральных работ партии (отряда) оформляются в виде окончательного отчета, который должен содержать исчерпывающие сведения о проведенных работах:

- Введение.
- Глава I. Общие сведения о районе работ.
- Глава II. Геолого-геофизическая характеристика района.
- Глава III. Работа полевой партии за отчетный период, аппаратура, методика и техника полевых работ.
- Глава IV. Обработка и интерпретация материалов.
- Глава V. Результаты работ.
- Заключение.

5.8.2 Во Введении должны быть приведены сведения о целевом назначении работ и конкретных геологических задачах, о плане и его фактическом выполнении, отступлениях от проекта и их причинах, о составе партии (отряда), указываются авторы и степень их участия в составлении отчета.

5.8.3 В главе I приводятся общие сведения о географическом и административном положении участка работ, его координаты, площадь, номенклатура планшетов, характеристика топоосновы, сведения о путях сообщения, об орогидрографии, аэродромах, а также другие характеристики района, необходимые для суждения об условиях работ и в связи с содержанием последующих глав. Здесь же должны быть приведены сведения о магнитных вариациях в рассматриваемом районе.

5.8.4 Глава II должна состоять из трех разделов:

- геолого-геофизическая изученность;
- геологическое строение района;
- физические свойства пород.

В разделе «Геолого-геофизическая изученность» в хронологическом порядке дается обзор геологических и геофизических работ, проведенных на данной территории, с анализом тех работ, которые имеют непосредственное отношение к решению поставленных задач; особое внимание должно быть уделено методике и результатам магниторазведочных работ.

В разделе «Геологическое строение района» должно быть описано геологическое строение района по новейшим данным с учетом конкретных задач, поставленных перед партией.

В разделе «Физические свойства пород» приводятся физические, и прежде всего магнитные, свойства горных пород и руд.

5.8.5 В главе III следует изложить задачи, поставленные перед партией (отрядом), рассмотреть ход и особенности выполнения работ, примененную методику исследований - указать масштаб съемки, направление маршрутов, порядок нумерации участков, маршрутов, пунктов наблюдений, магистралей, способ разбивки сети и привязки маршрутов к местности, описать методику увязки, способы учета вариаций и другие специфические вопросы, касающиеся методики работ. Здесь же приводят характеристику аппаратуры, данные о погрешности съемки, оценку качества полевых материалов и технико-экономические показатели.

5.8.6 В главе IV нужно подробно описать приемы обработки геофизических материалов и введения поправок, обосновать выбор масштаба отчетной графики, изложить методику интерпретации материалов, методику составления отчетных карт и геолого-геофизических разрезов, а также указать точность их построения.

5.8.7 В главе V дается описание и анализ полученных результатов, их геологическая трактовка, уточняется геологическое строение района, намечаются участки,

ТКП 17.04-18-2010

перспективные на поиски полезных ископаемых и даются рекомендации по проведению дальнейших работ. При составлении этой главы необходимо учитывать результаты других геофизических, а также горно-буровых работ, проведенных на данной площади.

5.8.8 В Заключении кратко формулируются результаты работ, оценивается их геологическая эффективность и народнохозяйственное значение, приводятся рекомендации по дальнейшему изучению данной площади и методические выводы.

5.8.9 Для последующего использования результатов работ необходимо, чтобы все элементы методики полевых, камеральных работ и интерпретации, равно как и выводы по результатам работ были четко обоснованы и разъяснены в тексте отчета.

5.8.10 Кроме основного текста в отчет включаются: аннотация или реферат, оглавление, список текстовых и графических приложений, текстовые приложения, рецензии, протоколы защиты отчета, список использованной литературы, акт окончательной приемки полевых материалов, список первичной документации, переданной в архив, а в случае необходимости и каталоги значений физических величин (например, магнитных свойств пород), и каталоги глубин возмущающих тел по результатам интерпретации.

5.8.11 К отчету прилагаются графические приложения, необходимые для обоснования выводов и иллюстрации отдельных положений отчета, а именно:

- окончательный графический материал, указанный в 5.7.1;
- необходимые геологические карты;
- схемы топографической привязки (наземная съемка);
- некоторые графические приложения, включаемые в текст отчета в виде рисунков (обзорная карта работ, примеры результатов расчетов магнитных аномалий, вариационные кривые магнитных свойств пород и т. д.).

5.8.12 Первый экземпляр отчета отправляется в РУП «Белгосгеолцентр», выполняющее функции государственного геологического фонда. Общее число экземпляров отчета и остальные адреса обязательной рассылки определяются правилами, установленными для предприятия-исполнителя. На предприятиях различных типов они не совпадают.

5.8.13 Отчет должен иметь две рецензии: геологическую и геофизическую; он рассматривается на научно-техническом совете предприятия.

5.8.14 Кроме окончательного отчета аэромагниторазведочные партии (отряды) представляют квартальные, годовые и промежуточные (предварительные) отчеты в соответствии с правилами, установленными вышестоящими организациями.

6 Виды аэромагнитных съемок и съемочных маршрутов

6.1 Аэромагнитные съемки подразделяются по задачам на съемки геологического назначения и специальные.

6.2 Специальные съемки — работы по созданию региональных опорных сетей для внешней увязки (увязки карт), по изучению нормального магнитного поля, векового хода и т.п. Методика этого вида аэромагнитных работ (за исключением некоторых сведений о правилах выполнения опорных сетей внешней увязки) в данной инструкции не рассматривается.

6.3 Аэромагнитные съемки геологического назначения в свою очередь подразделяются на маршрутные и площадные.

6.3.1 Маршрутные съемки используются обычно для рекогносцировки района работ, проверки приборов.

6.3.2 Площадные съемки — основной вид аэромагнитных работ. Они выполняются по системе параллельных прямолинейных маршрутов, расположенных на равном расстоянии друг от друга. На практике выполнение этих требований определяется способом вождения. Предельно допустимое отклонение от заданного межмаршрутного

расстояния d равно $0,5d$. Если отклонение больше, в межмаршрутном интервале нужно проложить дополнительный маршрут.

6.4 Площадные аэромагнитные съемки подразделяются на следующие виды.

6.4.1 По геологическому назначению — на геокартировочные и поисково-картировочные.

6.4.1.1 Геокартировочными называют мелко- и среднемасштабные съемки (8.2.1), предназначенные для геологического районирования и в помощь мелкомасштабному геологическому картированию. С их помощью выявляются, прослеживаются и исследуются крупные и средние по размерам геологические объекты, проявляющиеся в магнитном поле. Полученные материалы используются для составления сводных мелкомасштабных карт. Они же способствуют локализации поисковых работ, выявляя региональные рудоконтролирующие факторы, а также структуры и комплексы пород, определяющие поиски нерудных полезных ископаемых.

6.4.1.2 Поисково-картировочные съемки выполняются в крупных масштабах (1:50000 и крупнее), помогают крупно- и среднемасштабному геологическому картированию, выявляют факторы, контролирующие распределение полезных ископаемых, а в тех случаях, когда полезные ископаемые непосредственно создают магнитные аномалии (например, в связи с парагенетической ассоциацией с ферромагнитными минералами), используются для прямых поисков.

6.4.2 По масштабам — на крупно-, средне- и мелкомасштабные.

6.4.3 По системе залета площадей — на съемки с полетами на постоянной барометрической высоте, с детальным огибанием рельефа и с огибанием генеральных форм рельефа.

6.4.4 По высоте полетов H — на съемки, выполняемые на малых ($H < 100$ м), средних ($H = 100-300$ м) и больших ($H > 300$ м) высотах.

6.4.5 Различают также общую (или основную) площадную съемку, покрывающую весь район работ, и детализационную, относительно более крупномасштабную, которую используют в процессе основной съемки с целью получения дополнительной геологической информации на небольших участках планшета.

6.4.6 Способы выполнения площадных съемок сменяются в зависимости от условий работ (акватории, суша, низкие, средние и высокие широты, равнинные и горные районы и т. д.), применяемой аппаратуры (протонные, квантовые аэромагнитометры), а также от того, как применяется аэромагниторазведка — самостоятельно или в комплексе с другими аэрогеофизическими методами (использование комплексных аэрогеофизических станций).

6.5 Маршруты аэромагнитной съемки подразделяются на основные или рядовые маршруты площадной съемки и вспомогательные. Последние включают в себя маршруты:

- РЧМ, предназначенные специально для количественной интерпретации аномалий;
- повысотные или погоризонтные, служащие для изучения изменений магнитного поля в вертикальной плоскости для интерпретации аномалий и подбора оптимальных высот полетов;

- ОМ, примерно ортогональные к РМ, с которыми выполняется внутренняя увязка рядовых маршрутов (8.4); ОМ — важнейший элемент ОС;

- СВМ — вспомогательные маршруты опорных сетей, которые необходимы, если ОС осуществляются в виде системы замкнутых полигонов; непосредственно с ними РМ не увязываются;

- ПМ — маршруты, на которых съемка выполняется несколько раз; сокращением ПМ условно принято обозначать короткие повторные маршруты, расположенные на участке съемки или вблизи его границ, служащие для внутренней увязки результатов аэромагнитных измерений в тех случаях, когда создание опорных сетей нерационально;

- КМ - вид повторных маршрутов; располагаются на подлете к участку и используются в основном для проверки работы аппаратуры в начале и конце каждого съемочного

ТКП 17.04-18-2010

полета, а также иногда для грубой предварительной увязки результатов аэромагнитных измерений магнитного поля;

- СМ на участке прямоугольной формы выполняются по диагоналям участков и в связи с этим обычно именуется диагональными секущими маршрутами - маршруты, пересекающие рядовые примерно под углом 45° ; используются только для определения средней квадратической погрешности съемки в соответствии с 10.1.3.

6.6 При проведении съемочных работ должно быть в обязательном порядке предусмотрено выполнение секущих опорных маршрутов с расстоянием между ними, не более чем в 10 раз превышающим межмаршрутное расстояние для рядовых маршрутов; количество пересечений рядового маршрута с опорными должно быть не менее трех. Опорные маршруты ориентируются приблизительно ортогонально к основным ($\pm 20^\circ$ с учетом простираения магнитных аномалий) на той же высоте. В отдельных случаях при выполнении мелкомасштабных работ на территориях, характеризующихся спокойным магнитным полем, в сложных ландшафтно-геологических условиях, удаленности изучаемой площади от аэродромов базирования допускается разрежение сети опорных маршрутов. Опорную сеть рекомендуется выполнять в начале съемочных работ (до массового залета рядовых маршрутов).

6.7 Рядовые (основные) маршруты аэромагнитной съемки должны прокладываться, как правило, прямолинейно и ориентироваться вкрест простираения основных геологических структур и аномалий магнитного поля, а при прогнозно-поисковых работах могут быть ориентированы вкрест предполагаемого простираения исследуемых геологических тел. Рядовые и опорные маршруты должны быть проложены так, чтобы концы рядовых маршрутов отстояли от ближайшего опорного маршрута не более чем на половину расстояния между опорными.

6.8 Для оценки качества и точности аэромагнитной съемки обязательно выполнение не менее одного диагонального (который обрабатывается как рядовой тип LINE) секущего маршрута, пересекающего не менее 80 % рядовых маршрутов и серии равномерно распределенных по площади повторных маршрутов в объеме не менее 1 % от общего объема рядовых маршрутов.

7 Аппаратура

Для производства аэромагнитных работ необходимы следующая аппаратура и оборудование:

7.1 Аэромагнитометры (бортовой комплекс)

7.1.1 Аэромагнитные работы должны производиться с использованием устанавливаемых на борту воздушного судна (носителя) современной аппаратуры и современного оборудования: аэромагнитометра, системы компенсации магнитных помех носителя (в случае жесткого крепления датчика), устройств для проложения маршрутов и их плановой и высотной привязки, бортового компьютера.

7.1.2 Аэромагнитометр должен быть в обязательном порядке метрологически аттестован на предмет обеспечения СКО результатов стендовых измерений (в мере магнитной индукции) не хуже 0,003 нТл и обеспечения частоты регистрации магнитного поля не реже 10 раз в секунду в условиях, соответствующих эксплуатационным. При поверке в мере магнитной индукции должна быть установлена также систематическая погрешность определения магнитометром полного значения поля во всем диапазоне измерений («метрологическая поправка»), которую необходимо учитывать при дальнейшей обработке результатов аэромагнитных измерений

7.1.3 Компенсация магнитных помех носителя (самолета, вертолета) может осуществляться в одном из двух режимов:

- в реальном масштабе времени (регистрация и введение поправок непосредственно в процессе измерения);

- в процессе послеполетной обработки результатов измерений.

7.1.4 Максимальное отклонение показаний магнитометра за счет нескомпенсированной части девиационных помех носителя (глубина компенсации) должна быть в пределах $\pm 0,5$ нТл. Оценивается величиной расхождения значений магнитного поля при прохождении фиксированной точки различными курсами или в прямом и обратном прохождении маршрута, а также при рысканиях (уклонениях) до 15° , кренах до 10° и тангажах до 5° .

7.1.5 Спутниковая навигационная система и бортовой приемо-индикатор спутниковой навигационной системы должны обеспечивать точность определения координат X, Y, Z с погрешностью в пределах 5 м при периодичности опроса не менее 10 измерений в секунду. Оценка погрешности производится по результатам суточного прогона приемоиндикатора в неподвижном положении: 95 % измерений планового положения должно находиться в круге радиусом не более 5 м, а высотного – 7 м.

7.1.6 При выборе аэромагнитометра необходимо учитывать:

- протонные аэромагнитометры отличаются высокой стабильностью и пригодны для измерения полного значения T . Могут применяться для съемок высокой и средней точности. Отсчеты T (ΔT) выдаются дискретно, у большинства аэромагнитометров не чаще чем через 1 с. Дрейф практически отсутствует.

- квантовые аэромагнитометры являются наиболее точными приборами для измерений T . При измерении полного значения T они несколько уступают протонным за счет так называемых сдвигов, совокупность которых приводит к погрешности до $\pm(5-10)$ нТл. Их отличает также высокое быстродействие. Высокая точность достигается при работе с выпускной гондолой, однако наличие гондолы ограничивает область применения квантовых аэромагнитометров (недопустимы работы на высотах ниже 100 м и при детальном огибании рельефа).

7.1.7 Запись истинных высот выполняется на регистраторах аэромагнитометров, к которым должен быть подсоединен радиовысотомер согласно 8.6.1. Помимо табельного барометрического высотомера на борту съемочного самолета полезно иметь точный барограф.

7.1.8 Для наземной проверки, прогрева и настройки аэромагнитометров должно быть обеспечено аэродромное питание 27 В постоянного тока.

7.1.9 До установки аэромагнитометров на самолет (вертолет) они должны быть проверены в лабораторных условиях вдали от источников магнитных помех.

7.1.10 Оборудование воздушных судов нетабельной и съемной специальной аппаратурой производится по технической документации «Заказчика», согласованной в установленном порядке с Генеральным конструктором воздушного судна (или его правомочным представителем), ГосНИИ ГА и утвержденной специально уполномоченным органом в области гражданской авиации Республики Беларусь. Нетабельная и съемная аппаратура представляется «Заказчиком» в соответствии с договором на выполнение работ. Установка этой аппаратуры на воздушные суда производится специалистами авиационной организации, ремонтных заводов гражданской авиации и, в отдельных случаях, заводами-изготовителями, с участием представителей «Заказчика», арендующего воздушное судно.

7.1.11 При оборудовании места первого бортоператора (геофизика) предусматривается установка щитка со следующей аппаратурой и приспособлениями:

- двухстрелочным барометрическим высотомером;
- прибором-указателем истинных высот радиовысотомера;
- авиационными часами;
- гнездами или розеткой для подсоединения переносной лампы;
- переключателем питания прибора от бортсети к наружному агрегату;
- индикатором дистанционного компаса для определения курса.

7.1.12 Рядом с рабочим местом первого бортоператора должна быть лампа освещения на гибкой или коленчатой штанге. Все приборы, установленные на самолете,

ТКП 17.04-18-2010

должны быть синхронизированы между собой. Самолетное переговорное устройство должно соединять пилота и (или) штурмана с обоими бортоператорами.

7.1.13 Установка съемочной аппаратуры и результаты опробования системы автоматического тросоруба оформляются двусторонним актом представителей геологической организации и авиационной организации.

7.1.14 Перед началом полевых работ установленная на самолет аппаратура тщательно проверяется на аэродроме в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей. При этом аппаратура питается от аэродромной сети 27 В.

7.1.15 Подлежат проверке наличие сигнала, отписка контрольных меток и все элементы записи на регистраторе. Проверки осуществляются во всех предусмотренных режимах (при различных продолжительности цикла измерения, чувствительности или отсчетной единице, записи грубой и точной шкал и т.д.). При этом обязательно проверяются возможные пределы регулировки питающих напряжений, не приводящие к сбоям контрольных режимов, и общая стабильность работы аэромагнитометров. Проверяется функционирование всех вспомогательных систем аппаратуры: маркера или временной отметки, системы отметок ориентиров или момента фотосъемки, нумератора ориентиров, схемы записи высоты полета и т. д.

7.1.16 Для проверки аппаратуры, работающей в выпускном варианте, необходимо отнести гондолу от самолета на длину кабеля и установить ее горизонтально на высоте 30-40 см над землей на неметаллической подставке без железных гвоздей; при этом кабель питания и кабель, соединяющий гондолу с самолетом, должны быть по возможности удалены друг от друга; наименьшая помеха достигается при взаимно перпендикулярном расположении этих кабелей.

7.1.17 В случае высокого уровня помех нужно установить их источник; для этого необходим хотя бы кратковременный переход на питание от аккумуляторов самолета путем отключения от борта самолета кабеля источника наземного питания. Если при этом уровень помех резко снижается, то следует проверить надежность заземления корпуса самолета и экспериментально подобрать место заземления. Если и это не поможет, необходим переход на двухпроводную систему питания.

7.1.18 Когда вся аппаратура начнет работать безотказно, производят контрольную запись магнитного поля в течение 2-3 ч. Для квантовых приборов необходима более тщательная наземная проверка: выполняют одновременную регистрацию вариаций всеми наличными квантовыми приборами в одном месте в течение 4-8 ч; при этом проверяется устойчивость их работы и сходимость показаний по всем каналам на всех регистраторах (расхождение записей ΔT двух приборов не должно превышать 0,4 нТл). Такие совместные «прогоны» важны, так как градуировочных колец к квантовой аппаратуре не придается. Затем осуществляется проверка работы аэромагнитометра от двигателя (бортовой сети) самолета.

7.1.19 На завершающей стадии проверки аппаратуры необходимо осуществить пробный полет, во время которого выполняется следующее:

- изучается постоянство показаний аэромагнитометров. Для этого обычно используют ежегодно один и тот же «эталонный» маршрут, магнитное поле которого хорошо изучено. Желательно, чтобы не менее 10 км этого маршрута было в поле с градиентами менее 50 нТл/км. Результаты многократных повторных залетов на эталонный маршрут сравниваются. Если запись не содержит дефектов (флюктуации, сбои и т. п.) и сопоставление среднего квадратического расхождения повторных графиков ΔT с возможной погрешностью за счет плановой привязки приемлемо для данного типа прибора считают, что аэромагнитометр готов к эксплуатации;

- изучается неизменность показаний прибора при включении и выключении электросистем самолета (радиокомпас, радиовысотомер, электроподогревные устройства) и средств радиосвязи, а также влияние режимов работы мотора самолета и флюктуации напряжения в бортовой сети;

- проверяется и регистрируется девиация. Определение девиации обязательно для

всех типов аэромагнитометров. Девиационные поправки измеряются в дальнейшем снова (2-3 раза за сезон) и дополнительно во всех случаях, когда они могут измениться: при смене деталей, расположенных в гондоле, при замене или перепайке трос-кабеля, при монтаже на самолете какого-либо нового оборудования. В связи с возможным изменением девиации на съемочном самолете в процессе съемки запрещается попутная перевозка магнитных грузов (бочек и т. п.).

7.1.20 Для изучения девиации необходимо спокойное магнитное поле. Полеты с целью «списания девиации» должны выполняться перед началом полевых работ и после их окончания, а в случае жесткого крепления датчика магнитометра и после каждого осуществления регламентных работ («формы») носителя (самолета, вертолета). Состав полетов по «списанию девиации» определяется типом крепления датчика, типом носителя и его бортового оборудования, наличием системы компенсации, что предусматривается Техническим заданием (проектом) на выполнение работ.

7.1.21 При жестком креплении датчика магнитометра должны выполняться полеты по замкнутому маршруту, состоящему из четырех плеч («коробочка»). Съемка вдоль каждого плеча должна осуществляться при максимально допустимых требованиями безопасности полетов эволюциях летательного аппарата (крены, тангажи, рыскания). Независимо от выбранного способа компенсации (в реальном масштабе времени или в процессе послеполетной обработки результатов измерений) необходимы специальные операции, заключающиеся в оценке величины искажения полных значений магнитного поля, вносимых носителем уже после проведения компенсации девиации (для исключения так называемой постоянной составляющей девиации, т.е. не зависящей от курса).

7.1.22 При использовании выпускной системы должна выполняться съемка по схеме «звездочка», с угловым шагом 45°.

7.1.23 Все полеты по «списанию девиации» должны осуществляться в режиме активной навигации в максимально спокойном для данного района магнитном поле на относительной высоте не менее 300 м. Для вычисления поправки за «списание девиации» берется не более 100-200 м маршрута.

7.1.24 Появление на записи колебаний типа синусоиды свидетельствует о неполадках в приборе, например в ориентирующем устройстве. Установление и устранение причин этих неполадок выполняется в наземных условиях.

7.1.25 Проверяется запись радиовысотометра и совместная работа аэромагнитометра с системой GPS.

7.2 Радиовысотометры

7.2.1 Радиовысотометр (РВ) должен обладать погрешностью в пределах 5 % высоты полета над местностью (в соответствии с паспортными данными) и частотой опроса, кратной частоте опроса навигационной системы (не реже 10 раз в секунду).

7.2.2 Бортовой компьютер и бортовой программный комплекс должны обеспечивать регистрацию всех данных съемки. При этом должна быть обеспечена синхронизация данных используемых бортовых устройств между собой и с наземной магнитовариационной станцией по спутниковому времени с точностью не хуже 0,05 сек

7.2.3 Магнитометрические данные и данные других бортовых устройств регистрируются на электронном носителе бортового компьютера

7.3 Наземный комплекс

7.3.1 В состав комплекса наземного аппаратно-программного обеспечения работ должны входить:

- наземная магнитовариационная станция,

ТКП 17.04-18-2010

- базовая станция спутниковой навигационной системы,
- полевой обрабатывающий комплекс.

7.3.2 Наземная магнитовариационная станция (включая регистрирующий компьютер) должна быть того же класса точности магнитометров, что и бортовой аэромагнитометр. Она также должна в обязательном порядке пройти метрологическую аттестацию в мере магнитной индукции. Регистрация вариаций магнитного поля должна осуществляться с частотой не реже 1 раза в 10 секунд либо чаще при работах на площадях с высоким уровнем техногенных помех или в северных широтах. Расстояние от места размещения вариационной станции до самой удаленной точки площади не должно превышать 100-150 км в зависимости от геомагнитной широты местности. Материалы съемки считаются не удовлетворяющими требуемым кондициям, если вариации магнитного поля отклоняются более чем на 2,5 нТл от прямой линии, соединяющей крайние точки 30 секундного цикла, а также в случае градиента вариаций, превышающего 20 нТл за 5 минут. Запись вариаций магнитного поля должна обеспечивать переход к среднегодовому уровню отсчета вариаций, осуществляемый с использованием данных ближайшей магнитной обсерватории. С этой целью необходимо иметь за период проведения съемки не менее трех круглосуточных записей вариаций. В качестве среднегодового уровня рекомендуется использовать среднегодовой уровень года, предшествующего году съемки. Исползованная система перехода к среднегодовому уровню и выбора нормального поля должна быть указана в зарамочном оформлении на картах.

7.3.3 Базовая станция (приемо-индикатор) спутниковой навигационной системы должна обеспечивать дифференциальный режим коррекции навигационных данных по системе спутниковой навигации и располагаться по возможности в месте базирования МВС. Полная информация со спутников для последующей коррекции координат аэромагнитных измерений должна регистрироваться с частотой 1 секунда.

7.3.4 Синхронизация данных используемых наземных магнитовариационных станций и базовой станции спутниковой навигации должна быть обеспечена по спутниковому времени с точностью в пределах 0,05 сек.

7.3.5 Полевой обрабатывающий комплекс должен иметь систему резервирования данных на электронном носителе.

7.3.6 Программное обеспечение полевого обрабатывающего комплекса должно обеспечивать работу со всем массивом информации, включая промежуточные результаты обработки; выполнять все виды первичной полевой обработки данных; осуществлять визуализацию как помаршрутных и повылетных, так и площадных данных. Для дифференциальной коррекции навигационных данных используется специальное программное обеспечение фирм, поставляющих навигационное оборудование (Ashtech, Javad и др).

8 Методика и техника работ

8.1 Общие указания, технологическая схема работ

8.1.2 Началу съемки должно предшествовать выполнение контрольно-настроечных операций (измерений): калибровка РВ, «списание девиации» (7.3) определение отставания магнитометрических данных относительно измеряемых координат (лаг-поправка), оценка точности спутниковой планово-высотной привязки.

8.1.3 Калибровка радиовысотомера РВ должна осуществляться регулярно не реже 1 раза в месяц. При этом одновременно с калибровкой РВ должны производиться измерения абсолютных значений высоты над эллипсоидом по спутниковой навигационной системе.

8.1.4 Определение отставания магнитометрических данных относительно

измеряемых координат (лаг-поправка) должно определяться по результатам многократных полетов (не менее 4-х) по встречным направлениям над локальным магнитным объектом (например, техногенным).

8.1.5 Все маршруты аэромагнитной съемки должны прокладываться в режиме активной навигации с использованием спутниковой навигационной системы.

8.1.6 Высота съемки и допуски по высоте определяются геологическими задачами в соответствии с геологическим заданием (проектной документацией) на выполнение работ.

8.1.7 В процессе съемочных работ бортоператор должен вести бортовой журнал, в котором помимо всей необходимой информации о выполненных работах (время взлета-посадки, номер и количество пройденных маршрутов, метеоданные, состав и результаты калибровок аппаратуры и т.д.) фиксируются особенности поведения элементов бортового комплекса и возникающие нештатные ситуации. Донесение подписывается членами экипажа и бортоператором.

8.1.8 В задачу площадной аэромагнитной съемки помимо конкретных геологических задач, предусмотренных проектной документацией, должно входить получение точных карт магнитного поля, которые являются важнейшим средством для извлечения геологической информации и нужны для составления сводных магнитных карт. Информация о магнитном поле должна быть однородной, т. е. такой, чтобы результаты съемок в разных частях участка можно было сопоставлять (сравнивать) для анализа изменений поля в пространстве. В связи с этим методика съемок в пределах участка работ партии (отряда) должна быть одинаковой. Это правило желательно выполнять и в пределах границ однотипных по внутреннему строению геологических провинций, что важно для обеспечения высокой эффективности интерпретации сводных карт магнитного поля.

Общая технологическая схема выполнения аэромагнитной съемки приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Технологическая схема работ аэромагнитной партии (состав работ и их обычная последовательность)

Этапы работ аэромагнитной партии	Основные элементы (состав) работ	Пункты ТКП или документы, которыми следует руководствоваться исполнителям
I. Организационный период на основной базе партии	1. Проектирование работ 2. Проверка, ремонт, настройка метрологическая поверка и (или) взаимная сверка синхронных записей приборов (аэромагнитометров и МВС)	5.2, 6.1.9, 6.1.10 и указания в документах, прилагаемых к приборам заводом-изготовителем
	3. Установка съемочной аппаратуры на самолет (вертолет)	6.1.9 , по чертежам и техническим условиям.
	4. Пробный полет для проверки работы всех приборов в реальных условиях эксплуатации	6.1.10 6.1.19
	II. Организационный период на месте работ	1. Контрольная проверка и сверка приборов после транспортировки 2. Подготовка к съемке (расстановка МВС, обеспечение связи между отрядами и др.)
III. Полевой период	1. Рекогносцировочный полет для изучения района работ и уточнения методики съемки 2. Изучение и компенсация девиации (компенсация – при жестком креплении гондолы аэромагнитометра)	6.1.10 6.1.10, 6.1.19
	3. Повысотные съемки над типичными геологическими объектами для уточнения высот съемочных полетов	7.5 и 8.7.1.2

--	--	--

Окончание таблицы 3

Этапы работ аэромагнитной партии	Основные элементы (состав) работ	Пункты ТКП или документы, которыми следует руководствоваться исполнителям
	4. Основные маршрутные или площадные аэромагнитные съемки для получения геологической информации:	
	- маршрутные съемки;	8.7.1
	- площадные основного масштаба;	8.1 и 8.8
	- площадные детализационные;	8.7.1.2
	- расчетные маршруты;	8.7.1.2
	- расчетные высотные маршруты (задаются на аномалиях, выявленных площадной съемкой);	8.7.1.2
III. Полевой период	5. Вспомогательные съемки:	8.4
	- для внутренней увязки (опорные или повторные маршруты);	
	- для внешней увязки (съемка на увязочных маршрутах или перекрытиях участков, увязка с существующими внешними опорными сетями или создание новых внешних опорных сетей);	10.1
	- для определения погрешности съемки (диагональные секущие маршруты).	
	6. Работы, выполняемые в процессе съемки:	8.3,
	- работа летно-подъемной группы (вождение самолета, вертолета по заданным маршрутам, предполетная подготовка, работа во время и после полета);	8.6
	- плановая привязка (с помощью GPS-систем);	5.5
	- высотная привязка;	5.4
	- учет вариаций (по одиночным МВС, группам МВС, по опорным сетям или на основе комбинации средств учета);	
	- служба времени.	
	7. Операции для приведения результатов съемки к среднегодовому уровню	8.4.4
	8. Камеральные работы в поле	
IV. Камеральный период	1. Обработка данных плановой и высотной привязки	
	2. Обработка измерений девиаций	6.1.10
	3. Обработка данных вариационного обеспечения съемок	5.5
	4. Увязка средств увязки (опорных сетей или повторных маршрутов)	8.4.2
	5. Обработка данных, полученных на рядовых маршрутах, прямое введение поправок, внутренняя увязка, приведение к избранному отсчетному (нулевому) уровню [получение ΔT или $(\Delta T)_a$]	9.1, 9.2, 9.3
	6. Построение карт и графиков магнитного поля	5.7
	7. Определение погрешности съемки и погрешности карт	10.2
	8. Внешняя увязка для построения сводных карт	8.4.4
	9. Интерпретация результатов съемки	[2]

8.2 Масштабы площадных съемок, высоты полетов, системы залетов площадей, направление и длина маршрутов

8.2.1 Для площадных съемок, выполняемых с помощью прямолинейных параллельных маршрутов, масштаб M принято определять по формуле. Понятие о масштабах аэромагнитной съемки условно

$$M = 1/(100d), \quad (5)$$

где d - дистанция между маршрутами, измеренная в метрах.

Так, при межмаршрутном расстоянии 10000 м, съемка имеет масштаб 1:1000000. Для съемок со сложной, в том числе криволинейной, сетью маршрутов

$$M = \frac{L}{100000S} = \frac{l}{100000}, \quad (6)$$

где L — общее количество километров рядовых маршрутов на участке съемки площадью S км²;

l — плотность съемки, т. е. среднее количество километров рядовых маршрутов, приходящихся на 1 км² площади съемки.

8.2.2 Общая длина L определяется по карте как сумма проекций истинных траекторий полетов самолета по рядовым съемочным маршрутам на горизонтальную плоскость; вспомогательные и детализационные работы при подсчете не учитываются.

8.2.3 Для съемки параллельными маршрутами масштабы, вычисленные по обеим формулам, совпадают.

8.2.4 В нормальный ряд масштабов аэромагнитных съемок входят масштабы: 1:2500000, 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:100000, 1:50000; 1:25000, 1:10000, 1:5000. Работы в промежуточных масштабах не разрешаются. Масштабы мельче 1:200000 считаются мелкими, масштабы 1:200000 и 1:100000 именуют средними, причем масштаб 1:100000 применяется редко. Остальные масштабы принято считать крупными. В неизученных районах нужно последовательно укрупнять масштабы в соответствии с нормальным рядом, но не подряд, а пропуская один очередной масштаб. Так, например, после масштаба 1:200000 рекомендуется переход к масштабу 1:50000. Повторение съемок в одном и том же масштабе разрешается только в том случае, если новая съемка выполняется с новой аппаратурой и методикой и точность повторной съемки в несколько раз выше предшествующей.

8.2.5 Съемки разрешается вести на постоянной барометрической или на постоянной истинной высоте. Соответственно принято различать три основные системы залета съемочных площадей:

- с полетами на постоянной барометрической высоте,
- детальное огибание рельефа иногда неправильно именуется «полным» огибанием рельефа;
- с огибанием «генерального рельефа» (когда самолет следует лишь за основными формами земной поверхности).

В проектной документации, отчетах, в полетных заданиях и на отчетной графике всегда следует указывать систему залета и среднюю истинную высоту полетов. Сведения о средней истинной высоте полетов характеризуют расстояния до поверхности земли и нужны при интерпретации результатов съемок.

8.2.6 При выборе рациональной системы залета участка, т. е. способа покрытия его

ТКП 17.04-18-2010

площадей, нужно учитывать следующее:

- детальное огибание рельефа на малых высотах дает наибольшую гарантию избежать пропуска небольших магнитных объектов, приуроченных к впадинам рельефа. В большинстве геолого-геофизических ситуаций это единственное преимущество такой системы залета. Во всех других отношениях детальное огибание рельефа нежелательно: ведет к снижению качества съемки, осложняет работу экипажа самолета, - затрудняет количественную интерпретацию аномалий и снижает ее точность. Поскольку полеты криволинейны, а пересчет измеренных данных на горизонтальный уровень не дает надежных результатов, так как истинная траектория полета самолета при огибании рельефа известна с большей погрешностью. Если аэромагнитометр имеет выпускную гондолу, полеты с детальным огибанием рельефа недопустимы;

- главной особенностью съемок с огибанием генерального рельефа является то, что полеты выполняются пилотом и штурманом на глаз, поскольку не выдерживаются ни барометрическая, ни истинная высота; в силу этого полеты неповторимы, а истинную траекторию полета самолета восстановить не менее сложно, чем при детальном огибании рельефа. Эти особенности отрицательно сказываются на точности съемки и интерпретации результатов;

- полеты на постоянной барометрической высоте не строго горизонтальны, однако результаты могут быть улучшены за счет специальных приемов, указанных в 8.6.

8.2.7 В подавляющем большинстве ситуаций оптимальные высоты аэромагнитных съемок лежат в пределах 100-300 м; в этом интервале (средние высоты) отрицательные особенности полетов на малых (до 100 м) и больших (свыше 300 м) высотах проявляются слабо.

При выборе высот необходимо учитывать следующее:

- для малых высот характерны увеличение помех, искажения записи за счет инерционности приборов, осложнение вождения самолета по ЛЗП, снижение точности привязки маршрутов и аномалий; полеты на малых высотах определяют необходимость огибания рельефа со всеми вытекающими отсюда следствиями. Отрицательные явления, связанные с малыми высотами, проявляются особенно резко в открытых районах со сложным строением приповерхностных образований и в областях развития эффузивов, в том числе траппов. Над глубокими геологическими депрессиями на суше полеты на малых высотах имеют смысл, если исследуются приповерхностные толщи; если же изучается глубоко погруженное кристаллическое основание, они нецелесообразны. Государственный комитет по авиации Республики Беларусь разрешает над сушей полеты на высотах не ниже указанных в таблице 4.

- главные достоинства съемки на малых высотах - возможность разделения аномалий, связанных с близко расположенными геологическими объектами, и возможность фиксации малых слабомагнитных приповерхностных тел. Если эти особенности могут помочь решению поставленных перед съемкой задач, предпочтение должно быть отдано малым высотам.

- выше 1000 м съемочные полеты осуществляются в крайне редких случаях. В интервале высот съемки 300-1000 м магнитные поля, связанные с очень крупными объектами, меняются мало; влияние мелких приповерхностных тел исчезает или сильно уменьшается, а аномалии от средних по размерам тел уменьшаются по амплитуде и, расширяясь, часто сливаются друг с другом.

Таблица 4 - Минимально допустимые высоты полетов при аэромагнитной съемке в зависимости от рельефа местности

Местность	Минимально допустимая (безопасная) высота, м	Диапазон задаваемых высот, м
Равнинная, холмистая, лесистая, горные равнины (плато) с колебанием высот рельефа до 200 м (без учета отдельных вершин)	25	25-50

Холмистая, горные равнины с колебанием высот рельефа до 500 м	50	50-75
Пересеченная горная с колебанием высот рельефа свыше 500 м	75	75-100

Окончание таблицы 4

Местность	Минимально допустимая (безопасная) высота, м	Диапазон задаваемых высот, м
С абсолютной высотой более 2500 м	100	100-130

Примечание - При работе с выпускной гондолой максимально допустимые высоты полетов должны быть увеличены на длину трос-кабеля, причем наличие автоматического тросоруба обязательно

В целом геологическая информация обедняется. В этом интервале высот инерционность приборов не имеет значения, резко улучшаются привязка, увязка, самолетовождение, межпрофильная корреляция, уменьшается «болтанка». При прочих равных условиях погрешность съемок на малых высотах и с огибанием рельефа выше, чем при выполнении работ на средних и больших высотах и без огибания рельефа.

8.2.8 При проектировании съемок высоты и масштабы обычно выбирают на основе опыта предшествующих работ на том же или соседних, или аналогичных участках, а также с учетом директивных указаний и ограничений, связанных с техникой безопасности и с долгосрочными планами аэромагнитных съемок. Для грубой ориентировки можно использовать таблицу 5, которая относится к съемкам на суше в наиболее часто встречающихся ситуациях.

8.2.9 Запроектированные высоты полетов полезно уточнять в начале полевых работ на основе анализа рекогносцировочных и повысотных съемок.

8.2.10 В случаях, когда есть основания считать, что выбранный масштаб может оказаться слишком мелким, или когда вызывает сомнение выбранная высота полетов (например, в неизученных районах и районах сложного строения), следует предусматривать повышенный объем детализационных съемок. Они позволяют после завершения общей съемки изучить наиболее важные объекты с нужной детальностью и на оптимальной высоте, установленной по результатам работ основного масштаба.

8.2.11 В некоторых геолого-геофизических ситуациях, связанных с необходимостью разделения полей от разных объектов, например при поисках трубок взрыва в районах, где сходные аномалии создаются другими возмущающими объектами, разрешаются площадные многовысотные съемки, а также двух-горизонтная съемка, которая осуществляется одновременно с одного носителя (8.7.2).

8.2.12 Участки или маршруты, на которых зафиксировано недопустимое отклонение от заданной высоты, повторяют.

8.2.13 Рядовые маршруты площадных аэромагнитных съемок должны располагаться вкрест преобладающему (или наиболее важному при решении поставленной задачи) простиранию аномалий. Если магнитное поле отражает сложное геологическое строение участка со структурами и аномалиями разного простирания, то маршруты должны иметь направление, не совпадающее ни с одним из простираний.

8.2.14 Неортогональность маршрутов по отношению к аномалиям и структурам разрешается также в горных районах и в тех случаях, когда это позволяет:

- значительно улучшить плановую привязку маршрутов и аномалий в связи с особенностями расположения ориентиров в районе, где их мало;
- в связи с особенностями рельефа избежать таких систем залета, которые резко повышают стоимость работ или снижают точность измерений или эффективность поисков (от направления полетов часто зависит, например, истинная высота полетов в предгорье или необходимость залета методом скатывания и т. д.).

8.2.15 Ориентировка профилей съемки под острым углом к структурам и аномалиям приводит к необходимости увеличить удельный вес детализационной съемки и полетов по расчетным маршрутам.

8.2.16 Оптимальная протяженность съемочных маршрутов от 30 км. Маршруты

ТКП 17.04-18-2010

длиной менее 30 км экономически невыгодны в связи с увеличением затрат времени на развороты и снижением качества съемки из-за повышения утомляемости экипажа.

Таблица 5 - Характерные задачи и особенности площадных аэромагнитных съемок в районах разного геологического строения

Районы работ	Средняя квадратическая погрешность съемки, нТл	Решаемые задачи	Обычные масштабы съемок	Характерные средние истинные высоты полетов, м	Обычная система залета площадей	Результаты полезны в помощь геологическим съемкам масштаба**
I. Депрессии с глубоко погруженным кристаллическим основанием и мощной толщей осадочных пород	0.5-5	Картирование осадочных пород, и выявление полезных ископаемых осадочного комплекса, изучение рельефа и состава фундамента	1:200000; 1:50000; 1:25000; 1:10000	100-150	Полеты на постоянной барометрической высоте	1:1000000 - 1:25000
То же	5-25	Изучение рельефа и состава фундамента	1:200 000	100-300	То же	1:200 00 и мельче
То же	0.5-25	Поиски бокситов	1:50000; 1:25000; 1:10000	50-100	- "	1:50000-1:25000
II. Геологически закрытые с осадочным комплексом мощностью 25-300 м	0.5-25	Картирование пород и изучение тектоники фундамента, поиски руд; реже – картирование осадочных пород	1:200000; 1:50000; 1:25000; 1:10000	50-300 *	- "	1:1000000 - 1:25000
III. Геологически открытые со слабомагнитными породами и с небольшими градиентами магнитного поля	0.5-25	Поиски руд и получение дополнительных данных в помощь геологическому картированию, изучение тектоники	1:50000; 1:25000; 1:10000	50-300 *	В зависимости от рельефа, особенностей магнитного поля и высоты полетов	1:200000 - 1:25000
IV. Геологически открытые с высокими градиентами магнитного поля	2-25	То же	То же	100-500 *	То же	1:200000 - 1:25000
V. Районы развития траппов и лавовых покровов	2-25	Картирование, поиски руд; реже – изучение подстилающих пород и их структур, поиски трубок взрыва	1:50000; 1:25000; 1:10000	100-500 *	То же	1:200000 - 1:25000

* В этих районах рациональные средние истинные высоты съемочных полетов могут меняться в широких пределах и должны выбираться на основе опыта предшествующих работ или анализа результатов повысотных съемок с учетом геологической задачи, выбранной системы залета и условий съемок (прежде всего с учетом формы аномалий в плане ориентировки маршрутов по отношению к ним, влияния приповерхностных неоднородностей, характера рельефа и влияния рельефа сильномагнитных пород на магнитном поле)

Поскольку расстояния между полумаксимумами аномалий не могут быть меньше высоты полетов, то обычно средние истинные высоты полетов равны $(0,1 \div 1,0) d$, где d - межмаршрутное расстояние.

** Соотношения масштабов геологических и аэромагнитных съемок могут варьировать в широких пределах в зависимости от условий, в связи с чем здесь указаны крайние значения для каждого типа районов без более дробной детализации.

масштаб аэромагнитной съемки должен быть на один - два стандартных масштаба крупнее масштаба геологической съемки, в помощь которой она предназначена.

8.3 Работа экипажа съемочного самолета

8.3.1 В состав экипажа воздушного судна, выполняющего аэромагниторазведочные работы, помимо командира воздушного судна (пилота), штурмана (а также второго пилота, бортмеханика и бортрадиста, которые обязаны участвовать в полетах на некоторых типах воздушных судов) входят два бортоператора. Первый бортоператор (старший инженер-, инженер- или специально подготовленный старший техник-геофизик) работает с аэромагнитометром и является старшим представителем аэромагнитной партии (отряда) на воздушном судне, выполняющем аэромагниторазведочные работы.

8.3.2 Помимо перечисленных лиц в контрольных, рекогносцировочных и в отдельных других полетах могут принимать участие начальник партии (отряда) или (с его разрешения) иные специалисты. Аэросъемочные полеты выполняются экипажами воздушных судов авиационных организаций Республики Беларусь в соответствии с Воздушным Кодексом Республики Беларусь, Правилами использования воздушного пространства Республики Беларусь, авиационными правилами и другими НПА, определяющими деятельность в области гражданской авиации. Полеты выполняются на основании заявки на полёт, составленной в соответствии с условиями договора ответственным лицом аэромагнитной партии. Формы заявки приведены в приложении Б. Взаимоотношения членов экипажа самолета подчиняются следующим правилам:

- первый и второй бортоператоры во время полетов должны руководствоваться Воздушным Кодексом Республики Беларусь, авиационными правилами и другими НПА, определяющими деятельность в области гражданской авиации Республики Беларусь, безоговорочно выполнять все указания командира воздушного судна, связанные с обеспечением безопасности полета;

- члены экипажа воздушного судна выполняют указания бортоператоров, находящихся на борту воздушного судна, связанные с методикой работы, если эти указания не противоречат правилам, установленным НПА, определяющим деятельность в области гражданской авиации Республики Беларусь, и не создают угрозы безопасности полета.

8.3.3 Накануне очередного вылета первым бортоператором, пилотом и штурманом составляется план полета, на основании которого начальник партии (отряда) выписывает заявку на полет по стандартной форме

В плане указываются:

- номера маршрутов;
- система залета площади;
- средняя истинная высота полета по маршрутам;
- необходимость и особенности выполнения повторных, опорных и других вспомогательных маршрутов, перекрытий на стыках профилей, детализации, повысотных съемок;
- особые требования к данному полету;
- рациональная последовательность залетов;
- запасные аэродромы.

Предполетная подготовка, выполняемая обоими бортоператорами, в день вылета состоит в следующем.

- проверяется работоспособность аппаратуры в соответствии с правилами, приведенными в заводских инструкциях по приборам. До установления устойчивого рабочего режима аппаратура в течение 15-30 мин работает от аэродромной сети 27 В. После этого при опробовании двигателей самолета аппаратуру проверяют от бортовой сети летательного аппарата.

- выполняются записи на лентах всех регистраторов. Записываются контрольные

показания приборов. Барометрические высотомеры следует выводить на нуль (по шкале высот).

- принимаются сигналы точного времени и сверяются все часы. Минутные стрелки ставят одинаково, расхождения секундных стрелок фиксируют на бортовом компьютере.

- непосредственно перед вылетом должно быть проверено отключение кабеля аэродромного питания.

Решение о вылете для выполнения аэромагниторазведочных работ командир воздушного судна принимает в соответствии с «Авиационными правилами организации и выполнения полетов в гражданской авиации Республики Беларусь» и настоящим ТКП, согласовывая это решение с первым бортоператором.

8.3.4 Пилот и штурман обеспечивают выполнение съемочных полетов по проектным линиям, добиваясь наилучшего совпадения ЛФП и ЛЗП при одновременном выдерживании заданной высоты полета.

8.3.5 Особое внимание вождению самолета по ЛЗП и на заданной высоте они обязаны уделять при выполнении расчетных, повысотных, опорных, связующих, повторных и секущих маршрутов, а также рядовых маршрутов на отрезках вблизи точек их пересечения с опорными. Довороты, особенно неотмеченные, ухудшают качество съемки; поэтому в процессе полетов все довороты фиксируются штурманом в бортовом журнале; о них сообщается по переговорному устройству первому бортоператору для регистрации доворотов. Пилот и штурман должны быть уведомлены, что для повышения качества работ лучше показать маршрут со всеми доворотами, чем фиктивные прямые линии.

8.3.6 В случае явного схода с проектного маршрута полет должен быть продолжен по прямой до границ участка, после чего выполняется новый заход на пропущенный проектный маршрут. При заходе на маршрут довороты должны заканчиваться до первого ориентира. После пересечения крайнего опорного маршрута разворот допустим не ранее чем через 2- 3 км.

8.3.7 Во время спусков и подъемов гондолы экипаж выдерживает необходимые для этой операции режимы полета, а после выпуска гондолы включает систему автоматического тросоруба и выключает ее перед уборкой гондолы. В крайних критических случаях, при условиях, угрожающих безопасности полета и не позволяющих произвести срочную уборку гондолы с магниточувствительным датчиком, командир воздушного судна обрубает трос-кабель включением тумблера «обрубка кабеля гондолы». При этом он дает указание штурману (второму пилоту) определить и записать в штурманский бортовой журнал местоположение самолета, где произошло аварийное сбрасывание гондолы.

8.3.8 Другие правила, относящиеся к безопасности полёта и технике безопасности при аварийном сбрасывании гондолы, определяются настоящим ТКП, авиационными правилами и другими НПА, определяющими деятельность в области гражданской авиации.

8.3.9 Если отклонение по высоте или по направлению превышает допустимые пределы, то экипаж воздушного судна обязан сообщить об этом первому бортоператору, который принимает решение о дальнейшей работе.

8.3.10 Стандартная форма штурманского боржурнала разработана применительно к другим видам съемок и не отражает специфики аэромагниторазведки. Рекомендованная форма приведена в приложении А.

8.3.11 Экипаж воздушного судна должен сообщать бортоператорам для регистрации все моменты включения самолетных приборов и агрегатов, способных создавать магнитные помехи.

8.3.12 Первый бортоператор сразу после вылета включает электронную схему и термостатирующие устройства. При наборе высоты градуируется канал записи высот; далее действия первого бортоператора по высотной привязке регламентируются

правилами, изложенными в 8.6.

8.3.13 При работе с приборами, имеющими подвесную гондолу, бортоператоры с разрешения пилота выпускают гондолу. После этого первый бортоператор выполняет проверку работы всех блоков аэромагнитометра, качества сигналов и записи. Качество записи - это четкость и отсутствие перерывов, отписок; в протонных и квантовых приборах - соответствие результатов измерений на дисплее. В полете сигнал должен характеризоваться теми же параметрами, что и в наземных условиях, и даже несколько улучшаться: так, в протонных приборах отношение сигнал/шум в начале счета должно быть не менее 20-25, а затухание за время измерения должно изменяться не более чем в 4 раза. Запись проверяется на всех режимах.

8.3.14 В дальнейшем первый бортоператор продолжает следить за работой аппаратуры, напряжением бортовой сети и систематически осуществляет проверки, предусмотренные для данного типа аэромагнитометра

8.3.15 При наличии резких скачков записи устанавливается их причина. В случае обнаружения неисправности аппаратуры принимается решение о ее ремонте в полете или о возвращении на базу. Решение и характер неисправности фиксируются. Решение о возврате может быть принято также при сильной «болтанке», интенсивных вариациях, плохой видимости.

8.3.16 Если фиксируется аномалия, первый бортоператор должен убедиться в отсутствии на земной поверхности возможных негеологических источников в виде крупных промышленных объектов и т. п.

8.3.17 В начале и конце съемочного полета аппаратура проверяется на контрольном маршруте.

8.3.18 Перед окончанием полета бортоператоры с разрешения командира самолета поднимают и закрепляют гондолу. В конце аэромагнитограммы первый бортоператор выполняет записи, которые в совокупности с остальными записями и отметками обеспечивают возможность заполнения форм, приведенных в приложении А и Б.

8.3.19 Обязанности второго бортоператора заключаются в контроле аппаратуры, обеспечивающей плановую и высотную привязку данных аэромагнитной съемки.

8.3.20 Экипаж воздушного судна производит окончательное оформление бортового журнала и полетной карты.

8.3.21 Оба бортоператора должны зафиксировать в аппаратурном журнале сведения о работе приборов, с которыми они работали, указав все настройки, регулировки и ремонтные работы, выполненные в полете и на земле, а также замену деталей аппаратуры.

8.3.22 В нелетные дни, если не ведется профилактический ремонт аппаратуры, оба бортоператора обязаны участвовать в камеральной обработке материалов.

Рекомендуется проводить разборы полетов с точки зрения соблюдения методики аэромагниторазведочных работ. В начале сезона, когда экипаж еще не сработался, обсуждение полетов обязательно. Разбор полета производится первым бортоператором в присутствии начальника партии (отряда) и при участии экипажа воздушного судна

8.4 Увязка результатов аэромагнитных измерений и определение аномальных значений магнитного поля (ΔT)_а.

8.4.1 Внутренняя увязка

8.4.1.1 Внутренняя увязка является многофункциональной системой операций, полностью или частично исключая влияние некоторых источников погрешности

аэромагнитных съемок. Внутренняя увязка должна выполняться при любом виде и масштабе площадных аэромагнитных съемок с любой аппаратурой, в том числе при работе с протонными и квантовыми аэромагнитометрами.

8.4.1.2 Дрейф аэромагнитометров, влияние вариаций δT и девиация изменяют нулевые (отсчетные) уровни графиков ΔT , зарегистрированных на рядовых маршрутах в процессе съемки. Кроме того, в связи с включением, выключением, изменениями настройки приборов, на стыках маршрутов, а у квантовых аэромагнитометров и МВС в связи с так называемыми сдвигами возникают скачки нулевых линий графиков ΔT . Влияние вариаций δT и девиации может быть исключено введением поправок (соответственно по вариограммам, зарегистрированным с помощью МВС, и по графикам девиационных поправок, полученным в результате специальных полетов, см. 7.1.10). Однако при этом не могут быть точно учтены пространственные изменения вариаций δT ; возможны погрешности и в учете девиации.

8.4.1.3 Увязка в зависимости от способа ее выполнения исключает или уменьшает влияние перечисленных источников погрешности, причем ее эффективность тем выше, чем чаще осуществляется контроль и коррекция нулевого (отсчетного) уровня зарегистрированных при съемке графиков ΔT .

8.4.1.4 Для исключения разных источников погрешности требуется неодинаковая частота коррекции нулевых линий графиков- таблица 6.

8.4.1.5 При выполнении высокоточных съемок, когда увязка должна исключать неучтенные пространственные изменения короткопериодных вариаций δT (а в ряде случаев и промышленных помех), контроль и исправление нулевых (отсчетных) уровней графиков ΔT необходимо выполнять как можно чаще.

8.4.1.6 Допускается применение двух видов внутренней увязки: по ОС и по ПМ. Предусмотренные в данной инструкции способы внутренней увязки отобраны на основании тщательной теоретической и экспериментальной проверки всех вариантов увязки. Эффективность перечисленных способов неодинакова (таблица 6).

8.4.1.7 Наилучшим способом внутренней увязки является увязка по внутренним опорным сетям, которые создаются полевой партией (отрядом) в процессе выполнения площадных съемок. Только в тех случаях, когда опорные сети неэффективны (см. ниже) разрешается увязка по ПМ или на основе комбинации обоих методов. Исправление нулевой линии графика ΔT рядового маршрута по опорной сети недопустимо, если возможная погрешность в определении ординат графиков ΔT на ОМ и РМ в точках пересечения за счет плановой привязки превышает заданную среднюю квадратическую погрешность съемки. Такие точки не принимаются во внимание при увязке по опорным сетям. Когда на участке преобладает магнитное поле с высокими градиентами, опорные сети могут оказаться малоэффективными. В таких ситуациях необходимо:

- принять меры для увеличения точности плановой привязки и улучшить точность вождения самолета на заданной высоте;

- увеличить число опорных маршрутов (плотность опорной сети), что позволит отбрасывать часть точек пересечения без недопустимого увеличения расстояний между опорными точками на рабочих маршрутах; в зависимости от конкретной ситуации или удваивают (сгущают) всю опорную сеть или прокладывают отдельные дополнительные ОМ;

- если и в этом случае количество пригодных для увязки точек пересечения не обеспечивает надежной увязки, то нужно перейти на увязку по ПМ.

Таблица 6 - Эффективность способов увязки аэромагнитных

наблюдений для исключения различных погрешностей

Источник погрешности	Исключение погрешности при увязке			Количество контрольных измерений, нужных для исключения данного вида погрешности
	по группам взаимно увязанных ПМ	по обычным ОС	по СОС повышенной плотности	
Девияция	Не исключается	Надежно	Наиболее надежно	1 - 2 точки на маршрут
Скачки отсчетного уровня графиков δT и ΔT	Не все виды скачков	---	---	В зависимости от причины скачка от 1 - 2 точек за полет до 2 точек на маршрут
Вариации δT :				
суточные и бухтообразные	Частично	---	---	Через 5 - 10 мин полета (2-3 точки на маршрут)
КПК	Не исключаются	Исключаются самые длиннопериодные	Исключаются средне-и длиннопериодные	В зависимости от типа КПК через 10-100 с
Пространственные изменения δT и их нелинейность	То же	Надежно	Наиболее надежно	В зависимости от возмущенности поля δT через 1 - 10 мин

8.4.1.8 Результаты увязки по ПМ рекомендуется дополнительно корректировать по отдельным пригодным для увязки точкам пересечения рядовых маршрутов с внутренними опорными сетями. В особо сложных условиях, когда увязка самих опорных сетей обычными методами невозможна, дополнительная коррекция допускается по одиночным опорным маршрутам. Даже в самых сложных ситуациях почти всегда можно выбрать трассу с невысокими градиентами ΔT для одного-двух опорных маршрутов.

8.4.1.9 Такая дополнительная корректировка результатов, полученных при увязке по ПМ при выполнении высокоточных съемок совершенно обязательна в высоких широтах, а также в средних широтах при наличии промышленных помех и вариационных аномалий. Невыполнение этого правила в указанных случаях может привести к рассогласованию нулевых линий графиков ΔT рядовых маршрутов, превышающему 5 нТл.

8.4.2 Увязка по опорным сетям

8.4.2.1 Различают обычные ОС с расстояниями между ОМ, равными или превышающими 10 км, и СОС с расстояниями между ОМ менее 10 км. Последние предназначены для работ в осложненных условиях, когда СОС становится основным средством исключения магнитных вариаций (работы на участках с вариационными аномалиями, промышленными помехами, а также в высоких широтах).

8.4.2.2 Плотность опорных сетей ОС и СОС (т. е. дистанция между соседними ОМ) определяется заданной средней квадратической погрешностью съемки, геомагнитной широтой и размерами участка. Конкретный выбор плотности ОС и СОС следует осуществлять с учетом опыта предшествующих аналогичных работ в сходных условиях и анализа реальных условий съемки.

При этом, в частности, нужно принимать во внимание:

- характер градиентов магнитного поля на участке, точность плановой и высотной привязки, точность вождения самолета по ЛЗП и другие условия, обеспечивающие возможность надежного сопоставления ординат РМ и ОМ в точках их пересечения;

- характер и ожидаемое влияние различных факторов, меняющих отсчетный уровень графиков ΔT , возможность и целесообразность прямого учета этих факторов без опорной сети, а также сведения, приведенные в таблице 6;

- скорость съемочных полетов (увеличение скорости уменьшает интервал времени полета по рядовым маршрутам между соседними точками их пересечения с опорной сетью, т. е. эквивалентно повышению плотности ОС).

При одинаковой заданной точности работ плотность ОС в принципе не должна зависеть от масштаба съемки, однако для работ мелкого масштаба разрешаются дистанции между опорными маршрутами до 100 км (для масштабов 1:2000000 и 1:2500000). Следует учитывать, что это ведет к снижению точности съемки.

8.4.2.3 Допускается два варианта выполнения ОС и СОС: либо в виде системы замкнутых полигонов, состоящих из опорных и СВМ маршрутов, либо в виде системы ОМ, не объединенных в замкнутые полигоны (без выполнения связующих маршрутов). Соответственно разрешается применять два варианта увязки ОС и СОС: с «разбросом» невязок по способу ВНИИгеофизики [2] и с использованием большого количества рядовых маршрутов - по способу ВИРГ ([2], приложения 14 и 15). Размеры отдельных замкнутых полигонов в направлении, перпендикулярном к опорным маршрутам, определяются выбранной плотностью опорной сети (см. выше); расстояния между связующими маршрутами не должны превышать 100 км, а при высокоточной детальной съемке - 30 км.

8.4.2.4 Опорные маршруты должны выполняться с той же аппаратурой, которая используется при выполнении рядовых, на той же высоте и при той же системе залета (огибание рельефа, полеты на постоянной барометрической высоте), как и рядовые маршруты. Они должны располагаться в полях с малыми градиентами.

8.4.2.5 В принципе опорные маршруты должны располагаться на равном расстоянии друг от друга и под прямым углом к рядовым (последнее обеспечивает минимальную длину опорного маршрута, пересекающего весь участок). На практике, однако, допускаются и даже рекомендуются не строго равномерные сети ОМ и острые углы между опорными и рядовыми маршрутами, если это увеличивает количество надежных (пригодных для использования в процессе увязки) точек пересечения РМ и ОМ.

8.4.2.6 Съемка на ОМ и СВМ выполняется без перерыва в двух противоположных направлениях. Очень важно, чтобы фактические линии полетов в обоих направлениях совпали в плане и по высоте. С этой целью необходимо обеспечить особо тщательный контроль высот полетов. Допустимая длина ОМ и СВМ: в высоких широтах при высокоточных съемках не более 70 км, при съемке средней точности до 150 км; в средних широтах их протяженность должна быть соответственно не более 200 и 300 км. Допускается выполнение ОМ или СВМ за счет подлетов к дальним (по отношению к аэродрому) рядовым маршрутам с перерывом между наблюдениями в двух направлениях; в этом случае необходимо многократное повторение элементов опорной сети.

8.4.2.7 Связующие маршруты должны пересекать опорные (желательно под прямым углом) и могут быть созданы за счет повторения избранных рядовых маршрутов. Характер градиентов ΔT вдоль СВМ не имеет значения, однако точки их пересечения с ОМ (узловые точки) обязательно должны быть в спокойном поле, изменение которого на расстоянии вероятной погрешности привязки не должно превышать заданной погрешности съемки.

8.4.2.8 Допускается создание ОС до съемки на рядовых маршрутах и после нее.

8.4.2.9 Первый вариант применяют, если характер магнитного поля района

известен и есть возможность выбора участков спокойного поля для проложения ОМ. Второй вариант нужно применять в тех случаях, когда сведения о магнитном поле участка, необходимые для выбора проложений ОМ, отсутствуют.

8.4.2.10 Для повышения точности съемок на ОМ и СВМ соответствующие полеты выполняются в невозмущенные дни, в периоды дня, когда по статистике в данном районе возникновение интенсивных вариаций и коротко-периодных колебаний наименее вероятно, а также обязательно при отсутствии «болтанки». Полеты на съемку по маршрутам опорной сети должны выполняться за кратчайшее время, желательно за один вылет.

8.4.2.11 При выполнении СОС все требования к съемке (выбор времени полетов, точность самолетовождения при повторном залете на маршруты, точность плановой привязки) должны выполняться с особой тщательностью.

8.4.2.12 В графики ΔT для опорных и связующих маршрутов следует ввести поправки за вариации, после чего по ординатам первого $(\Delta T)_1$ и второго $(\Delta T)_2$ залета строят график средних значений ординат $(\Delta T)_{cp} = [(\Delta T)_1 + (\Delta T)_2] / 2$, чем достигается некоторое уменьшение недостаточно точно учтенных вариаций, влияния девиации, погрешностей в выдерживании постоянства высот полета и т. п. При этом на ОМ выделяются отрезки, на которых такое осреднение некорректно (большие расхождения ЛФП в плане и по высоте при первом и втором залете). Если таких отрезков вдоль маршрута много, выполняется новая съемка по маршруту, если их мало, они отмечаются и далее не используются для увязки РМ с опорной сетью.

8.4.2.13 Готовые, надежно проверенные графики $(\Delta T)_{cp}$ по опорным маршрутам должны быть увязаны между собой в опорную сеть одним из двух способов.

8.4.2.14 Способ метод разброса невязок по замкнутым полигонам позволяет выполнять увязку ОС не дожидаясь завершения съемки рядовых маршрутов и в принципе применим для опорных сетей любой сложности и размеров. Погрешности опорной сети в процессе обработки по этому способу не исключаются, а закономерно «разбрасываются», причем невязки в каждом замкнутом полигоне, существенно зависящие от погрешностей измерений в узловых точках (точках сочленения маршрутов в углах полигона), приписываются всему полигону. При разбросе невязок погрешности, связанные с неточностью плановой или высотной привязки в узловых точках в условиях повышенных градиентов ΔT , погрешности учета вариаций или за счет дрейфа аэромагнитометра и другие сказываются на всех ближайших полигонах опорной сети, создавая местные перекосы нулевых линий графиков ΔT по опорным и связующим маршрутам.

8.4.2.15 Второй способ основан на передаче нулевого (отсчетного) уровня ОМ от одного к другому с помощью многих рядовых маршрутов (без СВМ). Для передачи отсчетного уровня одного опорного маршрута к другому используются те рядовые маршруты, которые пересекают данную пару ОМ в наиболее «надежных» точках, т.е. точках, отвечающих определенным условиям. Поскольку для каждой пары ОМ обычно можно воспользоваться многими рядовыми маршрутами (десятками, а иногда и сотнями), увязка осуществляется весьма надежно. В качестве поправки к нулевому уровню ОМ принимается средняя разность, полученная по всем точкам пересечения. Если какой-либо из ОМ, несмотря на меры, принятые при съемке на этом маршруте, имеет «перекос», то в большинстве случаев этот перекас удастся выявить и исключить или появляются обоснованные доказательства необходимости выбраковки данного маршрута. При этом способе увязки опорных маршрутов друг с другом погрешности не разбрасываются, а исключаются; грубые ошибки в отдельных точках пересечения маршрутов (за счет погрешности привязки, несовпадения высот полетов, вариаций или дрейфа приборов) не могут существенно повлиять на результат. Поэтому при таком способе увязки требования к точности плановой привязки несколько снижаются.

8.4.2.16 При большой площади района работ необходимо проконтролировать

возможное накопление погрешностей к краям участка. Для этого ОС увязывают дважды: в одном случае начинают увязку с центрального ОМ, во втором - с одного из крайних опорных маршрутов. Если при этом разность средних значений ΔT на крайних опорных маршрутах не превышает заданной средней квадратической погрешности съемки m_1 , то выполненная увязка надежна. Если полученная разность превышает m_1 и источник погрешности установить не удается, следует либо разделить опорную сеть на части, каждая из которых увязывается самостоятельно с последующим объединением фрагментов в единую опорную сеть, либо переходить на увязку способом разброса невязки по замкнутому полигону.

8.4.2.17 Способ передачи нулевого отсчетного уровня выгоден при детальном высокоточных съемках и особенно полезен при переработке старых материалов, не имеющих внутренних опорных сетей, когда такими приемами увязывают текущие маршруты и на их основе «кабинетным способом» создают приемлемую опорную сеть.

8.4.2.18 При любом из этих способов подготовки опорных сетей после уравнивания нулевых линий графиков ΔT самой опорной сети рядовые маршруты увязываются с ней (и, следовательно, в единую систему с одинаковым отсчетным уровнем) по разностям ординат (разностям значений ΔT) в точках пересечения рядовых и опорных маршрутов.

8.4.3 Увязка по повторным маршрутам

8.4.3.1 Для выполнения внутренней увязки по повторным маршрутам на участке съемки выбирают несколько ПМ руководствуясь следующими правилами.

Все ПМ должны располагаться в магнитном поле с градиентами, которые на расстоянии, равном вероятной погрешности плановой привязки, не создают изменений ΔT_{2380} , превышающих заданную среднюю квадратическую погрешность съемки. Это не означает, что весь ПМ обязательно должен быть в таком поле. Необходимо, чтобы на ПМ были отрезки протяженностью 3-5 км, отвечающие данному требованию, которые и используются для увязки. Протяженность ПМ 5-20 км.

Количество ПМ и выбор их расположения помимо объективных факторов (наличие условий, указанных в пункте 1) определяются экономическими соображениями (обеспечение минимальных подлетов к ним от рядовых маршрутов). В связи с этим их следует располагать неподалеку от тех границ участка, на которые выходят концы рядовых маршрутов. ПМ могут располагаться как на площади съемки, так и вне ее и выбираются на основе материалов, предшествующих площадным съемкам и рекогносцировочных полетов.

8.4.3.2 Интервал между залетами на ПМ определяется данными о вариациях и характере дрейфа прибора с учетом заданной точности. Обычно контроль по ПМ осуществляется до и после съемки каждого рабочего маршрута или двух - четырех маршрутов, но не реже чем через 1 ч. Чем чище залет на ПМ, тем надежнее увязка, но тем выше и затраты летного времени на подлеты к ним. Для исключения влияния девиации на результаты увязки повторные измерения на ПМ следует вести в одном и том же направлении. В течение одного съемочного полета рекомендуется повторять измерения только на одном из выбранных ПМ, что облегчает построение графиков изменений отсчетного уровня для каждого полета. По таким графикам можно увязать между собой относящиеся к ним рабочие маршруты.

Графики ΔT , увязанные с разными ПМ, отличаются по уровню, поскольку магнитное поле повторных маршрутов не совпадает. Поэтому обязательна вторая операция увязки - определение различий среднего уровня поля для всех ПМ, использованных для увязки. С этой целью выполняют двукратный облет всех ПМ по кратчайшему расстоянию без перерыва, причем залет на каждом ПМ должен быть в том же направлении, в каком он осуществлялся на первой стадии увязки. Результаты облета всех ПМ дают возможность

выполнить окончательную увязку всех маршрутов участка.

Примечание - Увязка по повторным маршрутам, расположенным на участке съемки или вблизи от него (что позволяет без больших затрат летного времени выполнять в каждом съемочном полете многократный контроль отсчетного уровня графиков ΔT), существенно отличается от увязки по контрольным маршрутам, которая в прошлом широко применялась в практике аэромагниторазведки. В настоящее время увязку на основе двукратного залета на КМ в течение каждого съемочного полета допускается использовать только как средство предварительной, грубой увязки, исключающей скачки отсчетных уровней, связанные с включением и выключением приборов, и линейные изменения нулевой линии за время полета. Увязка по КМ может быть применена только как вспомогательная операция, облегчающая последующую точную увязку, или (если это разрешено проектом) для представления предварительных карт результатов съемки в предварительных отчетах и информационных полевых сообщениях партий (отрядов).

8.4.4 Внешняя увязка и определение $(\Delta T)_a$

8.4.4.1 Внешняя увязка должна выполняться после внутренней. Для смежных участков съемки любой точности внешняя увязка может быть выполнена с использованием перекрытий рядовых маршрутов или с помощью стыковки внутренних опорных сетей.

Для разобщенных участков (при небольшом расстоянии между ними) допускается внешняя увязка с использованием двух-трех прямолинейных увязочных маршрутов, съемку на которых следует выполнять предельно тщательно (двукратные повторения, надежная плано-высотная привязка, учет вариаций и пр.). Увязочные маршруты передают отсчетный уровень от одного участка к другому. Они должны пересекать или повторять в спокойном поле некоторую часть РМ и ОМ каждой из площадей.

8.4.4.2 Аномальное магнитное поле $(\Delta T)_a$ может быть вычислено по следующей формуле:

$$(\Delta T)_a = T_{изм} - (T_{н.п} + \delta T_{в.х} + \delta T_{вар}), \quad (7)$$

где $T_{изм}$ - измеренное мгновенное значение поля;

$T_{н.п}$ - нормальное поле в данной точке (пункте);

$\delta T_{в.х.}$ - вековой ход от эпохи, к которой относится карта нормального поля, до года съемки;

$\delta T_{вар}$ - значение вариации магнитного поля для точки измерения в момент съемки.

Вариации $\delta T_{вар}$ отсчитываются не от произвольного уровня, а от среднегодового значения поля $T_{срг.}$:

$$\delta T_{вар} = T_{изм} - T_{срг.} \quad (8)$$

где $T_{срг.}$ - среднегодового значения поля T

При этом в точках измерения разность между мгновенными измеренными значениями поля $T_{мгн(.)}$ и среднегодовыми $T_{срг(.)}$ рассматривается как сумма двух разностей: между среднесуточными значениями $T_{срс(.)}$ и среднегодовым и между мгновенными и среднесуточными. Тогда формула для вычисления вариаций примет вид

$$\delta T_{вар} = (T_{срс(.)} - T_{срг(.)}) + (T_{мгн(.)} - T_{срс(.)}) \quad (9)$$

Далее исходят из предположения, что разности между среднесуточными значениями и среднегодовым меняются ото дня ко дню закономерно, оставаясь постоянными в пределах единиц нТл для различных точек, отстоящих друг от друга на сотни и даже

тысячи километров. При этом первая из разностей в выражении (2) рассматривается как постоянная для любой точки съемки. Она может быть определена по данным ближайшей обсерватории: следует отдавать предпочтение ближайшим обсерваториям, расположенным на магнитной широте участка съемки.

$$T_{\text{ср. } (\cdot)} - T_{\text{ср. } (\cdot)} \approx T_{\text{ср. обс}} - T_{\text{ср. обс}} \quad (10)$$

Среднегодовое значение поля в обсерватории вычисляется по среднемесячным за весь год, а в случае отсутствия данных за все 12 месяцев в качестве среднегодового может быть принято среднее за апрель, май, август и сентябрь.

Текущая поправка за вариации поля, отсчитываемая от среднесуточного уровня в точке съемки, будет близка к такой же поправке по магнитовариационной станции (МВС), находящейся на съемочном участке. Тогда текущее значение поправки может быть определено по данным МВС:

$$T_{\text{мгн. } (\cdot)} - T_{\text{ср. } (\cdot)} \approx T_{\text{мгн. МВС}} - T_{\text{ср. МВС}} \quad (11)$$

Суммарная поправка за вариации для приведения поля в точке наблюдения к среднегодовому значению получается на основе данных МВС и данных ближайшей обсерватории:

$$\delta T_{\text{вар}} = T_{\text{мгн. МВС}} - T_{\text{ср. МВС}} + T_{\text{ср. обс}} - T_{\text{ср. обс}} \quad (12)$$

В случае невозможности своевременного получения среднегодового значения по данным ближайшей обсерватории (например, съемка проводится в начале года) описанная методика позволяет использовать в качестве исходного среднегодового значения среднегодовой уровень той же обсерватории, но для предыдущего года. Методика приведения к среднегодовому значению магнитного поля предыдущего года по существу не отличается от методики приведения к среднегодовому значению года съемки, однако при этом часть вековой вариации (поправка за 1 год) исключается из поправки за вековой ход и включается в текущую поправку за вариации.

Последовательность практических операций для учета вариаций и получения аномального поля $(\Delta T)_a$ сводится к следующему:

- провести в течение по крайней мере одних суток, при этом время отсчитывается по Гринвичу, отличающемуся на 3 ч. Наблюдение вариаций магнитного поля с помощью протонной МВС для получения среднесуточного значения $T_{\text{ср. МВС}}$ (в дальнейшем в той же точке надо выполнять и все наблюдения вариаций в процессе последующей аэромагнитной съемки, обеспечив этим возможность отсчета δT от среднесуточного уровня);

- получить указанные выше данные по ближайшей обсерватории;

- вычислить значения вариаций по описанной методике;

получить в соответствии с выражением (7) значения $(\Delta T)_a$ по результатам измерений;

8.4.4.3 При выполнении площадных аэромагнитных съемок с помощью протонной аппаратуры графики $(\Delta T)_a$ для всех рядовых маршрутов могут быть получены с применением методики, описанной в 8.4.4, т. е. независимо (без увязки с внешними опорными сетями). Полученные таким способом графики $(\Delta T)_a$ по рядовым маршрутам площадной аэромагнитной съемки должны быть до построения карт $(\Delta T)_a$ увязаны между собой одним из способов внутренней увязки, описанных в 8.4.1

8.4.4.4 Для съемок с квантовой магнитоизмерительной аппаратурой удовлетворительные способы определения значений $(\Delta T)_a$ с точностью, соответствующей точности исходных данных, пока не разработаны. Это вытекает из сопоставления средней квадратической погрешности съемки, выполненной квантовыми приборами при измерении ΔT , которая равна 1-5 нТл, с указанными в 8.4.2.2 погрешностями карт изопор, карт нормального поля и операций приведения результатов измерений магнитного поля к среднегодовому уровню.

Поэтому внешнюю увязку планшетов рекомендуется выполнять только по перекрытиям рядовых маршрутов и внутренних сетей или с помощью увязочных

маршрутов (8.4.4.1).

8.5 Картографическое обеспечение

8.5.1 Для построения окончательных карт магнитного поля по данным аэромагнитной съемки партия (отряд) должна иметь топографическую основу в масштабе запроектированных съемок. Должна быть предусмотрена также топографическая основа для построения соответствующих карт по материалам детализационных работ в масштабе, соответствующем детальности этого вида съемок. Для обзорных карт проекта и отчета нужны карты в 2-5 раз мельче масштаба съемки. Полетные топографические карты для съемки масштаба 1:100000 и мельче должны быть не мельче масштаба 1:100000, а для более крупномасштабных съемок нужны карты масштаба 1:25000-1:50000 (лишь в крайнем случае 1:100000).

8.5.2 Все топографические карты, используемые в работе партии, должны быть последнего года издания.

8.5.3 На борту самолета должны быть также топографические карты масштаба 1:500000 или 1:1 000000 для общей ориентировки в полете (подлеты к участку, уход на запасной аэродром и т. п.).

8.5.4 При заказе карт следует учитывать, что при работе с ними в полете они быстро изнашиваются, и предусматривать запасные экземпляры.

8.6 Высотная привязка

8.6.1 Регистрация высот полетов обязательна при любом виде и масштабе аэромагнитных съемок. Если работа выполняется с детальным огибанием рельефа, обязательна непрерывная запись истинной высоты $H_{ист}$; данные барометрического высотомера фиксируются периодически в зависимости от условий и задания, но не реже 1 раза на каждом маршруте. При съемке без огибания рельефа, когда полеты осуществляются на постоянной барометрической высоте $H_{бар}$, обязательна тщательная регистрация показаний барометрического высотомера при одновременной непрерывной записи $H_{ист}$; Если выполняется огибание генерального рельефа, то регистрация высот осуществляется так же, но показания барометрического высотомера дополнительно фиксируются во всех точках перегиба траектории полета самолета. При выполнении съемок на постоянной барометрической высоте и с огибанием генерального рельефа рекомендуется автоматическая непрерывная запись $H_{бар}$. Во всех случаях надежность регистрации высот тщательно контролируется с помощью приемов, описанных в 8.6

8.6.2 Для любого вида съемок измерения $H_{ист}$; достаточно вести с погрешностью не более 0.1 действительной высоты полета над местностью, что практически выполнимо при условии применения тех радиовысотомеров, которые предусмотрены заводскими инструкциями для данного типа регистратора, и при соблюдении правил, изложенных в 8.6.

8.6.3 При выполнении съемок на постоянной барометрической высоте точность выдерживания заданной высоты и соответственно требования к регистрации $H_{бар}$ зависят от геологического строения района.

Если работы ведутся на большом расстоянии по вертикали от возмущающих объектов (также съемки средней точности над глубокими депрессиями, когда результаты магнитных измерений определяются глубоко погруженным фундаментом), допустимы значительные (до ± 50 м) колебания барометрических высот, что позволяет использовать простейшие авиационные барометрические высотомеры с редким контролем их показаний по радиовысотомерам и карте рельефа. При полетах без огибания рельефа на малой истинной высоте над открытыми районами необходимо всеми доступными средствами уменьшать отклонения от заданных высот и увеличивать точность регистрации $H_{бар}$.

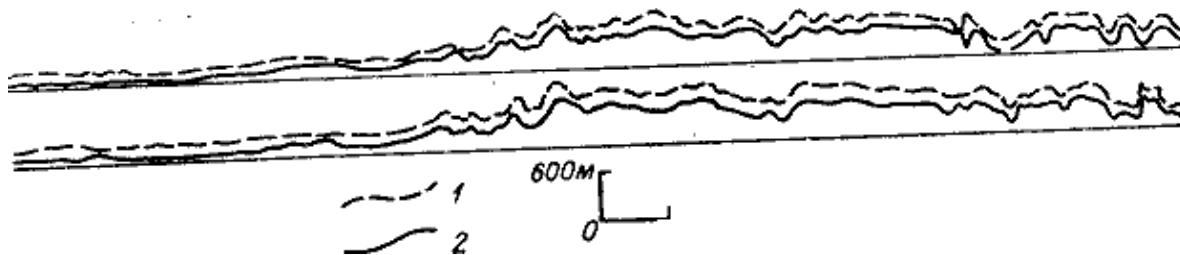


Рисунок 5 - Графики изменений рельефа по маршрутам, построенные по записи истинной и барометрической высоты (1) и по топографической карте (2). Взаимные смещения графиков соответствуют участкам неточной плановой привязки

Необходимо также учитывать следующее:

- при резкопересеченной местности радиовысотометры фиксируют рельеф неточно, с выполаживанием узких выступов и впадин;

- запись $H_{ист}$; искажается при выпуске и подъеме гондолы аэромагнитометра;
 - погрешность измерений барометрической высоты определяется в основном не приборной точностью измерительных устройств, а изменениями давления во времени и в пространстве (изобарические поверхности имеют сложную и меняющуюся во времени форму).

8.6.4 Для обеспечения высокой точности регистрации высот необходимо нижеследующее:

- проведение регистрации истинной высоты;
 - если записи $H_{ист}$ и магнитного поля ведутся на разных регистраторах, обеспечить их синхронизацию не хуже 1 - 2 с;
 - в начале и в конце сезона проверять радиовысотометры по специальным тестерам.

8.6.4.1 Если для первого бортоператора на самолете установлен отдельный радиовысотометр (что крайне желательно), то должно быть проверено отсутствие взаимного влияния двух РВ. Проверка выполняется путем сличения показаний обоих РВ при дополнительном контроле по барометрическому высотометру.

8.6.4.2 Если будут замечены флюктуации, превышающие нормальную погрешность данного радиовысотометра, то необходимо сменить комплект радиоламп, а если это не помогает, заменить прибор. Антенны (диполя) следует осматривать после каждого полета, особенно после оледенения самолета или при работе с каменистых посадочных площадок, так как антенны могут быть повреждены куском льда или камнем.

8.7 Методика специальных видов аэромагнитной съемки

8.7.1 Маршрутные, детализационные, повысотные съемки и измерения на расчетных маршрутах

8.7.1.1 Правила выполнения маршрутных съемок зависят от условий и задач этих работ. Если маршрутные съемки применяются для получения геологической информации, то обязательно соблюдение всех мер, обеспечивающих высокое качество и сопоставимость результатов измерений магнитного поля: точная планово-высотная привязка, выдерживание постоянных высот полетов и направлений маршрутов, учет вариаций и девиации, увязка (на основе замыкания маршрутов на начальную точку или с

помощью существующих опорных сетей). Маршрутные съемки специального назначения, например для создания региональной опорной аэромагнитной сети, предназначенной для внешней увязки (увязки карт), выполняются и обрабатываются по особым правилам (краткие сведения в 8.4.4). Если маршрутные съемки используются для рекогносцировки, методика работ произвольна.

Результаты маршрутных съемок обычно представляют в виде карт графиков ΔT ; погрешность съемки оценивается приближенно по разности значений ΔT в точках замыкания маршрутов или по точкам пересечения с маршрутами других независимых аэромагнитных съемок.

8.7.1.2 Объекты для детализационных, повысотных и расчетных съемок выбираются по данным рядовой съемки с учетом всех доступных геолого-геофизических материалов.

Повысотные (погоризонтные или разновысотные) маршруты выполняются путем повторения одного и того же маршрута (или маршрутов) на разных высотах, которые последовательно удваиваются (100-200-400-800 м). Минимальный интервал высот 50 м.

Для расчетных маршрутов и детализации следует подбирать оптимальную высоту, позволяющую получить неискаженный график ΔT с необходимыми амплитудами аномалий (исходные данные для подбора высот — результаты работ основного масштаба и повысотных измерений). Маршруты повысотных и детализационных работ, а также расчетные маршруты должны выполняться на постоянной барометрической высоте вкрест вытянутых и через эпицентры изометрических аномалий; в низких магнитных широтах такие маршруты должны пересекать изометрические тела в меридиональном направлении. При выполнении этих видов съемок необходимо:

- принимать все доступные меры для обеспечения постоянства высоты полетов, совпадения ЛФП и ЛЗП,

- обеспечивать особо тщательный учет вариаций δT и выполнять эти съемки при минимальных вариациях и минимальной турбулентности воздуха.

Расчетные, повысотные и детализационные маршруты должны выходить за пределы исследуемой аномалии (или группы аномалий) не менее чем на 3—5 км; необходимо, чтобы концы маршрутов выходили в область спокойного магнитного поля. Если аномалии невелики по амплитуде и не вызывают многочисленных переключений диапазонов, указанные съемки рекомендуется вести на максимальной чувствительности прибора.

Результаты детализационных работ представляются в виде карт графиков и изолиний; итоговыми материалами по расчетным маршрутам являются крупномасштабные графики (правила их построения в - 5.7). Повысотные графики строятся друг над другом на расстояниях, пропорциональных разностям высот (рисунок 6). На графиках ΔT по расчетным маршрутам должен быть показан рельеф местности и указана средняя истинная высота полета.

8.7.2 Двухгоризонтная съемка

8.7.2.1 При отсутствии аэроградиентометров для получения информации о вертикальном градиенте магнитного поля может применяться двухгоризонтная аэромагнитная съемка, при которой измерения ΔT производятся одновременно на двух уровнях с помощью двух аэромагнитометров. Основное назначение — разделение магнитовозмущающих объектов по вертикальной мощности; она используется при детальных съемках в пределах известных или предполагаемых рудных полей и узлов.

8.7.2.2 Двухгоризонтная аэромагнитная съемка выполняется двумя однотипными аэромагнитометрами, один из которых оборудован компенсатором девиации, а другой приспособлен для выпуска гондолы на гибком трос-кабеле Датчик первого (верхнего) магнитометра жестко крепится к корпусу летательного аппарата; датчик второго

магнитометра (нижнего) буксируется в гондоле.

Расстояние по вертикали между датчиками (база) должно быть при всех полетах на участке съемки одинаковым, что обеспечивается метками на кабеле. Для получения приемлемых результатов необходимо:

- перед началом, в середине и в конце сезона тщательно списывать и компенсировать девиацию жестко закрепленного аэромагнитометра;

- градуировку обоих аэромагнитометров проводить одновременно двумя кольцами Гельмгольца, подсоединяя эти кольца последовательно к одному градуировочному пульту (необходимо два градуировочных комплекта, в которых используются два кольца Гельмгольца и один градуировочный пульт); желательно иметь кольца с одинаковым модулем;

- при выполнении съемки на высоте 120 м и выше применять радиовысотомер;

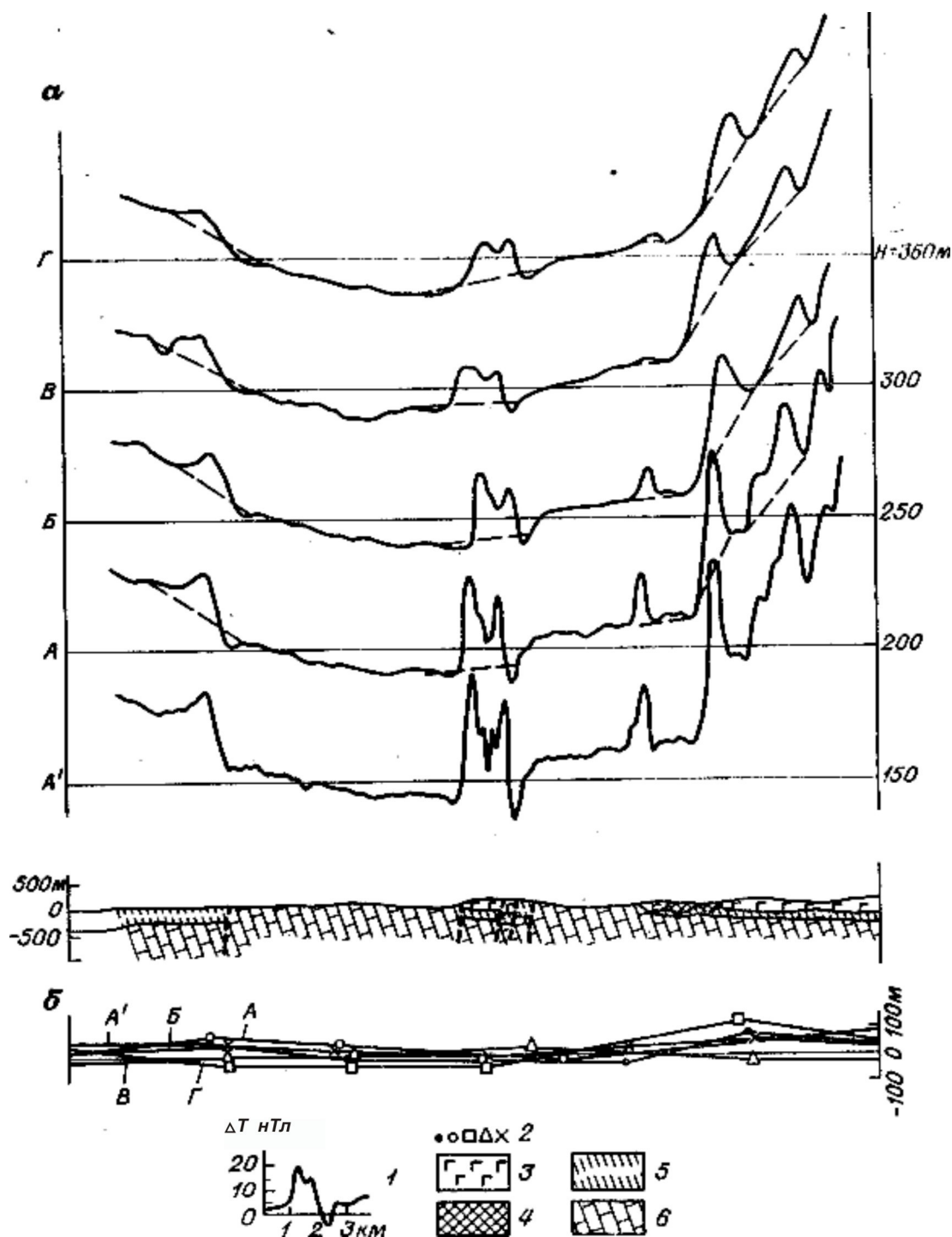
- не выполнять полеты при скорости ветра, превышающей 5 м/с;

- оперативный контроль качества работ вести по повторным наблюдениям;

- определять среднюю квадратическую погрешность съемок по обычным правилам (по независимым диагональным секущим маршрутам).

8.7.2.3 Полевая обработка материалов заключается в построении графиков ΔT по нижнему и верхнему магнитометрам от одной нулевой линии в единых вертикальных и горизонтальных масштабах. Перед построением графиков обязательно учитывается неидентичность положений перьев магнитного канала и отметок времени (ориентиров) на обеих магнитограммах. При необходимости выполняется построение графиков разности магнитного поля на двух уровнях. Увязка рядовых маршрутов осуществляется по обычным правилам (8.4.1).

8.7.2.4 Окончательная камеральная обработка материалов заключается в построении карт (или альбома) графиков и карт изодинам $(\Delta T)_a$ по двум уровням наблюдений, а также карт и графиков разности полей на двух вы сотах. Для интерпретации результатов применяются специальные приемы согласно [3].



а — графики ΔT на маршруте повысотной съёмки и геологический разрез для данного маршрута;

б — плановое проложение разновысотных съёмочных полетов.

1 — график магнитного поля после учета всех поправок;

2 — ориентиры;

3 — базальты;

4 — девонские отложения;

5 — бокситы;

6 — карбонаты рифея

Рисунок 6 Рациональная форма представления результатов повысотной съёмки.

Примечание — Выбор высот в данном примере не соответствовал требованиям.

8.8 Особенности методики аэромагнитной съемки в осложненных условиях

8.8.1 Для работ в условиях низких температур необходимо:

- утеплить самолет и обеспечить внутренний обогрев пассажирской кабины;
- во всех трущихся деталях приборов обычную смазку заменить незамерзающей;
- при сильных морозах обогревать пассажирскую кабину до вылета аэродромными обогревателями, подающими горячий воздух (необходимо, чтобы полностью исчез иней и отпотевание аппаратуры);
- аэромагнитометры включать заранее (при сильных морозах за 1—1,5 ч до вылета) с питанием от аэродромной сети или автономных электростанций;

Наиболее опасным в процессе съемки в зимнее время является обледенение, которое может вызвать срабатывание тросоруба. Поэтому при возникновении обледенения съемки должны прекращаться. Рекомендуется применять аэромагнитометры с жестким креплением (без выпускной гондолы).

Методика работ в зимних условиях обычна. Точность съемки, если работы ведутся в пределах температур, разрешенных для используемого типа прибора, не снижается. Плановая привязка осуществляется с такой же точностью, как и летом.

8.8.2 В условиях высоких температур нужно принимать меры для исключения перегрева аппаратуры (окраска самолета и гондолы в светлый тон, белые защитные покрывала). Полеты рекомендуются в ранние утренние часы. Вариационные станции также следует тщательно изолировать от перегрева, перепадов и резких градиентов температур. Полезно устанавливать их в землянках, глиняных и саманных постройках.

9 Обработка результатов аэромагнитных измерений

Обработка результатов аэромагнитных измерений производится на разных стадиях аэромагниторазведочных работ:

- на стадии регистрации данных производится предварительная полевая обработка данных с целью оценки качества регистрации и правильности прокладки маршрутов съемки;
- на стадии завершения определенных этапов съемки, но не реже, чем 1 раз в квартал производится первичное полевое построение карт магнитного поля,;
- по завершению съемки выполняется окончательная обработка материалов.

9.1 Предварительная полевая обработка данных

9.1.1 Предварительная полевая обработка данных производится по завершению рабочего вылета и предусматривает в первую очередь оценку кондиционности полученного материала.

В состав предварительной полевой обработки данных входят:

- распаковка и ввод первичных данных; при необходимости – минимальная редакция первичных данных;
- ввод необходимых поправок (дифференциальный режим спутниковой навигационной системы, девиации в случае компенсации в режиме постобработки);
- оценка (предварительная) качества полученных материалов; определение необходимости перезалетов маршрутов.

9.1.2 Производится пересчет полученных по спутниковой навигационной системе угловых координат в метрические (проекция Гаусса - Крюгера для эллипсоида Красовского 1940 г. в системе координат «Пулково-42» - СК-42).

9.1.3 Качество работы магнитометра оценивается по разности четвертого порядка, которая рассчитывается по формуле:

$$\Delta = X_{t-2} - 4X_{t-1} + 6X_t - 4X_{t+1} + X_{t+2} \quad (13)$$

где: X - значение магнитного поля для пяти последовательных наблюдений от $t-2$ до $t+2$.

Величина Δ не должна превышать $\pm 1,2$ нТл для 90% наблюдений в любом интервале 60 секунд, кроме зон повышенных техногенных помех.

9.1.4 Оценка качества самолетовождения должен осуществляться путем построения плана ЛФП и ЛЗП на обрабатываемую площадь в масштабе съемки. Не допускается расхождение между ЛФП по соседним маршрутам более чем в 0,5 межмаршрутных расстояния на участке, превышающем расстояние между рядовыми маршрутами.

9.1.5 Оценка качества материалов по высоте съемки должна производиться на основании допусков, предусмотренных техническим заданием (проектом) на производство работ.

9.1.6 Оценка качества съемочных маршрутов по условиям протекания вариаций магнитного поля и отбраковка некондиционных участков маршрутов производится в соответствии с требованиями 5.6.1-5.6.3

9.1.7 Полученные данные предварительной полевой обработки должны служить основанием для принятия решения о кондиционности материалов вылета или необходимости повторения тех или иных маршрутов или их участков.

9.2 Первичное построение карт магнитного поля

9.2.1 Первичная полевая обработка полученных материалов должна производиться на месте проведения полевых работ и заключаться в составлении постоянно пополняемых карт магнитного поля и в ведении пополняемого полевого архива данных. В состав первичной полевой обработки должны входить:

- ввод поправок за вариации геомагнитного поля от выбранного (условного) уровня;
- ввод поправки за девиацию;
- ввод поправки по полному полю (метрологическая поправка);
- ввод лаг-поправки;
- увязка по опорным маршрутам (при необходимости), построение сетей исходных данных, их уравнивание;
- предварительная оценка среднеквадратической погрешности съемки по диагональным маршрутам (погрешность m_1) и погрешности, определяемой по повторным измерениям (погрешность m_2);
- переход от полных значений геомагнитного поля к значениям аномалий магнитного поля в условном уровне;
- составление пополняемых карт аномалий магнитного поля в условном уровне и при необходимости карт его трансформаций, предусмотренных геологическим (техническим) заданием (в электронном виде);
- ведение пополняемого временного полевого архива и его твердой копии.

9.2.2 Качество магнитной съемки в целом определяется величиной среднеквадратической погрешности съемки, вычисляемой в точках пересечения диагонального и рядовых маршрутов, которая не должна превышать 0,5 – 1,5 нТл в зависимости от условий съемки (см. п. 3.4.3).

9.3 Окончательная обработка материалов аэромагнитной съемки

9.3.1 Перед окончательной обработкой материалов аэромагнитной съемки проверяют качество введения поправок и повторно уравнивают все маршруты съемки. Окончательная обработка заключается в выполнении следующих работ:

- основные операции обработки:

1) получение аномальных значений магнитного поля — переход от ΔT к значениям $(\Delta T)_a$ (8.4.4);

2) построение карт графиков и изолиний $(\Delta T)_a$ (5.7);

3) определение средней квадратической погрешности съемки и погрешности карт магнитного поля.

- дополнительные операции обработки.

1) приведение значений ΔT , полученных в результате обработки, к среднему уровню магнитного поля участка съемки;

2) построение альбомов крупномасштабных графиков $(\Delta T)_a$ или ΔT ;

3) построение повысотных графиков магнитного поля (8.7), а также карт графиков по материалам детализационных съемок;

4) расчет и построение карт и графиков различных трансформант.

- вспомогательные виды обработки:

1) построение графиков девиационных поправок;

2) обработка материалов плановой привязки и построение карт фактических линий полетов (п.5.7);

3) обработка данных, относящихся к увязке результатов аэромагнитных измерений магнитного поля и получение соответствующих поправок.

- заключительная стадия обработки. На заключительной стадии обработки результатов аэромагнитных измерений выполняется их геологическая интерпретация.

9.3.2 Основные этапы работ при геологическом истолковании аэромагнитных данных включают:

- приближенный пространственный анализ магнитного поля района работ; сопоставление полученных карт и графиков с аналогичными данными по другим районам, с результатами геологических и комплексных геофизических работ, со сведениями о магнитных свойствах пород и руд, с геоморфологией района (качественная интерпретация);

- количественный анализ распределения магнитных полей для геологического районирования, геологического картирования, выявления и прослеживания факторов, контролирующей локализацию полезных ископаемых, а также для выявления аномалий, непосредственно связанных с полезными ископаемыми (на основе статистического анализа особенностей магнитного поля, выявления корреляционных связей магнитного поля с геологическими объектами и структурами, с историей геологического развития, с аномалиями других физических полей по картам и графикам $(\Delta T)_a$ и результатам различных трансформаций);

- расчеты элементов залегания и глубин возмущающих тел по отдельным аномалиям, статистический и пространственный анализ результатов массовых расчетов;

- анализ детальных и повысотных съемок;

- построение уточненных геологических схем и карт, геологических разрезов, карт изоглубин возмущающих объектов;

- разработка геологических выводов и рекомендаций по дальнейшему изучению района аэромагнитных съемок.

10 Правила оценки погрешности аэромагнитных съемок и карт

10.1 Средняя квадратическая погрешность съемки

10.1.1 Контроль качества аэромагнитных измерений должен включать несколько этапов, позволяющих оценить вклад различных составляющих погрешностей и определить основные точностные параметры, характеризующие получаемые материалы.

10.1.2 Начальным этапом контроля качества должна являться поверка аэромагнитометра в мере магнитной индукции. Точностные характеристики аппаратуры должны быть получены при том же режиме измерений, что и при съемке, т.е. не реже 10 измерений в сек.

10.1.3 Используется несколько параметров, характеризующих результаты съемки (наряду с указанной выше оценкой качества работы аппаратуры по разности четвертого порядка):

- *средняя квадратическая погрешность площадной аэромагнитной съемки* (погрешность m_1) вычисляемая по формуле:

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{2(n-1)}}, \quad (14)$$

где δ_i - разности значений аномалий магнитного поля на рядовых и независимых (не участвующих в увязке) диагональных маршрутах в точках пересечений,
 n - число разностей, $n \geq 50$.

Указанные выше значения для m_1 , равные 0,5-1,5 нТл могут быть получены только в относительно спокойных полях с горизонтальным градиентом не более 50 нТл/км.

- *средняя квадратическая погрешность двойных равноточных аэромагнитных измерений* по одному и тому же маршруту (погрешность m_2) вычисляется по той же формуле, что и погрешность m_1 , но отдельно для сочетаний одинаково направленных и различно направленных маршрутов. Значения m_2 не характеризуют погрешность площадных съемок в целом, но позволяют судить о надежности увязки результатов площадных съемок по повторным маршрутам, а также при некоторых расчетах, связанных с использованием повысотных съемок. В полях с одинаковыми градиентами $m_2 \leq m_1$. По величине погрешности m_2 можно оценить минимально возможный интервал между изолиниями. Он не может быть меньше 2- 3 m_2 .

- *погрешность аэромагнитометра в реальных условиях полета*, позволяющая оценить работу аппаратуры (погрешность m_3), характеризуется средними квадратическими отклонениями отдельных измерений (исключая явные выбросы) от осредненной кривой записи. Эта точностная характеристика никак не зависит от погрешности привязки, от точности учета постоянной составляющей девиации и практически свободна от влияния вариаций. Погрешность m_3 определяется на одном из маршрутов каждого вылета.

10.2 Погрешности карт

10.2.1 Для расчета *средней квадратической погрешности карт графиков магнитного поля* m_5 , полученных по данным аэромагнитной съемки, необходимо:

- построить графики магнитного поля диагональных секущих маршрутов в масштабе аналогичных графиков рядовых маршрутов, имеющих на карте;

- используя формулу (5) вычислить среднюю квадратическую погрешность m_5 по разностям ординат рядовых и секущих маршрутов в точках их пересечения.

Полученная средняя квадратическая погрешность m_5 выше средней квадратической погрешности аэромагнитной съемки m_1 , так как вычисляется по

мелкомасштабным графикам магнитного поля, дополнительно искаженным ошибками построения графиков и перенесения их на карту.

10.2.2 Среднюю квадратическую погрешность карт изолиний магнитного поля m_6 вычисляют аналогично; разности δ_i получают, сравнивая значения изолиний с ординатами графиков на диагональных секущих маршрутах в точках пересечения этих маршрутов с изолиниями.

10.2.3 Сведения о погрешностях карт следует приводить отдельно для наиболее спокойных магнитных полей и для участков карты с повышенными градиентами.

10.2.4 В качестве дополнительной характеристики карт изолиний магнитного поля рекомендуется вычислять среднюю квадратическую погрешность межпрофильной интерполяции m_7 . Этот вид погрешности прежде всего характеризует, насколько соответствует выбранный масштаб съемки характеру (сложности) реального магнитного поля на избранной высоте съемки и насколько соответствует выбранное направление межпрофильной интерполяции действительным простираниям аномалий. Средняя квадратическая погрешность межпрофильной интерполяции m_7 вычисляется по картам изолиний и графикам магнитного поля секущих маршрутов. Разности δ_i получают для точек, равноотстоящих от смежных рядовых маршрутов (в середине межмаршрутных интервалов), сравнивая ординаты графиков диагональных секущих маршрутов и соответствующие значения поля, полученные для тех же точек путем интерполяции между изолиниями. Для расчета используют формулу (5)

10.2.5 При вычислении всех указанных в данном разделе видов погрешности рекомендуется приводить кривые распределения погрешностей.

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма штурманского бортжурнала

Наименование предприятия (экспедиция, институт)

Наименование партии (отряда) _____

Авиационная организация _____

ШТУРМАНСКИЙ БОРТЖУРНАЛ № _____

I. Общие сведения о полете* _____

Дата _____ Участок съемки _____

Экипаж воздушного судна № _____

Командир воздушного судна _____ Второй пилот _____

Фамилия И.О.

Фамилия И.О.

Штурман (при необходимости) _____ Первый бортоператор _____

Фамилия И.О.

Фамилия И.О.

Второй бортоператор _____

Фамилия И.О.

Аэродром вылета _____ Аэродром посадки _____

Абсолютная высота аэродрома _____ Абсолютная высота аэродрома _____

Время взлета _____ ч _____ мин Время посадки _____ ч _____ мин

Метеоусловия в полете ** _____

Заданная высота полета _____

Особые замечания по полету и сведения о причинах прекращения работы при отказных полетах _____

* Здесь указывается комплекс работ, характер привязки, характер полета (с огибанием рельефа или на постоянной барометрической высоте), например: «Площадная аэромагнитная 1:10000 и повысотные, фотопривязка, детальное огибание рельефа».

** Сообщается только о «болтанке», наличии большого сноса и условиях, влияющих на фотопривязку (дымка, туман, осадки), а также видимость в километрах.

II. Сводные данные о выполненной работе

Подлет и возвращение	Развороты и выходы на маршрут	Технические полеты	Транспортные полеты	Разведка погоды	Прочие несъемочные полеты	Всего без съемки
км						
время						

Рекогносцировка и экспериментальная съемка	Опорные и секущие маршруты	Повторные съемки	Рядовые маршруты	Погоризонтные и расчетные маршруты	Детальная съемка	Итого съемка
км						
время						

Общее время полета _____

Общая длина полета _____

Штурман (при необходимости) _____ Командир воздушного судна _____
Фамилия И.О. (подпись) Фамилия И.О. (подпись)

Первый бортпроводник _____
Фамилия И.О. (подпись)

III. Оценка выполненной работы

 _____ Начальник
 аэромагнитной партии (отряда) _____
Фамилия И.О. (подпись)

IV. Данный журнал относится к магнитограммам № _____

V. Полет на чистовую полетную карту перенес:

Вычислитель _____
Фамилия И.О. (подпись)

VI. Регистрация работы

Проверка часов

 (данные проверок)
 Допустимые изменения магнитного курса _____

Номер маршрута «п»	Номер ориентира «п»	Время «п»			МК «п»	Разность времени			Расстояние между ориентирами	Путевая скорость на данном отрезке пути	Примечание «п»
		ч	мин	с		ч	мин	с			

Приложение Б
(рекомендуемое)
Форма заявки на полет

Заказчик

_____ (полное наименование организации)

ЗАЯВКА НА ПОЛЕТ

(выдается представителем Заказчика)

Командиру воздушного судна _____

Произведите полет на самолете, вертолете _____ (тип)

« ____ » _____ 20 ____ г. в _____ ч _____ мин

Цель полета

_____ Маршрут полета

Пункты посадок

В состав экипажа включите

Служебные пассажиры в количестве _____ чел., с правилами по технике безопасности ознакомлены. Список прилагается.

Груз _____ (наименование, масса)

(Если груз относится к категории опасных, его отправку оформить отдельной заявкой, проинструктировать экипаж)

Заявка выдана _____ ч _____ мин « ____ » _____ 20 ____ г.

Представитель Заказчика

_____ (должность, подпись, Фамилия И.О)

МП
Заказчика

Заявку получил _____ (подпись, Фамилия И.О)

ОТМЕТКА О ВЫПОЛНЕНИИ ЗАЯВКИ

Полет выполнен « ____ » _____ 20 ____ г.

на самолете, вертолете _____ №
(тип)

Перевезено: служебных пассажиров _____ чел., грузов _____ кг.,
коммерческих пассажиров _____ чел.

Налет составляет: по _____ группе _____ ч _____
мин

по _____ группе _____ ч _____ мин
Посадок с подбором

Время вылета _____ ч _____ мин
Время прилета _____ ч _____
мин

Представитель заказчика _____
(_____)

(подпись) (Фамилия И.О)

МП

Заказчика

Командир воздушного судна _____ (_____)
(подпись) (Фамилия И.О)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Заявка не выполнена по причинам:

Представитель Заказчика _____
(_____)

(подпись) (Фамилия И.О)

Представитель авиации _____ (_____)
(подпись) (Фамилия И.О)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Библиография

- [1] «Инструкция по магниторазведке»
Л.: Недра, 1981
- [2] Магниторазведка: справочник геофизика.
М.: Недра, 1990
- [3] Двухгоризонтная аэромагнитная съемка при поисках кимберлитовых тел в Западной Якутии (методические рекомендации)
Сост. Б.Д. Миков, Ю.М. Эринчек. Н.: 1975. 80 с. (СНИИГГИМС).
- [4] Требования крупномасштабным аэромагнитным съемкам при региональных геолого-съёмочных и прогнозно-поисковых исследованиях
С-Пб.: 2006
- [5] Методика по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы.
Утверждена приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 3.12.2007 № 37-ОД.
- [6] Инструкция о порядке составления отчетов о геологическом изучении недр,
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14.05.2007г. № 58
- [7] Кодекс Республики Беларусь о недрах от 14 июля 2008 г № 406-3