

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«Амурский государственный университет»
(ФГБОУ ВПО «АмГУ»)

Кафедра геологии и природопользования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ
ЗАДАНИЙ К КУРСУ «ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ
И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ. ЧАСТЬ 1»**

по специальности:

*130101.65 Геологическая съемка поиски и разведка
месторождений полезных ископаемых*

Благовещенск 2014

ББК 26.3я73

Б90

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Амурского государственного
университета*

*Разработано в рамках реализации гранта «Подготовка
высококвалифицированных кадров в сфере горно-металлургического
кластера Амурской области» по заказу предприятия ЗАО УК
«Петропавловск»*

*Издаётся по решению кафедры геологии и природопользования
инженерно-физического факультета Амурского государственного
университета в рамках выполнения программы «Кадры для региона»*

Рецензенты:

*Мельников А.В., ведущий научный сотрудник Института геологии и
природопользования, канд. геол.-минер. наук;*

*Стриха В.Е., профессор кафедры геологии и природопользования
АмГУ, доктор геол.-мин. наук*

Бучко И.В. Методическое указание к выполнению лабораторных и практических заданий по дисциплине «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Часть 1». Методическое указание/ Бучко И.В. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014.- 43с.

Методическое указание составлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальностям 130301.65 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», 130101.65 «Прикладная геология».

Методическое указание предназначено для студентов кафедры геологии и природопользования инженерно-физического факультета АмГУ.

ББК 26.3я73

© Амурский государственный университет, 2014

Задачей выполнения лабораторных и практических заданий к курсу «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» является научить студента обрабатывать, анализировать и систематизировать результаты геофизических методов поисков; производить разработку комплексных геолого-генетических, прогнозно-поисковых и геолого-промышленных моделей месторождений, полей, узлов твердых полезных ископаемых; анализировать и обобщать результаты научно-исследовательских работ с использованием современных достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области геологии, геофизики, геохимии и геолого-промышленной экологии

1. Магниторазведка

Лабораторная работа 1. Магнитное поле Земли

Главные элементы магнитного поля. Единицы измерения. Магнитная восприимчивость горных пород, намагниченность индуктивная и остаточная. Магнитное поле Земли, вариации. Методика проведения магниторазведочных работ, аппаратура.

1.1 Нормальное геомагнитное поле

Магнитное поле Земли может быть подобно полю однородно намагниченного шара, или полю диполя (T_0), расположенного в области центра Земли. Ось такого диполя по отношению к оси вращения Земли составляет $11,5^\circ$. Выхода продолжений оси этого диполя на земную поверхность называют геомагнитными полюсами. Принято считать магнитный полюс, близкий к северному географическому полюсу (между ними около 1400 км), южным (отрицательным) геомагнитным. Наоборот, магнитный полюс, находящийся в Антарктиде, - северным (положительным) геомагнитным полюсом. На полюсах вертикальные составляющие магнитной индукции примерно равны ± 60 мкТл, а горизонтальные - нулю. На экваторе горизонтальная составляющая приблизительно равна 30 мкТл, а вертикальная - нулю.

Нормальным (или главным) геомагнитным полем (T_N) принято считать поле однородно намагниченного шара (T_0) и дополнительных диполей в ядре, обуславливающих материковые аномалии (T_M), т.е. $T_N = T_0 + T_M$.

Карта эпохи какого-то года является Международным эталонным геомагнитным полем или нормальным магнитным полем.

Карты T_N принято строить через 5 лет. Они несколько изменяются за эти годы, что объясняется как вариациями поля во

времени, так и появлением новых данных глобальных магнитных съемок (космических, воздушных, наземных, аквальных).

1.2 Аномальные геомагнитные поля.

Отклонения наблюдаемых значений магнитных векторов H от нормального поля составляют аномалии региональный или локальные в зависимости от площади, которой они соответствуют. Аномальная часть постоянного магнитного поля Земли несет в себе информацию о геологическом строении верхних слоев земной коры.

Региональные аномалии простираются на больших территориях и связаны с наличием крупных структур, сложенных породами и железными рудами с высокими магнитными свойствами. Находясь в магнитном поле Земли, они намагнитились и создали добавочное аномальное поле, превышающее нормальное поле в отдельных местах в 2 - 4 раза.

Так на рис.1.1 красным контуром выделены две региональные магнитные аномалии, отвечающие крупным гранитоидным интрузиям амурджикано-сретенского интрузивного комплекса, расположенные на северо-востоке Амурской области. При детальном рассмотрении можно увидеть, что крупные аномалии в пределах единого контура распадаются на ряд более мелких. В краевой части одной из небольших магнитных аномалий расположено месторождение серебро-полиметаллических руд Моготинское.

Локальные аномалии 1.2 обусловлены разной намагниченностью геологических структур или залежей руд. Региональные и локальные аномалии бывают положительными и отрицательными. За положительные принято считать те, для которых T_a и Z_a совпадают с соответствующей составляющей нормального поля, а отрицательные - те, для которых они противоположны по направлению. В северном

полушарии и на территории России преобладают положительные аномалии.

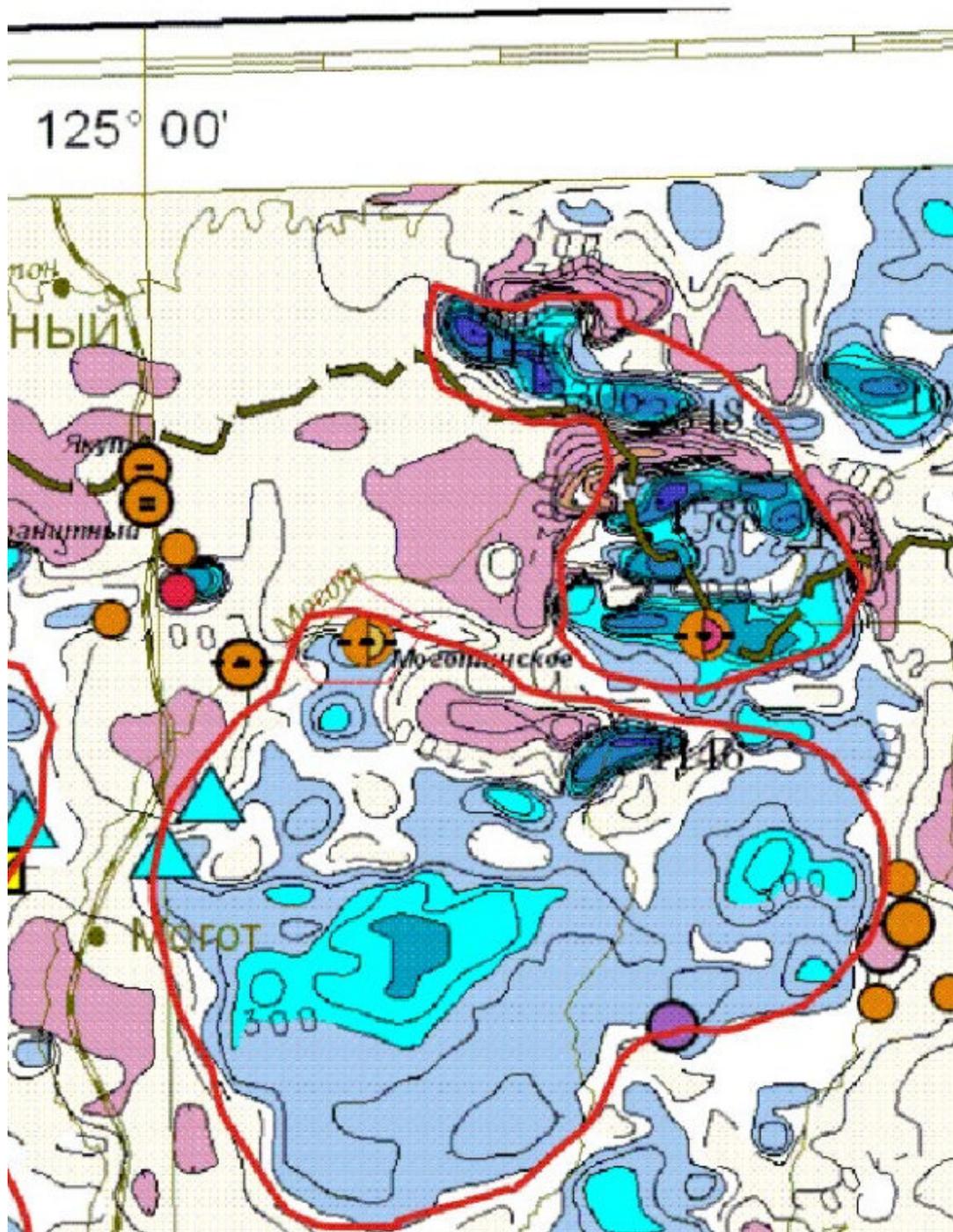


Рис.1.1 Региональные магнитные аномалии

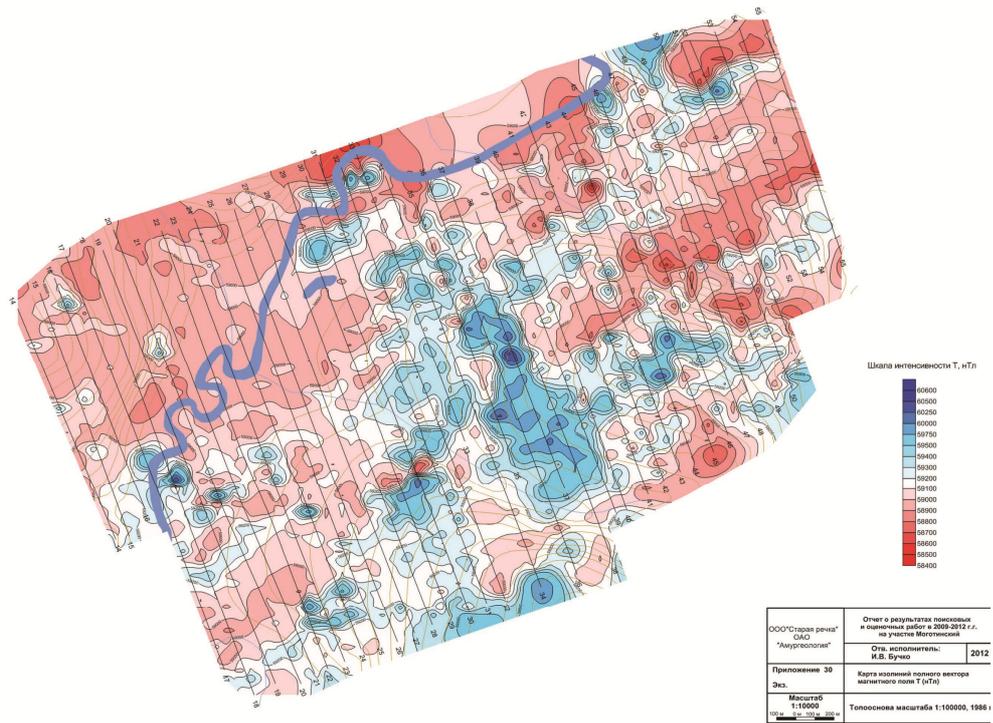


Рис.1.2 Карта локальных магнитных аномалий

Локальные аномальные поля отстраиваются после проведения поисковых работ масштабов 1:25000-1:10000 и мельче.

Таким образом, полное постоянное магнитное поле Земли складывается из нормального и аномального полей.

Практическая работа 1

2 Вариации земного магнетизма

Наблюдения магнитного поля Земли в течение длительного времени и палеомагнитные исследования показывают, что напряженность магнитного поля и его элементы меняются во времени. Эти изменения получили название вариаций. Принято различать четыре вида магнитных вариаций: вековые, годовые, суточные и магнитные возмущения (бури).

Вековые вариации магнитного поля происходят в течение длительных периодов времени в десятки и сотни лет и приводят к значительным изменениям среднегодовых элементов земного магнетизма. Под изменением того или иного элемента магнитного поля (вековой ход) понимают разности значений этих элементов в разные эпохи, деленные на число лет между эпохами. Вековой ход рассчитывается по обобщенным данным глобальных магнитных съемок за прошедшие 5 лет. Выявлен ряд периодов изменения поля в 500 - 2000 - 5000 лет и более. Вековые вариации различны в разных регионах. Имеется несколько зон (фокусов), в которых изменения поля максимальны. Эти фокусы перемещаются по земной поверхности. Например, за 1942 г. в Индонезии вариации δ достигли $\times 130$ нТл, а на юге Каспийского моря $+110$ нТл. Возникновения вековых вариаций, видимо, объясняются процессами, протекающими внутри Земли (в ядре и на границе ядра с мантией).

На постоянное поле Земли накладывается переменное магнитное поле или вариации (годовые, суточные, магнитные бури), вызванные внешними процессами, происходящими в ионосфере. Годовые вариации - это изменения среднемесячных значений напряженности магнитного поля. Они характеризуются небольшой амплитудой (десятки нТл).

Суточные вариации связаны с солнечносуточными и лунносуточными изменениями напряженности геомагнитного поля из-за изменения солнечной активности. Максимумы вариации достигают днем и при противостоянии Луны. Годовые и суточные вариации являются плавными, периодическими, невозмущенными вариациями. Их интенсивность возрастает от экватора к полюсам, достигая 200 нТл.

Кроме невозмущенных вариаций, существуют возмущенные вариации, к которым относятся непериодические импульсные вариации и магнитные бури. Магнитные бури бывают разной интенсивности - до 1000 нТл и более, чаще в северных и южных широтах. Они возникают спорадически и проходят по всей земной поверхности либо одновременно, либо с запаздыванием на несколько часов. Продолжительность магнитных бурь колеблется от нескольких часов до нескольких суток. Намечается четкая связь между интенсивностью магнитных бурь и солнечной активностью. В годы максимумов солнечной активности, период которых около 11 лет, наблюдается наибольшее число бурь. Магнитные бури зависят от возмущений в ионосфере, которые, в свою очередь, связаны со вспышками на Солнце и приходом на Землю корпускулярных потоков. Магнитным бурям сопутствуют полярные сияния, ухудшение радиосвязи, возникновение магнитотеллурических полей. При магниторазведке необходимо учитывать и исключать вариации магнитного поля.

Пример измерения вариации магнитного поля в течение суток в пределах Моготинского месторождения приведен в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Вариации магнитного поля в течение суток в пределах
месторождения Моготинское

время	замер								
11:13:11	59304	12:19:11	59298	13:19:10	59298	14:21:09	59305	15:30:09	59320
11:14:11	59303	12:23:11	59298	13:20:10	59297	14:22:09	59306	15:31:09	59321
11:15:11	59303	12:24:11	59296	13:21:10	59298	14:23:09	59306	15:34:09	59321
11:16:11	59303	12:25:11	59296	13:22:10	59297	14:24:09	59306	15:35:09	59320
11:19:11	59303	12:26:11	59296	13:23:10	59298	14:25:09	59306	15:38:08	59321
11:20:11	59304	12:27:11	59298	13:25:10	59297	14:27:09	59307	15:39:08	59322
11:21:11	59304	12:28:11	59298	13:26:10	59297	14:29:09	59306	15:40:08	59322
11:24:11	59303	12:29:11	59297	13:27:10	59298	14:30:09	59307	15:42:08	59322
11:26:11	59303	12:30:11	59298	13:28:10	59299	14:32:09	59308	15:44:08	59321
11:27:11	59302	12:31:11	59297	13:30:10	59299	14:33:09	59307	15:46:08	59321
11:29:11	59302	12:32:11	59297	13:32:10	59300	14:34:09	59307	15:48:08	59322
11:30:11	59301	12:33:11	59297	13:34:10	59301	14:35:09	59307	15:49:08	59322
11:31:11	59300	12:34:11	59297	13:35:10	59301	14:36:09	59307	15:50:08	59323
11:33:11	59300	12:36:10	59296	13:36:10	59300	14:37:09	59309	15:51:08	59323
11:35:11	59299	12:38:10	59297	13:37:10	59300	14:39:09	59310	15:53:08	59324
11:36:11	59299	12:39:10	59296	13:38:10	59300	14:40:09	59310	15:54:08	59323
11:37:11	59298	12:41:10	59296	13:39:10	59299	14:41:09	59309	15:55:08	59323
11:38:11	59299	12:42:10	59297	13:41:10	59299	14:42:09	59309	15:56:08	59323
11:39:11	59299	12:43:10	59297	13:43:10	59300	14:44:09	59310	15:57:08	59323
11:40:11	59300	12:45:10	59296	13:44:10	59300	14:45:09	59310	15:58:08	59324
11:41:11	59299	12:46:10	59296	13:45:10	59299	14:46:09	59313	15:59:08	59323
11:42:11	59299	12:47:10	59296	13:46:10	59299	14:48:09	59313	16:00:08	59324
11:43:11	59300	12:48:10	59296	13:47:10	59300	14:51:09	59314	16:01:08	59323
11:44:11	59300	12:49:10	59296	13:49:10	59299	14:55:09	59315	16:02:08	59323
11:45:11	59300	12:50:10	59296	13:50:10	59300	14:56:09	59315	16:03:08	59323
11:46:11	59301	12:51:10	59296	13:51:10	59300	14:57:09	59315	16:04:08	59324
11:47:11	59301	12:52:10	59297	13:52:10	59300	14:58:09	59315	16:05:08	59324
11:49:11	59300	12:53:10	59296	13:53:10	59300	14:59:09	59317	16:06:08	59324
11:50:11	59301	12:54:10	59296	13:54:10	59300	15:00:09	59317	16:09:08	59325
11:51:11	59300	12:55:10	59297	13:55:10	59300	15:01:09	59317	16:10:08	59325
11:52:11	59300	12:56:10	59296	13:56:10	59301	15:02:09	59316	16:11:08	59326
11:53:11	59300	12:57:10	59297	13:57:10	59300	15:03:09	59317	16:13:08	59327
11:55:11	59300	12:59:10	59298	14:00:10	59300	15:04:09	59317	16:14:08	59327
11:56:11	59300	13:00:10	59298	14:01:10	59301	15:05:09	59317	16:15:08	59326
11:57:11	59300	13:01:10	59299	14:02:10	59300	15:07:09	59318	16:16:08	59327
11:58:11	59300	13:04:10	59300	14:04:10	59301	15:08:09	59317	16:17:08	59326
11:59:11	59300	13:05:10	59300	14:05:10	59302	15:09:09	59317	16:18:08	59327
12:00:11	59299	13:06:10	59300	14:06:10	59301	15:10:09	59318	16:22:08	59328
12:01:11	59299	13:07:10	59299	14:07:10	59302	15:11:09	59318	16:24:08	59329
12:02:11	59299	13:08:10	59298	14:08:10	59301	15:12:09	59318	16:25:08	59328
12:03:11	59298	13:09:10	59298	14:09:10	59302	15:13:09	59317	16:26:08	59329
12:04:11	59298	13:10:10	59300	14:10:09	59302	15:14:09	59318	16:27:08	59328
12:05:11	59299	13:11:10	59299	14:11:09	59302	15:15:09	59319	16:28:08	59329
12:07:11	59298	13:12:10	59300	14:12:09	59303	15:16:09	59319	16:29:08	59329
12:08:11	59298	13:13:10	59299	14:15:09	59303	15:18:09	59320	16:31:08	59328
12:10:11	59298	13:14:10	59298	14:16:09	59304	15:20:09	59321	16:33:08	59329

12:11:11	59297	13:15:10	59299	14:17:09	59304	15:21:09	59321	16:34:08	59328
12:12:11	59297	13:16:10	59299	14:18:09	59305	15:22:09	59320	16:35:08	59328
12:13:11	59297	13:17:10	59299	14:19:09	59304	15:24:09	59320	16:36:08	59328
12:14:11	59298	13:18:10	59298	14:20:09	59304	15:25:09	59320	16:37:08	59329

Как видно из приведенной таблицы, вариации магнитного поля в одной точке в течение суток составляют от 59298 нТл до 59329 нТл.

2.1. Намагниченность горных пород и их магнитные свойства

2.1.1. Намагниченность горных пород и руд.

Региональные и локальные магнитные аномалии зависят от интенсивности намагничения пород J как современным (индуцированная намагниченность J_i), так и древним (остаточная намагниченность J_r) магнитными полями, т.е. это векторная сумма $J=J_i+J_r$. Индуцированная намагниченность любого образца породы равна $J_i=kT$, где k (каппа) - его магнитная восприимчивость, а T - полный вектор постоянного геомагнитного поля. Однако этот же образец несет в себе информацию о той намагниченности, которая существовала в момент образования породы и сложным образом менялась до настоящего времени. Ее называют остаточной (J_r). Вместе с отношением $Q=J_r/J_i$ остаточная намагниченность количественно характеризует свойство породы сохранять или менять намагниченность за весь свой возраст, может быть, составляющий многие миллионы лет.

Примером материалов и руд, обладающих сильным магнитным полем даже при экранировке от земного магнитного поля, являются искусственные магниты или естественные образцы магнетита, у которых намагниченность устойчива за счет остаточной.

2.1.2. Магнитная восприимчивость горных пород и руд.

Способность материалов и горных пород намагничиваться характеризуется магнитной восприимчивостью (k) - основным магнитным свойством горных пород.

В системе СИ это безразмерная величина. Практически ее измеряют в 10^{-5} ед. СИ. У разных горных пород она меняется от 0 до 10 ед. СИ. По магнитным свойствам минералы и горные породы делятся на три группы: диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные. У диамагнитных пород магнитная восприимчивость очень мала (менее 10^{-5} ед. СИ) и отрицательна, их намагничение направлено против намагничивающего поля. К диамагнитным относятся многие минералы и горные породы, например, кварц, каменная соль, мрамор, нефть, лед, графит, золото, серебро, свинец, медь и др.

У парамагнитных пород магнитная восприимчивость положительна и также невелика. К парамагнитным относится большинство минералов, осадочных, метаморфических и изверженных пород.

Особенно большими k (до нескольких миллионов 10^{-5} ед. СИ) обладают ферромагнитные минералы, к которым относятся магнетит, титаномагнетит, ильменит, пирротин.

Магнитная восприимчивость большинства горных пород определяется прежде всего присутствием и процентным содержанием ферромагнитных минералов.

В таблице 2.1 приведены значения k некоторых породообразующих минералов и пород. Из таблицы видно, что сильно магнитными являются ферромагнитные минералы. Среди изверженных пород наибольшей магнитной восприимчивостью обладают ультраосновные и основные породы, слабо магнитны и магнитны

кислые породы. У метаморфических пород магнитная восприимчивость ниже, чем у изверженных. Осадочные породы, за исключением некоторых песчаников и глин, практически немагнитны.

Т а б л и ц а 2.1

Минерал, горная порода	Kx10 ⁵ (ед. Си)	
	диапазон измерений	среднее
Кварц	-	10
Кальцит	7 - 12	-
Гипс	-	12
Уголь	-	25
Сфалерит	-	750
Гематит	500 - 50000	6000
Пирротин	10 ³ -10 ⁷	150000
Ильменит	5*10 ⁵ -5*10 ⁶	10 ⁶
Магнетит	10 ⁶ -10 ⁷	5*10 ⁶
Известняк	25 - 3500	300
Песчаник	0 - 20000	400
Гнейс	100 - 20000	-
Гранит	0 - 40000	2000
Диабаз	1000 - 15000	5000
Габбро	1000 - 100000	60000
Базальт	30 - 150000	60000
Перидотит	90000 - 200000	150000
Осадочные (среднее)	0 - 5000	1000
Метаморфические (среднее)	0 - 75000	50000
Кислые изверженные (среднее)	50 - 80000	8000
Основные изверженные (среднее)	60 - 120000	30000

Магнитная восприимчивость пара- и ферромагнетиков уменьшается с повышением температуры и практически исчезает при температуре Кюри, которая у разных минералов меняется от +400 до +700.С. Максимальная глубинность магниторазведки примерно

составляет 25 - 50 км. На больших глубинах температуры недр превышают точку Кюри, и все залегающие здесь породы становятся практически одинаково немагнитными.

Магнитная восприимчивость в горной породе не всегда одинакова по всем направлениям, или изотропна. Она может меняться по разным направлениям, увеличиваясь в плоскости напластования осадочных и сланцеватых метаморфических пород, уменьшаясь в перпендикулярном направлении. Различия могут достигать 20%.

Магнитную восприимчивость измеряют как на образцах горных пород, так и в естественном залегании. С помощью так называемых астатических магнитометров (см. 2.1) измеряются магнитные свойства образцов произвольной формы. Число образцов одной породы должно составлять несколько десятков, чтобы результаты были статистически обоснованы. Для изучения к в естественных условиях залегания пород применяются разного рода капаметры.

Протонный магнитометр Geometrics G-856AX



Рис.2.1 Протонный магнитометр

протонный магнитометр G-856AX производства американской компании Geometrics. **G-856AX** выпускается уже не первый год, проверен временем и опытом сотен геофизиков (в мире продано более 2500 приборов).

Преимущества:

Надежность. Идеален для работы в суровых условиях;

Простота настройки и эксплуатации;

Проверенная технология протонной прецессии;

Ударопрочный металлический корпус;

Невысокая цена.

Технические характеристики:

Разрешение: 0,1 нТл;

Погрешность: 0,5 нТл;

Рабочий диапазон: 20000 – 90000 нТл;

Встроенные часы: отклонение не более 5 сек. в месяц;

Режимы: ручной и автоматический (базовая станция);

Время отсчета: 1,5 – 999 сек. выбирается пользователем;

Допустимый градиент: 1000 нТл/м;

Рабочая жидкость: n-Decane, ISOPAR, керосин и пр.;

Объем памяти: 5700 измерений стандартный режим, 12500 – базовая станция;

Цифровой выход: RS-232, 9600 бод;

Размеры прибора: 18x27x9 см, вес - 2,7 кг;

Размеры датчика: 9x13 см, вес - 1,8 кг;

Рабочая температура: от -20 до +50 С.

Магнитометр G-856AX выполнен в ударопрочном металлическом корпусе «армейского» типа. Датчик прибора либо закрепляется на входящей в комплект поставки немагнитной штанге, либо укладывается за спину в опциональный рюкзак.

В качестве рабочей жидкости датчика можно использовать как специализированные протонсодержащие жидкости (n-Decane, ISOPAR и т. п.), так и обычный керосин.

Комплектация

В комплект магнитометра Geometrics G-856AX помимо прибора и датчика входит все необходимое: штанга, два комплекта аккумуляторов, зарядное устройство, кабель для подключения к компьютеру и программное обеспечение. Все это уложено в прочный кейс для перевозки прибора.



Рис.2.2 Работа с магнитометром

Портативный измеритель магнитной восприимчивости

SatisGeo KM-7

Измеритель магнитной восприимчивости KM-7 предназначен для быстрого измерения магнитной восприимчивости обнаженных горных пород, буровых кернов и крупных кусков горных пород в полевых условиях.

Измеритель магнитной восприимчивости KM-7 является усовершенствованной версией каппаметра КТ-6 чешского производителя SatisGeo.

Каппаметр KM-7 особенно удобен для выбора подходящих образцов, магнитные свойства которых в дальнейшем будут исследованы в лаборатории.



Рис.2.3 Измеритель магнитной восприимчивости KM-7

Преимущества каппаметра KM-7:

Высокое разрешение;

Превосходная точность;

Широкий диапазон измерения;

Внутренняя энергонезависимая память данных;

Одиночный и сканирующий режим измерений;

GPS соединение через Bluetooth.

Характеристики:

Чувствительность: 1×10^{-6} ед.СИ (в сканирующем режиме 1×10^{-5} ед.СИ);

Диапазоны измерений: $\pm 999 \times 10^{-3}$ ед. СИ с автоматическим переключением уровня точности;

Рабочая частота: 10 кГц;

Дисплей: 4-разрядный, жидкокристаллический, с подсветкой;

Сохранение данных: 999 измерений (без GPS данных); 4 кнопки управления: Escape, Enter, Up, Down;

Сетевые интерфейсы: USB 2.0, Bluetooth;

Потребляемая мощность: 8 мА (без Bluetooth и подсветки экрана);

Батареи: 2xAAA;

Рабочая температура: от -200С до + 600С;

Размеры: 165x68x28 мм;

Вес: 250 г включая батареи.

Описание работы

Каппаметр КМ-7 позволяет проводить измерения в трех режимах:

Одиночный режим (singlemode) служит для принятия отдельных показаний.

Измерение магнитной восприимчивости проводится в два этапа. По нажатии кнопки ENT в первый раз показания прибора обнуляются, при повторном нажатии производится изменение магнитной восприимчивости образца.

Чтобы полностью сбросить (обнулить) данные прибор должен быть удален от уже обследованных образцов горных пород, а также других магнитных или проводящих объектов на расстояние не менее 30 см. Измеренное значение сохраняется в памяти прибора.

Измерения гладких поверхностей проводятся с использованием плоской головки КМ-7, а исследование образцов с неровной поверхностью необходимо проводить при помощи щупа, что обеспечивает более точные результаты.

Каппаметр КМ-7 может быть откалиброван под различные диаметры при исследовании бурового керна.

Использование GPS (соединение производится через Bluetooth) позволяет привязать исследования к GPS- координатам и сохранить эти данные вместе в памяти прибора.

Режим сканирования (scanmode) обеспечивает быстрое получение информации о распределении магнитной восприимчивости в горной породе. В это режиме измерения повторяются автоматически 3 раза в секунду. Каждое значение отображается на дисплее, но не сохраняется в памяти устройства.

Режим удаленного доступа (remotemode) позволяет измерять данные, которые будут передаваться на персональный компьютер посредством Bluetooth или USB-соединения. В этом режиме измерения повторяются автоматически 5 раз в секунду. Каждое значение отображается на экране компьютера (в виде списка значений и графика) и сохраняется в базе данных.

Программное обеспечение KMdata

В комплекте измерителем магнитной восприимчивости КМ-7 поставляется диск с программным обеспечением KMdata для передачи данных на ПК.

Передаваемые данные сохраняются во внутренней базе данных программы, где они сортируются и могут быть доступны для пользователя. Все полученные данные могут быть экспортированы в текстовый файл и использоваться для дальнейшей обработки в других программах.

Программное обеспечение KMdata позволяет производить измерения с помощью каппаметра KM-7 в удаленном режиме.

Карманный измеритель магнитной восприимчивости ZHinstruments SM-30

Измеритель магнитной восприимчивости ZHinstruments SM-30 - беспрецедентный по своей чувствительности и точности показателей для измерения магнитной восприимчивости выходов пород, скважинного керна и образцов горной породы.

Благодаря высокой чувствительности SM-30 позволяет изменять малые значения восприимчивости горных пород и осадков, а также магнитную восприимчивость диамагнетиков, таких как известняк, кварц или вода.

Преимущества:

Высокая чувствительность 1×10^{-7} ед. СИ. Чувствительность в 100 раз выше чувствительности конкурирующих приборов.

Малый вес и размер. SM-30 действительно карманный инструмент. Размеры и вес прибора 100x65x25мм и 0.150 кг соответственно, что в 3 раза меньше чем у конкурирующих приборов.

Низкий уровень помех. Благодаря сложному алгоритму обработки сигнала, уровень помех в приемном контуре подавляется ниже порога чувствительности в 1×10^{-7} ед. СИ.

Глубокая зона проникновения. Конструкция чувствительного элемента позволяет получать 90% полезного сигнала от первых 20мм

породы. Эта особенность обеспечивает достоверность измерений на неровной поверхности горных пород.

Простота в использовании. Автоматический выбор диапазона и трехкнопочное управление делают измеритель очень простым в использовании. Внутренняя память на 250 измерений.

Эксплуатация

Управление

SM-30 управляется с помощью 3 кнопок. Одна из них позволяет записывать до 250 измерений на энергонезависимую память и обращаться к ним в дальнейшем. 251-ое измерение (последнее измерение) автоматически отображается на дисплее после включения.

Прибор автоматически выключается, если ни одна кнопка не нажималась в течение 3-х минут. Интервалы измерений прибора сопровождаются звуковым сигналом.

Питание

Питание осуществляется с помощью 2-х литиевых батарей CR2430. Если прибор используется не часто, заряд батарей длительно сохраняется, благодаря низкой способности к саморазрядке.

Чувствительный элемент

SM-30 оснащен LC-генератором с частотой 8кГц и обширным приемным контуром в качестве чувствительного элемента. Частота генератора замеряется в 2-х случаях:

контур находится на поверхности породы;

контур удален на десятки сантиметров.

Несмотря на небольшой размер прибора, диаметр приемного контура достаточно велик для измерения сравнительно больших объемов.



Рис. 2.4 Карманный измеритель магнитной восприимчивости

Прибор имеет 6 режимов измерения: два базовых, два режима компенсации линейной части температурного смещения, один сканирующий и один усредняющий режим.

Большое число ячеек памяти (250) особенно полезны в сканирующем режиме работы.

Технические характеристики:

Чувствительность: 1×10^{-7} ед. СИ;

Рабочая частота: 8 кГц;

Время измерения: менее 5с;

Дисплей: 4-значный ЖК;

Приемный контур: 50 мм в диаметре;

Рабочая температура: от -20 С до + 50 С;

Батареи: 2 литиевые CR2430;

Время работы: около 80 ч;

Размер: 100х65х25мм;

Вес: 0,15 кг;

ПК интерфейс: RS232C.

Эталон магнитной восприимчивости изготовлен из марганцево-цинкового феррита, спрессованного с аргиллитом. Этот эталон предназначен для проверки правильности работы прибора SM-30 или для его повторной калибровки.

3. Гравиразведка

Лабораторная работа 2. Плотность горных пород, закономерности изменения плотности осадочных пород в пространстве и геологическом времени. Сила тяжести на поверхности Земли. Сфероид. Геоид. Поправки и редукции Буге и Фая. Динамические и статические методы измерения силы тяжести, аппаратура. Основные требования к методике полевых наблюдений. Первичная и окончательная обработка гравиметрических наблюдений. Общая гравиметрическая съемка для изучения земной коры и тектонического районирования. Гравиразведка при поисках и разведке полезных ископаемых.

Методы измерений силы тяжести. Устройство гравиметров.

3.1 Предмет и задачи гравиметрии

Гравиметрия – раздел геофизики – наука об измерении и изучении распределения силы тяжести и ее составляющих на земной поверхности.

Задачей гравиметрии является определение гравитационного поля Земли и других небесных тел как функции местоположения и времени по измерениям силы тяжести и гравитационных градиентов на поверхности тела или вблизи него.

Закон всемирного тяготения Ньютона является теоретической основой гравиметрии.

На поверхности Земли величина силы тяжести зависит от следующих факторов:

- Широта места наблюдения;
- Высота точки над поверхностью эллипсоида;
- Плотностные и структурные неоднородности внутри земли;

- Приливное влияние луны и солнца;
- Притяжение атмосферы.

Гравиметр – прибор для измерения силы тяжести. Работа гравиметра основана на статическом методе, в котором наблюдают положение равновесия тела, находящегося под действием силы тяжести и силы, принятой за эталонную.

За эталонную силу принимают упругую силу деформации пружин и нитей.

Устройство, с помощью которого компенсируется действие силы тяжести на тело постоянной массы и ее изменение преобразуется в перемещение тела, называется чувствительным элементом.

Большинство современных гравиметров являются механическими.

Чувствительный элемент такого гравиметра называется упругой системой, которая является главным узлом любого гравиметра.

Существует много типов гравиметров. Первый отечественный кварцевый астазирванный гравиметр ГАК-3М был создан в 1953 г. во ВНИИ Геофизики группой специалистов, возглавляемой К.Е. Веселовым. В дальнейшем на его основе были разработаны гравиметры ГАК-ПТ, ГАК-7Т, ГАК-7Ш и др. Наиболее широкое применение на практике нашел гравиметр ГАК-7Т. Погрешность измерения силы тяжести этим гравиметром в зависимости от применяемой методики наблюдения составляет 0,03–0,06 мГал.

Основные характеристики гравиметров приведены в стандарте ГОСТ 13017–83 «Гравиметры наземные. Общие технические условия» и в стандарте СЭВ 5578–86 «Общие технические требования и методы испытаний».

Все типы гравиметров различаются конструктивными особенностями устройства упругих систем, что влияет на их точностные характеристики.

Механическая часть у всех гравиметров остается практически неизменной, что упрощает процесс изготовления и наладки чувствительных систем.

В данном разделе рассматривается устройство и работа гравиметра наземного узкодиапазонного кварцевого второго класса точности ГНУ-КВ.

Этот гравиметр применяется для детальных разведочных работ.

Погрешность измерения им силы тяжести в рейсах продолжительностью не более 4 часов составляет $\pm 0,03$ мГал, порог чувствительности $\pm 0,006$ мГал. Вес прибора 4,5 кг.

На рис. 3.1 представлен гравиметр. На внутренней поверхности, на дне и под крышкой футляра укреплены поролоновые амортизаторы, обшитые тканью.



а) б) в)

Рис. 3.1. Гравиметр: а) внутренняя часть прибора; б) общий вид прибора; в) транспортировочный футляр цилиндрической формы, изготовленный из жести

Средняя часть гравиметра (рис. 3.2) помещена во внешний кожух 1, который представляет собой полый цилиндр из листовой нержавеющей стали диаметром 132 мм с зеркальной внешней поверхностью.



Рис. 2.2. Составные части гравиметра

Рис. 3.2. Составные части гравиметра

Внутри кожуха помещен цилиндр из пенопласта 2, в который вставляется сосуд Дьюара 3, а в него плотно входит средняя часть гравиметра 5. Уплотнение достигается с помощью шерстяного чехла 4, одеваемого на среднюю часть.

Шерстяной чехол выполняет также роль теплоизолятора и предотвращает соприкосновение металла средней части гравиметра со стеклянными стенками сосуда Дьюара, предохраняя, тем самым, последний от разбиения.

Нижний торец цилиндра внешнего кожуха соединен с массивным основанием из текстолита, на котором по окружности, через 120° , укреплены три установочных винта. На нижней части подъемных винтов укреплены шарнирные круглые подпятники, которые увеличивают площадь опоры гравиметра на грунт.

На верхней части винтов находятся головки из эбонита, с помощью которых вращаются подъемные винты. База гравиметра d –

расстояние между линией, соединяющей центры двух подъемных винтов и линией, проходящей через третий винт параллельно первой – 120 мм. Средняя часть прибора состоит из основания кварцевой системы, теплозащитного столба и верхней панели (рис. 3.3).

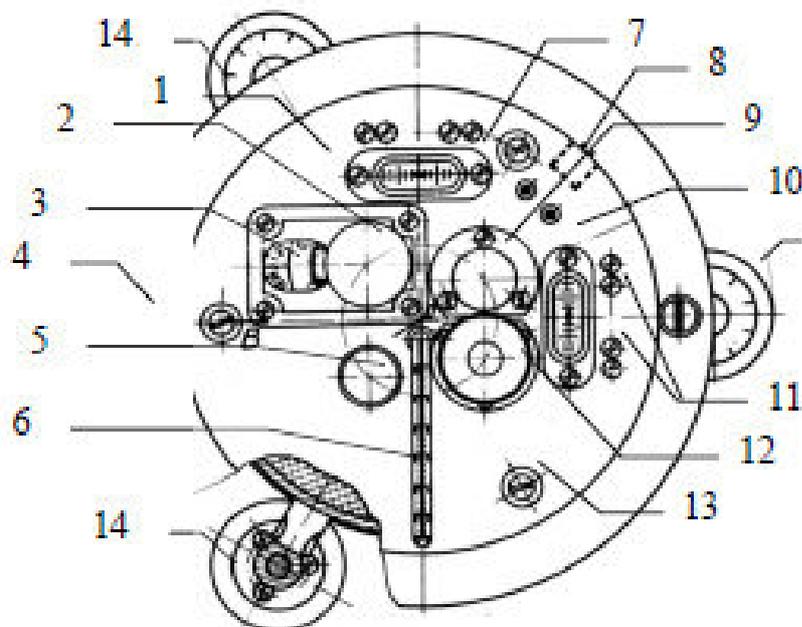


Рис. 2.3. Верхняя панель гравиметра

Рис. 3.3. Средняя часть гравиметра

Основание 16 представляет собой цилиндр, на нижнем торце которого размещается конусообразная стойка 26. На стойку крепится специальная кварцевая втулка 27, к которой приваривается основная монтажная рамка кварцевой системы. Кварцевая система закрепляется защитным «стаканом» 28, который притягивается к основанию специальной кольцевой галькой 29.

Между основанием и стаканом прокладывается уплотнительное кольцо 43, обеспечивающее герметизацию защитного стакана. Из пространства под стаканом откачивается воздух. Для этого на боковой поверхности основания имеется отверстие, куда

вмонтирован вакуумный кран, представляющий собой запорный вентиль 31 с уплотнениями и гайками. Чтобы откачать воздух применяются 2 ключа.

Откачка воздуха не требует разборки измерительной части гравиметра. В торец основания ввернуты 3 стойки 33 предохраняющие упругую систему от повреждений при снятии «стакана». В основании имеется 5 сквозных, осевых отверстий: - два – для измерительного и диапазонного устройства, два – для оптической системы и одно для термометра. Основание соединено с верхней панелью цилиндром - теплоизолятором 10. Внутри этого цилиндра расположено 5 трубок в которых проходят: стержни измерительного 11 и диапазонного 45 винтов, стержень из оргстекла 20, термометр и оптический канал 44.

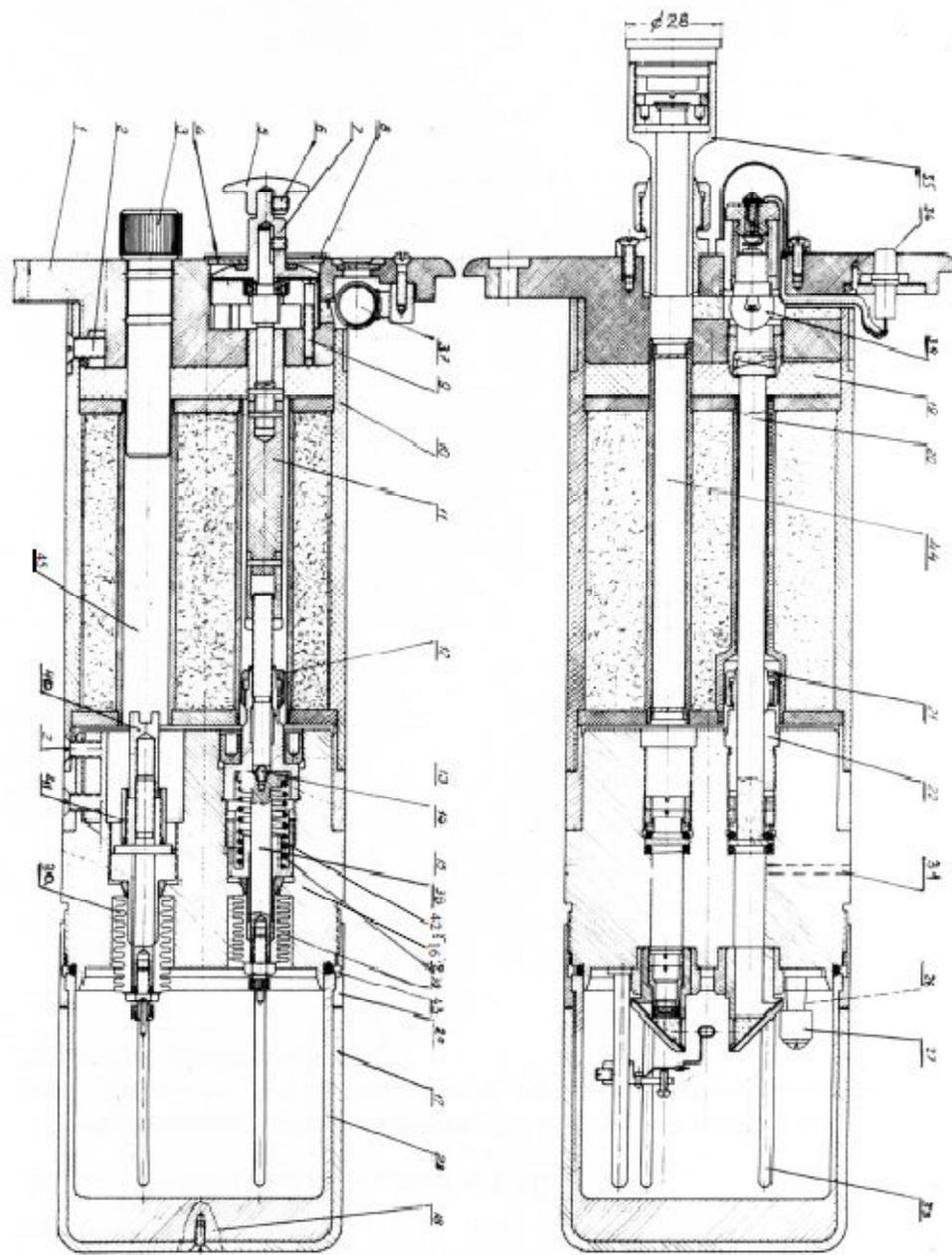


Рис. 2.4. Средняя часть гравиметра

Верхняя панель (см. рис. 3.3) представляет собой толстый диск изтекстолита, служащий одновременно крышкой прибора и пробкой, закрывающей сосуд Дьюара сверху. Панель крепится тремя винтами 13 к фигурному кольцу внешнего корпуса.

Под винты подложены амортизирующие втулки (см. рис. 3.3). На верхней панели размещены: микровинт 2, отсчетное устройство 3,

лампочка подсвета сконденсором 9, окуляр микроскопа 12, гнездо для подводки электропитания 8, два уровня 7 и 10 с юстировочными винтами 11, а так же ртутный термометр 6 сценой деления 0,5 °С для измерения температуры внутри прибора, и отверстие для диапазонного ключа 5.

Гравиметр включает несколько систем: чувствительную, или кварцевую, нивелирования, электрическую, оптическую, диапазонную, вакуумирования и термостатирования.

3.1. Кварцевая упругая система

Главной частью прибора является упругая кварцевая система, изготовленная из чистого кварцевого стекла (плавленный кварц), которая изображена на рис. 3.5. Она состоит из следующих основных узлов: чувствительного элемента, представляющего собой вертикальный сейсмограф Голицина, трех пружин (главной 1, измерительной 2 и диапазонной 3), а также устройства для температурной компенсации 10–15, 17.

Все перечисленные элементы смонтированы на кварцевом каркасе 16, который посредством стойки 29 прикреплен к верхнему основанию корпуса гравиметра 30.

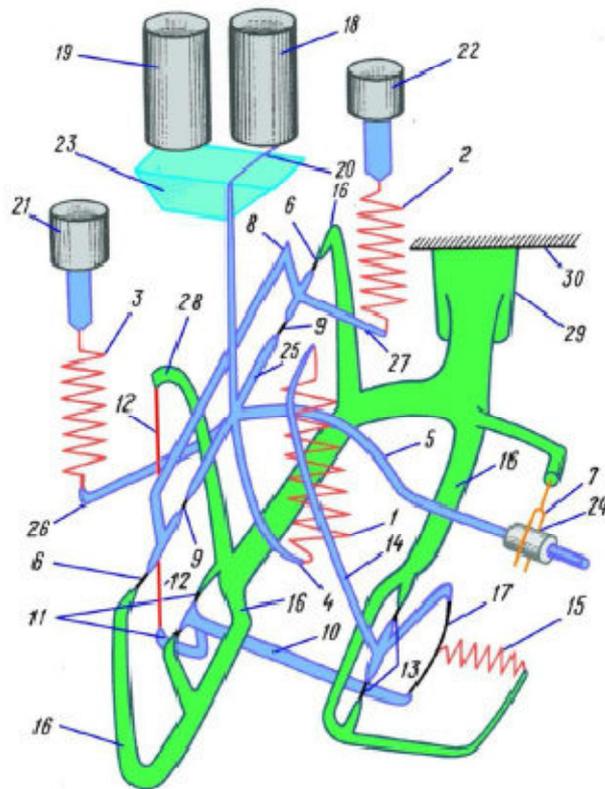


Рис. 2.5. Кварцевая упругая система гравиметра ГНУ-КВ

Между концами П-образной части монтажной рамки 16 натянута горизонтальная кварцевая нить 9, на которой укреплены измерительная рамка 8 и осевой стержень 25. Этими элементами системы горизонтальная нить разделена на 4 части: нити 6–6 и 9–9.

Чувствительный элемент системы представляет собой рычаг сложной формы, подвешенный на горизонтальных нитях 9 и главной пружине 1. Рычаг состоит из осевого стержня 25, к которому прикреплен горизонтальный стержень 5, нижний отросток 4, задний 26 и вертикальный (Г-образной формы) 20. На конце стержня 5 укреплен платиновый грузик 24. Платиновая навеска служит для увеличения момента масс исключения прилипания маятника кограничителю 7. Она также уменьшает действие электростатических зарядов.

Вес платинового грузика 0,03 г. Рис. 2.5. Кварцевая упругая система гравиметра ГНУ-КВ Температурный компенсатор состоит из

горизонтального стержня 10 (первый рычаг температурного компенсатора), один конец которого (с отростком) посредством кварцевых нитей 11 прикреплен к монтажной раме 16. К отростку рычага 10 приварена медная проволочка 12, второй конец которой укреплен на отростке монтажной рамы 16. Ко второму концу кварцевого рычага 10 приварена кварцевая нить 17, второй конец которой соединен со вторым рычагом температурного компенсатора 14, вращающимся на нитях 13.

Главная пружина 1 нижним концом прикреплена к отростку 4 маятника, а верхним – ко второму рычагу температурного компенсатора 14. Принцип действия системы заключается в следующем: при изменении силы тяжести маятник 5 будет отклоняться от первоначального положения равновесия до тех пор, пока силы, вызванные деформацией главной пружины и нитей подвеса маятника 9, не уравновесят изменение силы тяжести. Главная пружина соединена с маятником таким образом, что при изменении силы тяжести возникает дополнительный упругий момент силы главной пружины, знак которого совпадает со знаком изменения силы тяжести. Упругий момент, создаваемый главной пружиной 1 примерно в 100 раз больше остальных упругих моментов (диапазонной, измерительной и сил кручения нитей подвеса). Поэтому очень небольшие изменения силы тяжести вызывают большие деформации пружины и, следовательно, большие углы поворота маятника. Такие системы называются астазированными. При изменении наклона гравиметра изменяется его чувствительность. Если гравиметр наклоняется так, что прибор со стороны груза маятника поднимается относительно горизонта, то чувствительность возрастает. При наклоне в обратную сторону чувствительность уменьшается. Нормальное рабочее положение системы соответствует такому наклону всего прибора, при котором ось

вращения маятника и центр тяжести груза лежат в одной горизонтальной плоскости, которая называется главной плоскостью гравиметра. Это положение соответствует минимальной чувствительности гравиметра к наклону.

При повороте маятника, вызванном изменением силы тяжести или компенсирующей силы, чувствительность упругой системы также изменится.

Если сила тяжести уменьшается (маятник поднимается вверх), чувствительность возрастает. При возрастании силы тяжести (маятник опускается вниз) чувствительность уменьшается. Если перемещать по окулярной шкале положение исходной точки (отсчетного штриха), то чувствительность будет изменяться. Перемещение отсчетного штриха в сторону, соответствующую уменьшению силы тяжести, приводит к уменьшению чувствительности гравиметра, а в сторону, соответствующую увеличению силы тяжести – к увеличению чувствительности. При изменении силы тяжести маятник качается в вертикальной плоскости и вместе с ним перемещается рычаг 20 с горизонтальным стержнем на конце, называемым подвижным индексом (кварцевый стержень 10–15 мкм). Подвижный индекс освещается лучом света от осветителя 19, проходящим через призму 23 в микроскоп 18. Подвижный индекс освещается так, что проходящий свет создает интерференционную полосу, соизмеримую с шириной штриха окулярной шкалы. За его изображением наблюдают в микроскоп. Ввиду того, что момент упругих сил измерительной пружины непропорционален углу поворота маятника, его изменение непропорционально приращению силы тяжести. Таким образом, шкала, на которой регистрируют изменение силы тяжести, будет неравномерной. Этот недостаток устраняется тем, что на каждой точке

маятник приводят в одно и то же исходное (горизонтальное) положение.

Тем самым, изменение силы тяжести компенсируется упругой силой пружин нитей, величину которой можно отсчитывать по равномерной шкале.

Компенсация небольших изменений силы тяжести осуществляется изменением крутильного момента нитей подвеса маятника 9, угол закручивания которых изменяется при повороте рамки 8. Последняя поворачивается из-за растяжения измерительной пружины 2 посредством микрометрического устройства 22, спомощью которого можно измерить величину удлинения пружины. Мерой изменения напряженности поля силы тяжести является число оборотов микрометрического винта, измеряемое отсчетным устройством.

Лабораторная работа 4. Обработка и качественная интерпретация гравиметрических данных.

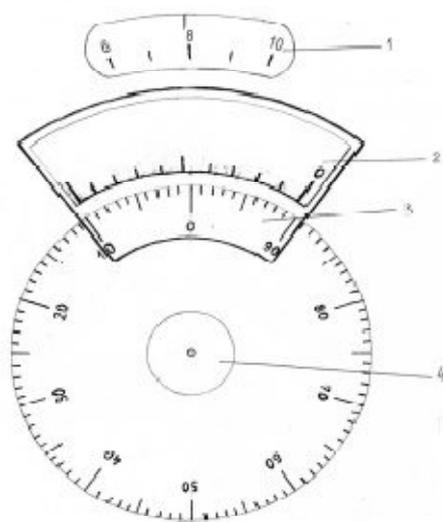


Рис. 2.7. Отсчетное устройство гравиметра

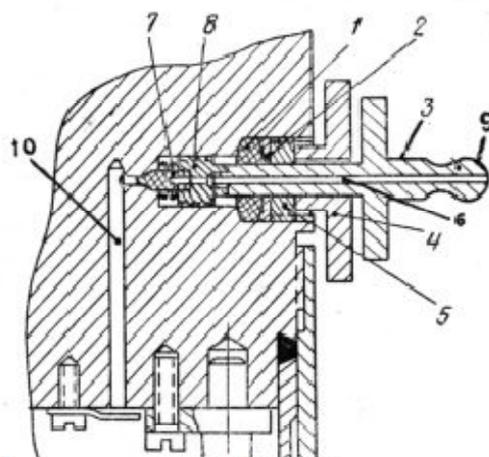


Рис. 2.8. Вакуумное устройство (вертикальный разрез)

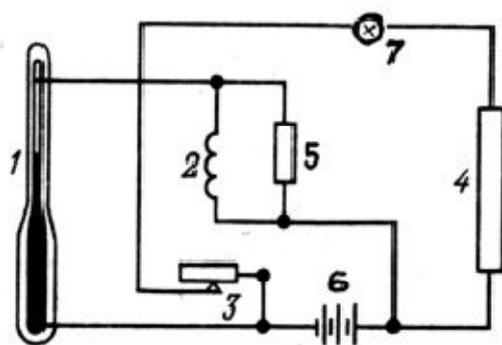


Рис. 2.9. Схема активного термостата

3.1. Настройка гравиметра на минимум чувствительности к наклону по уровням

Настроить гравиметр на минимум чувствительности к наклону – значит привести главную плоскость гравиметра (ГПП) рис. 3.1 в горизонтальное положение.

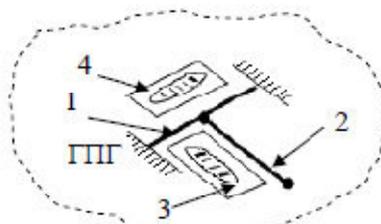


Рис. 3.1. Главная плоскость гравиметра:

1 – нить подвеса маятника; 2 – маятник; 3, 4 – уровни продольный и поперечный, соответственно

ГПП – мнимая плоскость, в которой находятся нить подвеса маятника и сам маятник. Чтобы это условие выполнялось, оси поперечного и продольного уровней гравиметра должны быть параллельны ГПП.

Теоретической основой способа настройки уровней гравиметра на минимум чувствительности является зависимость изменения показаний гравиметра от величины его наклона (β , радиан).

$$\Delta g_i = C \cdot (\Delta S_i) = \frac{1}{2} g \beta_i^2; \Delta S_i = S_0 - S_i, \quad (3.1)$$

где Δg_i – изменение показаний гравиметра, вызванное наклоном прибора, мГал;

S_0, S_i – отсчеты по шкале гравиметра, при $\beta = 0$ и при $\beta \neq 0$, соответственно, обор.;

$g = 0,981 \cdot 10^6$, мГал – приближенное значение силы тяжести в пункте наблюдений;

C – цена оборота измерительного винта гравиметра, мГал/оборот;

β – угол наклона гравиметра относительно горизонтальной плоскости, радиан.

В реальных условиях угол β отсчитывается относительно главной плоскости гравиметра (рис. 3.2, а), которая составляет с горизонтальной плоскостью угол ε , обусловленный ошибками юстировки уровней.

4. МЕТОДИКА ГРАВИМЕТРОВЫХ РАБОТ

Процесс получения гравиметрических данных требует выполнения определенного объема работ, который включает их проектирование и организацию, выполнение инструментальных измерений на местности, обработку результатов измерения, оценку их качества и написание технического отчета.

В данной работе акцент сделан на методике выполнения полевых работ и обработке результатов измерений.

4.1. Методы измерения силы тяжести

Способы измерения силы тяжести основаны на физических процессах, связанных с проявлением закона всемирного тяготения: это падение тел, колебание маятника, прецессия тяжелого гироскопа, колебание струны, натянутой грузом, искривление поверхности вращающейся жидкости (тот же гироскоп), деформация тел под действием постоянной массы, парение проводника с током в поле постоянного магнита, подъем жидкости в капилляре и др. Однако, при современном уровне развития измерительной техники приемлемую точность определения силы тяжести можно получить из наблюдения лишь небольшого числа явлений.

Все существующие методы измерения силы тяжести подразделяются на динамические и статические (рис. 4.1).

Динамическими называются методы, в которых наблюдается движение тела под действием силы тяжести (g), а измеряемой величиной является время (t), необходимое телу для перехода из одного фиксированного положения (H_0) в другое (H_1). К динамическим методам относятся следующие.

1. Баллистический, в котором используется закон прямолинейного равноускоренного движения свободно падающего тела:

$$H = H_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2}. \quad (4.1)$$

2. Маятниковый, который основан на зависимости периода свободных колебаний маятника (T) от величины силы тяжести:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (4.2)$$

где l – длина маятника.

3. Электромеханический, который основан на зависимости частоты колебаний струны, натянутой грузом, под действием силы тяжести:

$$f = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{m \cdot g}{\rho}}, \quad (4.3)$$

где f – частота колебаний струны, Гц;

l – длина струны, см;

m – масса груза, г;

ρ – линейная плотность струны, г/см.

Статическими методами называются такие, в которых наблюдается изменение положения равновесия тела под действием силы тяжести и некоторой силы, уравновешивающей ее. А непосредственно измеряемой величиной является угловое или линейное смещение тела с постоянной массой:

$$Mg + F = 0, \quad (4.4)$$

где Mg – момент массы;

F – уравновешивающая сила.

В качестве силы F используется упругая сила деформации нитей и пружин, а также сила, действующая на проводник с током в магнитном поле.

Кроме того, методы подразделяются на абсолютные и относительные. При абсолютных определениях измеряют полное значение величины силы тяжести (g) в данной точке.

Поскольку размерность g определяется в единицах [длина · время⁻²], то требуется измерение этих величин. При этом погрешность измерения ускорения силы тяжести не должна превышать $m_g = \pm 1 \cdot 10^{-8}$ м/с². Для достижения такой точности путь и время необходимо измерять с погрешностью порядка $\pm 1 \cdot 10^{-9}$.

При относительных определениях измеряют приращение силы тяжести (Δg) относительно пункта с известным значением $g_{исх}$:

$$g_{отр.} = g_{исх.} + \Delta g.$$

Статический метод определения силы тяжести реализован в приборах, которые называются статическими гравиметрами.

4.2. Виды гравиметрических съемок

Совокупность геодезических и гравиметрических измерений на местности с целью построения гравиметрической карты, называется *гравиметрической съемкой*.

В зависимости от точности, гравиметрические съемки подразделяются на следующие.

1. *Региональные* – в масштабах от 1 : 1 000 000 до 1 : 500 000. Их целью является тектоническое районирование значительных по площади геологических структур, прогноз областей, перспективных на обнаружение месторождений полезных ископаемых. Результаты мелкомасштабных съемок являются основой для изучения фигуры и внутреннего строения Земли, а также, – районирования земной коры по типам и определения ее толщины.

2. *Среднемасштабные, или поисково-разведочные съемки*. Они проводятся в масштабах от 1 : 200 000 до 1 : 50 000 для поиска месторождений полезных ископаемых на перспективных площадях, а также для уточнения геологического строения территорий исследований.

3. *Детальные съемки в масштабах от 1 : 25 000 и крупнее* применяются для оконтуривания месторождений, определения их параметров – для последующего подсчета запасов полезного ископаемого.

В зависимости от физико-географических условий и применяемых средств транспортировки гравиметрической аппаратуры различают съемки: наземную, подземную, скважинную, морскую (донную, подводную, надводную), аэрогравиметрическую и спутниковую.

По структуре сети съемки подразделяются на следующие.

1. *Площадные*, когда расстояние между точками на профиле (Δx) и между профилями (Δy) находится в соответствии $\Delta y \leq 5\Delta x$. Если $\Delta y = \Delta x$, съемка называется равномерной. По результатам этой съемки можно построить карты аномалий силы тяжести.

2. *Профильные*, когда $\Delta y > 5\Delta x$. Эти съемки позволяют получить изменения аномалий силы тяжести вдоль линий. Съемки применяются для изучения глубинного строения земной коры (зон контактов крупных тектонических блоков и разломов) и для определения методики гравиметрической съемки в неизученных районах.

3. *Маршрутные*, выполняемые в труднодоступных районах по долинам рек или дорогам.

4. *Рекогносцировочные*, для определения характера изменения силы тяжести на участке работ.

Точка на местности, в которой выполнены измерения элементов гравитационного поля Земли называется *гравиметрическим пунктом*. На участке съемки гравиметрические пункты подразделяются на *исходные*, в которых известно абсолютное значение ускорения силы тяжести (обычно – это пункты Государственной гравиметрической сети), а также *оторные* в гравиметрических съемках.

4.4. Выполнение гравиметрических измерений

Предварительно еще раз напомним, что гравиметрические системы, в отличие от геодезических, работают в динамическом режиме: чувствительный элемент (маятник) гравиметра, удерживаемый упругими силами пружин и нитей подвеса под действием силы тяжести и других факторов, рассмотренных в разд. 3, постоянно опускается, что приводит к изменению отчета со временем. Это явление называется смещением нуля-пункта гравиметра (см. подразд. 3.4). Его приходится учитывать, что может существенно повысить стоимость гравиметровых измерений.

4.4.1. Опорная гравиметрическая сеть

Полевые наблюдения с гравиметрами начинаются с создания сети опорных пунктов, которые служат для учета смещения нуля-пункта гравиметра, а также для «привязки» всей сети наблюдений к единому уровню, который обеспечивается Государственной гравиметрической сетью.

Точность определения силы тяжести на пунктах полевой опорной гравиметрической сети в 1,5–2,0 раза выше, чем на рядовых. Это достигается выполнением измерений в коротких рейсах, строгим соблюдением методики наблюдений и транспортировки приборов.

Если при наблюдениях на опорной сети используется тот же гравиметр, что и на рядовой, то на каждом опорном пункте необходимо выполнить измерения в трех независимых рейсах. При применении более точных приборов допускаются двукратные независимые наблюдения [16].

Полевая опорная сеть может создаваться в начале полевых работ или в процессе проведения гравиметрической съемки.

В практике гравиметрических работ различают центральную, двухступенчатую и полигональную системы.

1. В *центральной системе* (рис. 4.1) каждый опорный пункт имеет непосредственную связь с центральным, в качестве которого может быть использован пункт Государственной гравиметрической сети [16].

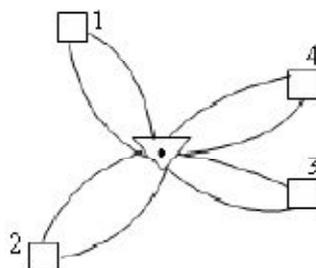


Рис. 4.1. Иллюстрация развития опорной сети по центральной системе

Оценка качества опорной сети определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{оп}} = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon}{N}}, \quad (4.7)$$

где ε – средняя квадратическая погрешность единичного измерения;

$$\varepsilon_{\text{оп}} = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{N-n}}; \quad \bar{N} = \frac{N}{n}, \quad (4.8)$$

N – общее число измерений приращений силы тяжести в опорной сети;

n – число пунктов;

δ_i – отклонение измеренного значения Δg_i от среднего;

$$\delta_i = \Delta g_i - \Delta \bar{g}; \quad (4.9)$$

$$\Delta \bar{g} = \frac{\sum \Delta g_i}{k}; \quad (4.10)$$

k – количество приращений Δg , принятых в обработку.

Бучко Инна Владимировна

Профессор кафедры ГиПАмГУ, доктор геол.мин.наук

Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Часть 1. Методические указания к выполнению лабораторных и практических заданий.

Изд-во АмГУ. Подписано к печати_____. Формат
60x84/16. Усл. печ. л.2_____

Тираж 100. Заказ_____.

Отпечатано в типографии АмГУ