

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА, ИОНОСФЕРЫ
И РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН**

Препринт No. 6 (1102)

В.В.Любимов, Ю.П.Сизов

**РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ МАГНИТНОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ "КАЛИНИНГРАД"**

Москва 1997

УДК 550.838.

Любимов В.В., Сизов Ю.П. Результаты магнитометрических исследований на территории магнитной обсерватории "Калининград". Препринт No. 6 (1102) М.: ИЗМИРАН, 1997. - 30 с.

Магнитометрические исследования на территории КМИО проводились в июле-августе 1995 г. в рамках Программы по обмену опытом и научно-техническому сотрудничеству между ЦМО (ИЗМИРАН) и МО "Калининград" (ЗО ИЗМИРАН).

В процессе проведения исследований использовались аттестованные протонные магнитометры типа ММП-203 (НПО "Руд-геофизика") и МПП-102 (СКБ ФП АН СССР), а также созданная в ИЗМИРАН специальная магнитометрическая аппаратура.

Обсуждаются результаты опытно-методических работ и исследований, приводятся результаты микромагнитных съемок, построенные карты аномального магнитного поля и горизонтального градиента поля территории КМИО, а также результаты исследований горизонтального и вертикального градиента магнитного поля между измерительными столбами в павильоне для проведения абсолютных измерений.

Работа предназначена для специалистов-магнитологов.

© ИЗМИРАН, 1997 г.

ВВЕДЕНИЕ.

Работы на территории Калининградской магнитно-ионосферной обсерватории (КМИО) Западного отделения (ЗО) Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН) Российской Академии наук были организованы лабораторией магнитосферно-ионосферных связей (МИС) ИЗМИРАН в рамках Программы по обмену опытом и научно-техническому сотрудничеству между Центральной магнитной обсерваторией (ЦМО) ИЗМИРАН (г. Троицк, Московской области) и КМИО ЗО ИЗМИРАН, проводились в июле-августе 1995 г. и включали в себя проведение опытно-методических и исследовательских работ в районе магнитной обсерватории (МО) "Калининград" с географическими координатами: $\varphi = 54^{\circ} 30' \text{ N}$ и $\lambda = 26^{\circ} 13' \text{ E}$ [6].

Экспедиция базировалась на территории КМИО (г.Ладушкин). Продолжительность работ составила 14 суток. Проведение работ осуществляла группа сотрудников ИЗМИРАН, состоящая из двух человек с привлечением сотрудников ЗО ИЗМИРАН.

Программа работ предусматривала:

1) проведение работ по проверке и аттестации протонного магнитометра используемого при проведении абсолютных измерений в КМИО;

2) проведение абсолютных измерений составляющих вектора магнитной индукции (ВМИ) поля Земли с помощью имеющихся в КМИО средств измерений;

3) проведение спецификации всех имеющихся в КМИО магнитометрических и других приборов, необходимых для организации работы стандартной МО;

4) проведение микромагнитной модульной площадной съемки на территории КМИО в районе абсолютного и вариационного рабочих павильонов и внутри абсолютного павильона, с целью определения пространственного горизонтального и вертикального градиентов

распределения магнитного поля в районе установки применяемых в обсерватории магниточувствительных датчиков (МЧД);

5) ознакомление с работой вариационной службы КМИО, проведение контрольной калибровки вариационных приборов.

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА РАБОТ.

В качестве инструментов для проведения магнитометрических исследований использовалась следующая стандартная и специальная аппаратура [6] :

- 1) опорный протонный магнитометр (ОПМ) типа ММП-203 [7];
- 2) контрольный протонный магнитометр (КПМ) типа МПП-102 [8];
- 3) феррозондовый магнитный теодолит ФЗТ [1];
- 4) колечная система Браунбека (от КМ7) [5];
- 5) колечная система Гельмгольца (от КИП-6) [3];
- 6) магнитный компас;
- 7) жидкостной уровень;
- 8) источники постоянного тока типа Б5-8 и Б5-45;
- 10) магазин сопротивлений типа Р-33;
- 11) цифровой вольтметр типа В7-16А.

Основные технические и эксплуатационные характеристики магнитометров, используемых в процессе проведения работ, представлены в [1, 7, 8]. Характеристики применяемых систем регистрации измеренной магнитометрами и вариометрами информации на пунктах наблюдений представлены в табл.2.2 в [6].

Проведение работ по измерению абсолютных значений составляющих ВМИ осуществлялось в абсолютном павильоне (АП) КМИО, работы с МЧД вариационных приборов проводились в вариационном павильоне (ВП), а вся контрольно-измерительная аппаратура (КИА), регистрирующая часть вариационных приборов и источники

электропитания были расположены в павильоне управления (ПУ), который находился на расстоянии примерно 35...37 м от АП и ВП. Схема расположения рабочих павильонов КМИО показана на рис.1.

Проведение абсолютных измерений и все методические работы в АП проводились на немагнитных столбах и постаменты, расположение которых показано на рис.2. Измерения составляющих Т и Z проводились на столбе 1, на котором устанавливались коленные системы Гельмгольца или Браунбека, с установленными внутри (в их центре) МЧД протонных

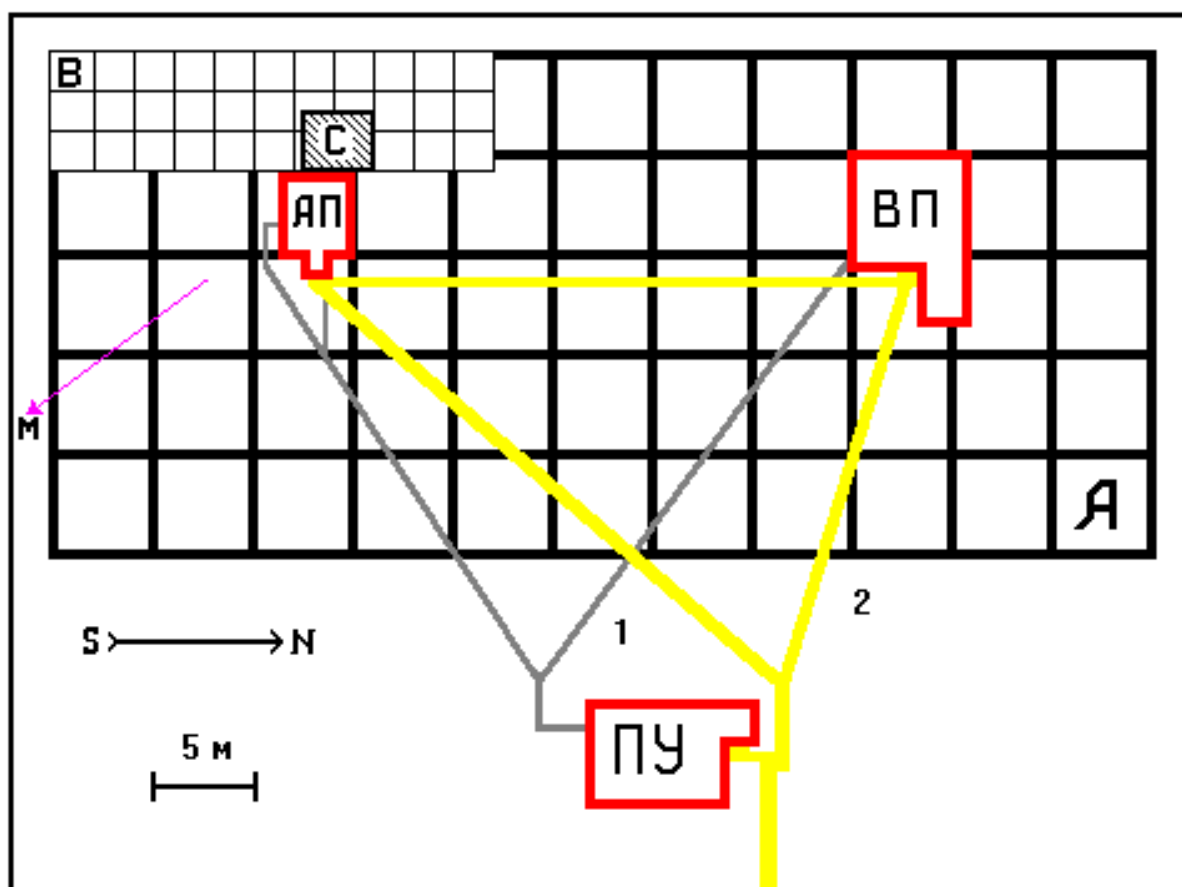


Рис. 1. Схема расположения магнитных павильонов обсерватории "Калининград" (1 - силовые кабели; 2 - пешеходные дорожки; А, В и С - полигоны микромагнитных съемок, соответственно 5х5 м, 2х2 м и 0,5х0,5 м; АП и ВП - абсолютный и вариационный павильоны; ПУ - павильон управления).

магнитометров ОПМ или КПМ. Режим токовой компенсации неизмеряемой составляющей ВМИ (при проведении измерений Z) осуществлялся при помощи автономного источника питания (сухие батареи) или от прецизионного источника питания типа Б5-45 через соединительный кабель из ПУ. Измерения составляющих D и I проводились на столбе 3, на котором был установлен феррозондовый магнитный теодолит ФЗТ, с помощью контрольного реперного устройства - "миры", расположенной на расстоянии примерно 300...350 м к юго-востоку от АП (обозначено "М" на рис.1).

ОПМ, используемый для абсолютных измерений составляющих ВМИ, был расположен следующим образом. МЧД был установлен

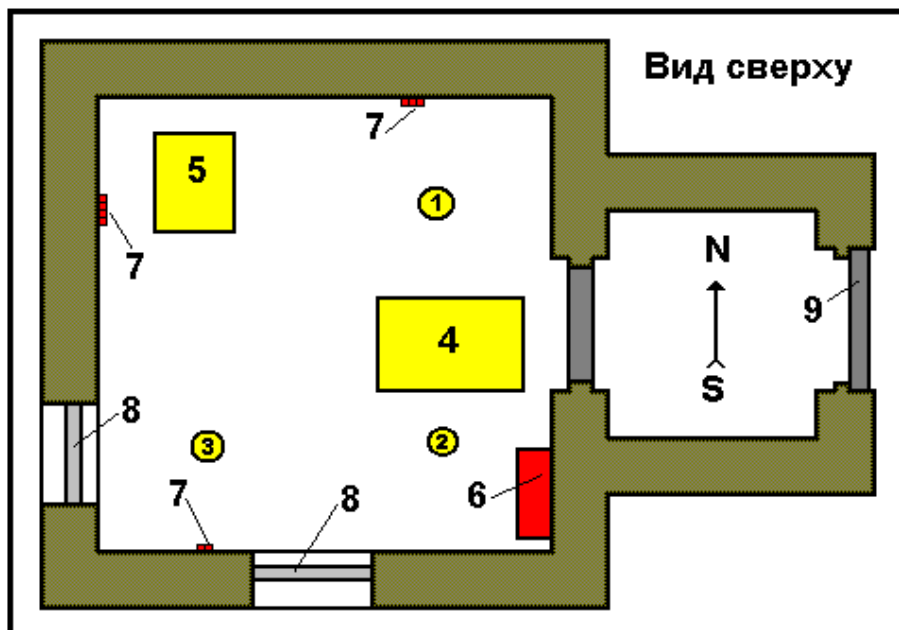


Рис.2. Схема абсолютного павильона КМИО (1, 2 и 3 - немагнитные столбы; 4 и 5 - бетонные постаменты; 6 - силовой щиток; 7 - электрические розетки; 8 - окна; 9 - входная дверь).

в кольцевой системе Гельмгольца, расположенной и отъюстированной на столбе 1, и закреплен в ее центре на высоте 1,45 м от пола АП. Измерительный блок ММП-203 вместе с дополнительной КИА и источниками электропитания был вынесен из помещения АП и размещен в восточном направлении на расстоянии 8 м от столба 1. МЧД феррозондового магнитного теодолита ФЗТ, установленного на столбе 3, был расположен на высоте 115 см от пола АП. Методика работ с магнитным теодолитом соответствовала требованиям, указанным в [1].

При проведении опытно-методических работ в АП, датчик ПМ устанавливался в центре кольцевой системы на столбе 1, на высоте 145 см от пола, и использовался для измерения вариаций модуля ВМИ в процессе проведения работ, а датчик КПМ устанавливался поочередно в измерительных точках-пикетах, показанных на рис.3, где производились серии измерений поля, состоящие из пяти отсчетов показаний КПМ в каждой.

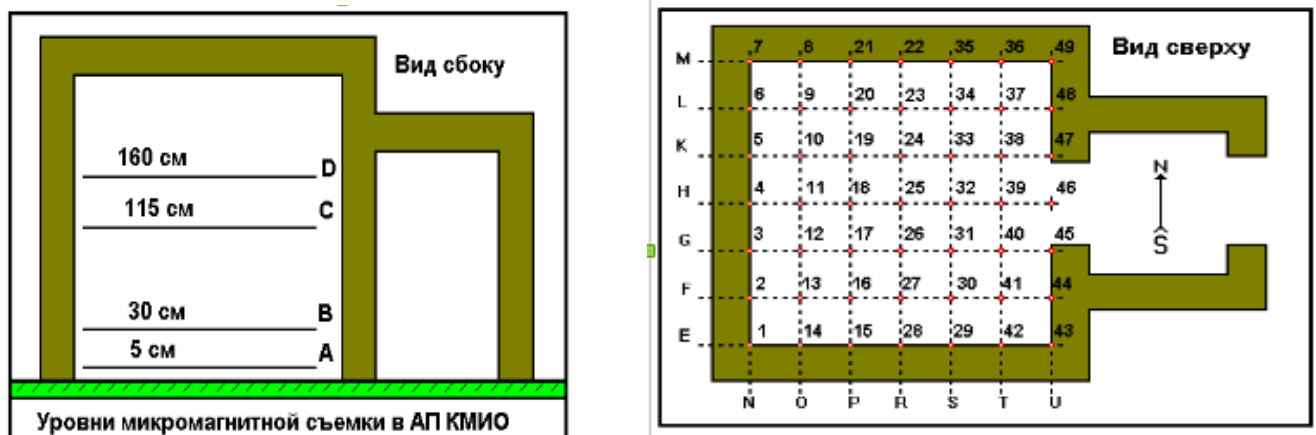


Рис.3. Схема измерительных точек и уровней ММС в АП КМИО.

Методика наблюдений была стандартной и соответствовала требованиям, указанным в Инструкции по эксплуатации магнитометров ММП-203 и МПП-102, а также соответствовала требованиям указанным в [2, 4, 9-13].

Работы по изучению горизонтального и вертикального градиента магнитного поля (ГМП) в помещении АП, проведение площадной

микромагнитной съемки (ММС) осуществлялись при одновременном использовании двух магнитометров. При проведении площадной ММС, МЧД КПМ в измерительных точках-пикетах устанавливался по высоте на расстоянии 1,15 м от уровня земли. Топографическая привязка сети точек наблюдения на местности при проведении ММС осуществлялась при помощи компаса и рулетки. Основное направление линий наблюдений было выбрано в плоскости магнитного меридиана (N-S). Для обеспечения необходимой точности магнитной съемки осуществлялись повторные измерения в точках (пикетах) и проведение в каждой измерительной точке серии измерений КПМ, не менее 5-7 отсчетов.

ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.

Проверка магнитометрической аппаратуры ЦМО.

В предэкспедиционный период были проведены работы по оценке точностных характеристик протонных магнитометров лаборатории МИС, предназначенных для выполнения поставленных задач, а также эталонного протонного магнитометра (ЭПМ), используемого для проведения абсолютных измерений в ЦМО ИЗМИРАН [6]. Была проведена метрологическая аттестация всех ПМ в поверочной установке первого разряда УП-1, расположенной в немагнитном павильоне ЦФП ИОФАН. Результаты проверки абсолютной погрешности ПМ в измерительном диапазоне от 36 до 59 мкТл представлены в табл.1.

Результаты проверки ПМ по диапазону в УП-1.

Таблица 1

Вт, мкТл	36,2	44,2	47,6	51,8	59,0
Вт, нТл ОПМ	-1,64	-2,29	-1,45	-1,44	-1,77
Вт, нТл КПМ	1,99	2,01	2,52	2,05	2,51
Вт, нТл ЭПМ	-1,44	-2,27	-1,82	-1,91	-2,10

По окончании экспедиционных работ была проведена проверка ПМ в поверочной установке УП-1 и в помещении АП ЦМО. Проверка не выявила каких-либо отклонений от проведенных ранее исследований величин абсолютной погрешности и СКО для ОПМ и КПМ. Результаты этих исследований приведены в [6].

Проверка магнитометрической аппаратуры КМИО.

Проверка ПМ КМИО.

Работы по сверке ПМ КМИО с протонными магнитометрами лаборатории МИС, - ОПМ и КПМ, - проводились в АП КМИО на столбе 1 в реальном поле, величина которого в месте проведения работ составляла 49,4 мкТл. Методика проведения сверки ПМ соответствовала методике, указанной в МИ 1257-86 [11] и МИ 156-78 [10]. Результаты сверки ПМ лаборатории МИС и КМИО представлены в табл. 2.

Результаты исследования ПМ.

Таблица 2

Разность между ПМ	Вт, нТл
ОПМ - КПМ	4,7
ОПМ - ПМ КМИО	3,7

Проверка ПМ КМИО показала, что его погрешность измерения в поле 49,4 мкТл составляет 2,2 нТл в сторону уменьшения показаний от абсолютного уровня.

Проверка вариометров основной серии КМИО.

Регистрация вариаций составляющих ВМИ при помощи вариометров основной серии была прекращена в КМИО с 16.04.95 г. Причиной тому послужил выход из строя часового механизма регистратора. Нами регистратор был отремонтирован и, после проведения 5-ти часовых испытаний, установлен на штатное место в ВП. Была

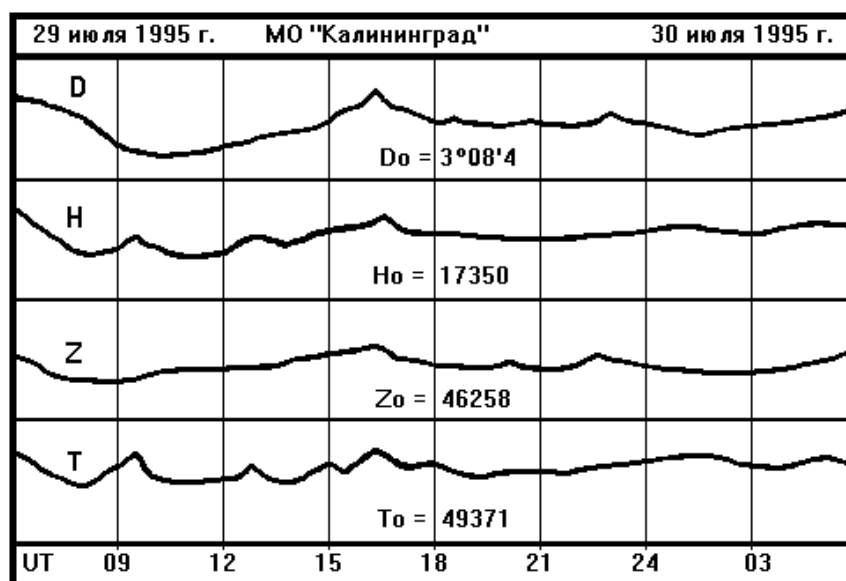
произведена пробная запись вариаций составляющих ВМИ на фотобумагу, после чего проведена окончательная настройка и калибровка всех вариометров основной серии, определена чувствительность каждого из измерительных каналов. Результаты определения цены деления вариометров КМИО представлены в табл.3. Здесь же представлены результаты калибровки этих же вариометров, которые производились ранее.

Результаты калибровки вариометров основной серии КМИО.
Таблица 3.

Дата калибровки	Результаты калибровки вариометров по каналам, вариометров КМИО нТл/мм			
	ε_h	ε_d	ε_z	ε_T
09.1992 г.	3,12	2,98	1,99	1,91
05.1993 г.	2,92	2,78	1,77	1,80
08.1993 г.	2,81	2,76	1,77	1,80
09.1993 г.	2,78	2,78	1,78	1,71
08.1995 г.	3,00	2,91	1,97	1,76

При помощи цифрового вольтметра типа В7-16А была произведена проверка и градуировка миллиамперметра, предназначенного для калибровки вариометров основной серии, составлена таблица поправочных коэффициентов. Непрерывная регистрация вариаций составляющих ВМИ начата (продолжена) с 29.07.95 г. Пример записи вариаций составляющих ВМИ, полученной на фотобумаге при помощи вариометров основной серии КМИО в период с 29 по 30 июля 1995г., показан на рис.4.

Рис.4. Пример записи вариаций в ВП КМИО.



ПРОВЕДЕНИЕ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Проведение площадной ММС на территории КМИО.

ММС территории КМИО включала в себя проведение работ на микрополигоне А с размерами 55х25 м, показанном на рис.1. Минимальный шаг съемки был выбран равным 5 м. Результаты непосредственных измерений, проведенных в 72-х измерительных точках на микрополигоне А, представлены в табл.3.11 в [6].

По результатам ММС на микрополигоне А была проведена оперативная обработка полученных данных и построены карты аномального магнитного поля (АМП) и горизонтального ГМП, показанные соответственно на рис.5, и рис.6. В процессе визуального экспресс-анализа полученных результатов было принято решение о проведении более точной (крупномасштабной) ММС в районе выявленных крупных аномалий в непосредственной близости с АП. Второй микрополигон, - полигон В (см. рис.1), - имел размеры 22х6 м,

при минимальном шаге съемки 2 м, а третий микрополигон (полигон С) ММС, примыкавший к западной стене АП, был отработан с минимальным шагом съемки, равным 0,5 м, и имел размеры 3,5 х 3,0 м. Результаты непосредственных измерений, проведенных при помощи ОПМ на микрополигонах В и С представлены соответственно в табл.3.12 и табл.3.13 в [6]. По результатам ММС на микрополигонах В и С построены карты АМП, показанные соответственно на рис.7 и рис.8.

Результаты вычислений горизонтального ГМП в измерительных точках на микрополигоне А представлены в табл.4, на основании которых были построены карта (см. рис.6 а) и трехмерная поверхность распределения горизонтального ГМП (см.рис.6 б) на территории КМИО.

а



б

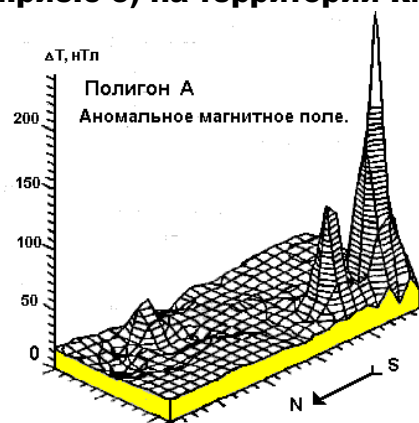


Рис.5. Результаты магнитометрических исследований на полигоне А.

а



б

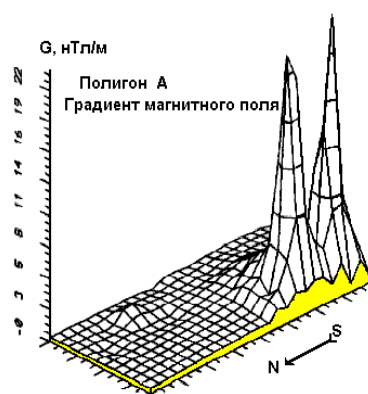


Рис.6. Результаты измерений горизонтального градиента магнитного поля на полигоне А.

Значения ГМП в измерительных точках на полигоне А.

Таблица 4

Но .изм . точки	Значение G, нТл/м	Но .изм . точки	Значение G, нТл/м	Но .изм . точки	Значение G, нТл/м
1	0,54	25	0,56	49	0,76
2	0,38	26	1,02	50	0,93
3	0,73	27	3,03	51	0,95
4	0,98	28	3,61	52	1,07
5	1,03	29	1,81	53	0,56
6	0,70	30	0,99	54	0,49
7	0,75	31	0,69	55	0,48
8	0,60	32	0,66	56	0,50
9	0,58	33	0,45	57	1,44
10	0,43	34	0,31	58	-0,09
11	0,38	35	0,34	59	0,19
12	0,37	36	0,33	60	0,30
13	0,36	37	0,29	61	0,28
14	0,37	38	-0,20	62	0,32
15	0,39	39	0,29	63	0,21
16	0,50	40	-0,06	64	0,08
17	0,66	41	-0,08	65	0,19
18	0,72	42	0,51	66	-0,02
19	0,82	43	1,01	67	0,51
20	1,15	44	1,58	68	0,36
21	29,45	45	2,02	69	0,50
22	0,06	46	1,66	70	0,71
23	25,86	47	0,95	71	0,62
24	0,64	48	0,79	72	0,42

Карта аномального магнитного поля (сечение изодинам 5 нТл)



Рис. 7. Результаты магнитометрических исследований на микрополигоне В.

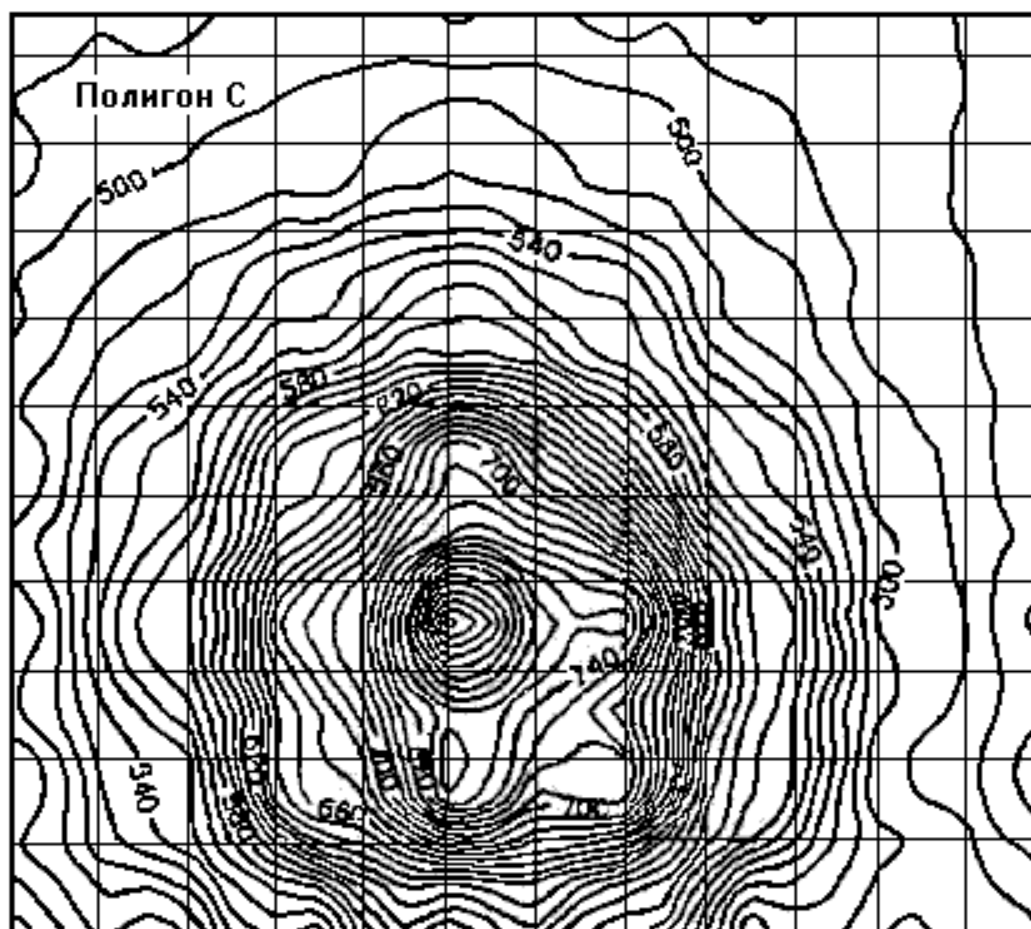


Рис. 8. Результаты магнитометрических исследований на микрополигоне С. Карта аномального магнитного поля. Сечение изодинам - 10 нТл.

Микромагнитная съемка внутри АП КМИО.

ММС внутри АП проводилась с целью определения пространственных горизонтального и вертикального ГМП в районе измерительных столбов в местах установки МЧД, которые применяются при проведении абсолютных компонентных измерений. Минимальный шаг ММС в этом случае был равен, - как и на полигоне С, - 0,5 м (см. рис.3). ММС в АП была произведена на четырех уровнях по отношению к уровню его пола: 5, 30, 115 (уровень столбов) и 160 см. Результаты ММС аномального магнитного поля в АП КМИО представлены в *табл.5*.

По результатам ММС в АП были построены карты АМП и ГМП для уровней А, В, С и D (см. рис.3), показанные на рис.9 и рис.10, по которым можно судить о наличии горизонтального ГМП между измерительными столбами 1, 2, 3 и измерительными постаменами 4 и 5 на различных горизонтальных уровнях в АП. Были построены также карты АМП в вертикальных плоскостях Е...У (см. рис.3), показанные на рис.11...рис.12, по которым можно судить о наличии вертикального ГМП в помещении АП.

По результатам ММС в АП были построены карты АМП в вертикальных плоскостях, проходящих через центры измерительных столбов 1 и 2 (плоскость J, см. рис.13) и измерительных столбов 2 и 3 (плоскость Q, см. рис.14). Это дало возможность иметь визуальную информацию о реальном градиенте поля в любой точке при установке и поверке любых магнитометрических приборов на измерительных столбах АП и возможность более точного учета погрешностей, возникающих при проведении абсолютных измерений.

Проведение абсолютных компонентных измерений.

Компонентные абсолютные измерения составляющих ВМИ проводились в АП по описанной выше методике в период с 27 по 30 июля 1995 г. Результаты этих измерений представлены в табл.6.

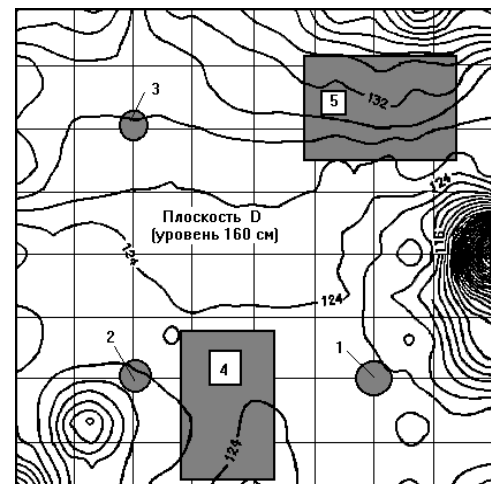
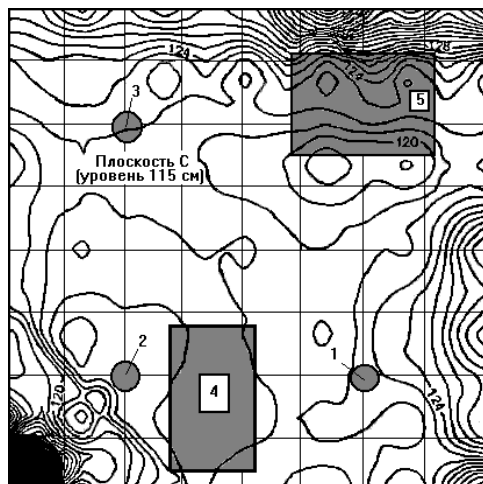
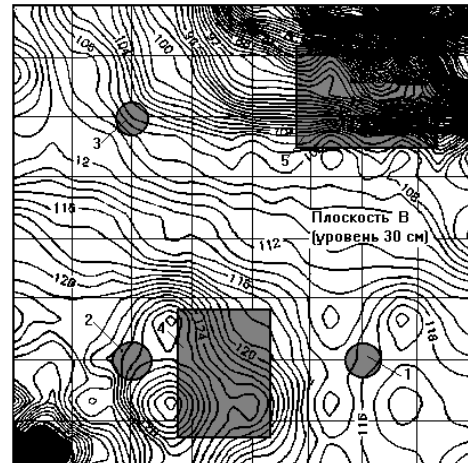


Рис.9. Карты аномального магнитного поля в АП КМИО на различных горизонтальных уровнях ММС.

Сечение изодинам - 1 нТл.

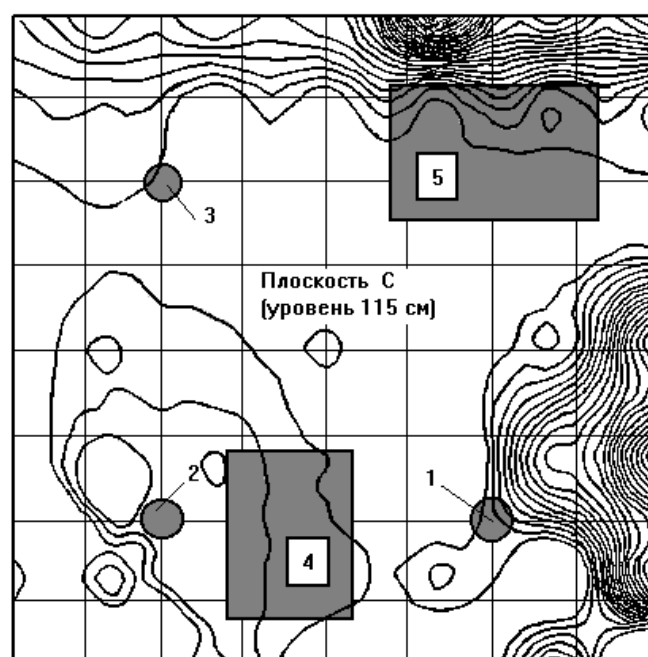
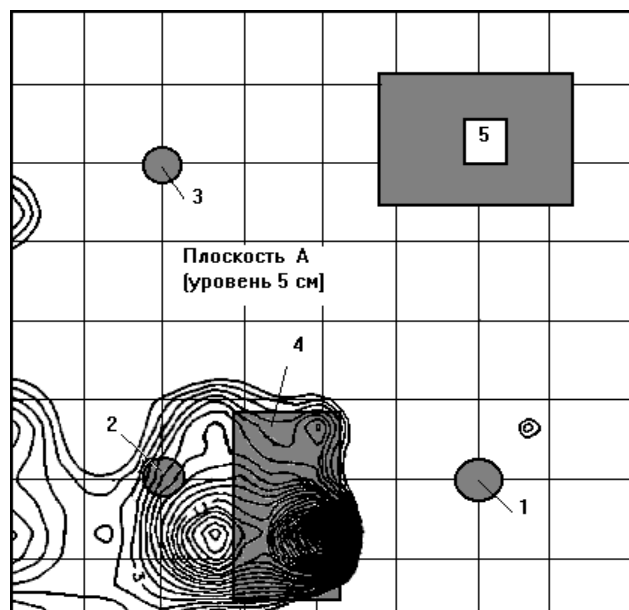


Рис.10. Карта градиента магнитного поля между измерительными столбами и постаменами в АП на различных уровнях (5 и 115 см) ММС. Сечение изодинам - 1 нТл/м.

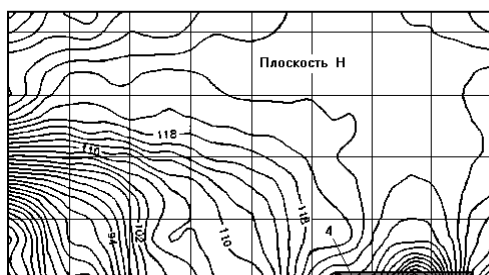
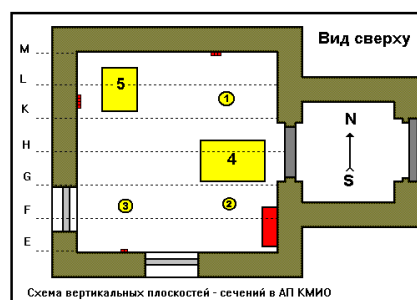
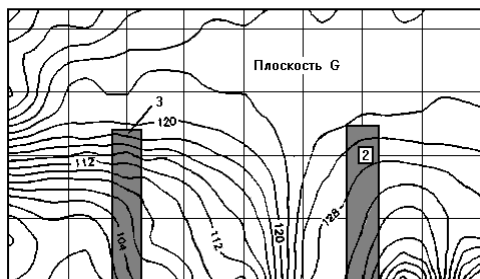
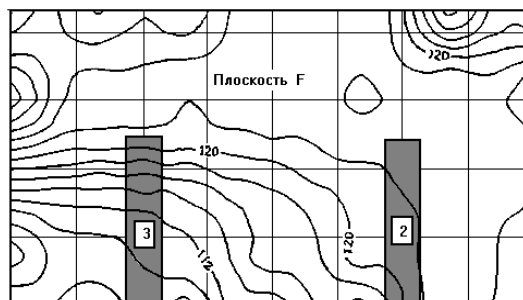
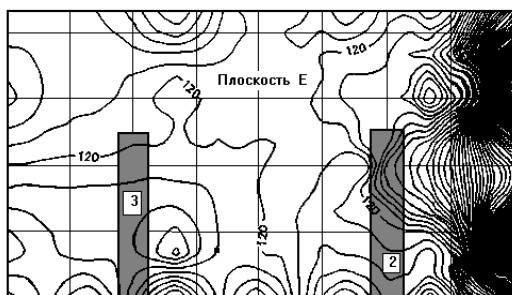
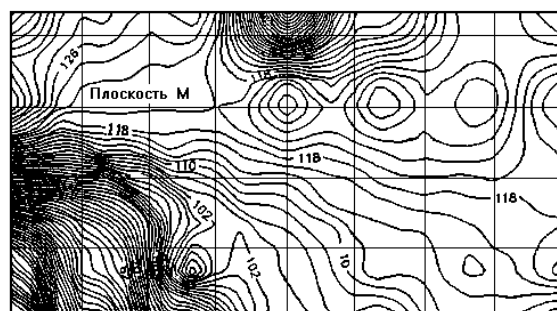
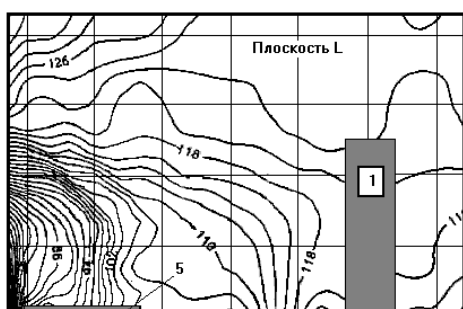
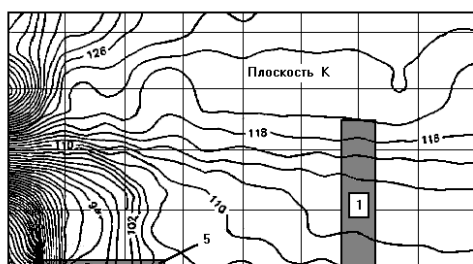


Рис.11. Карты аномального магнитного поля в различных вертикальных плоскостях-сечениях АП КМИО по результатам ММС. Сечение изодинам 2 нТл.



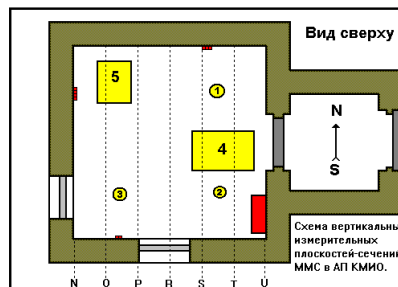
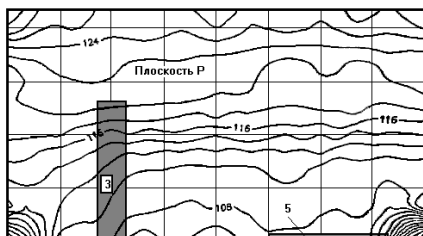
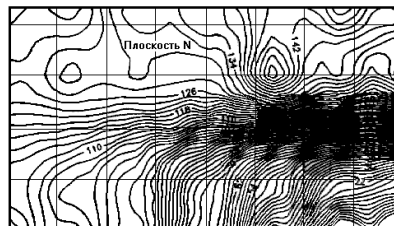
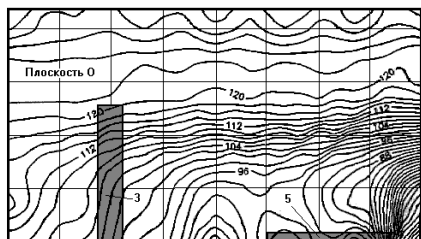
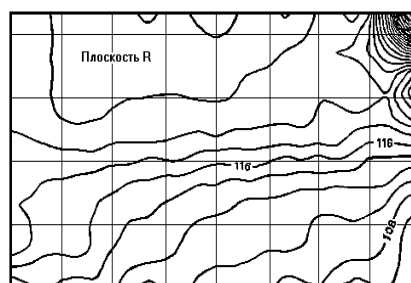
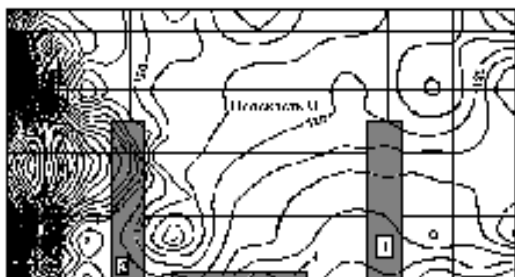
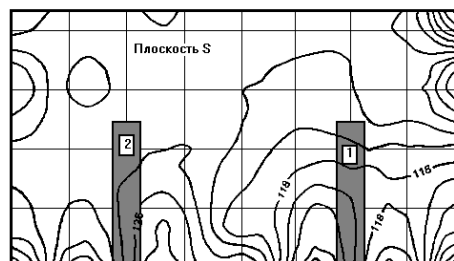
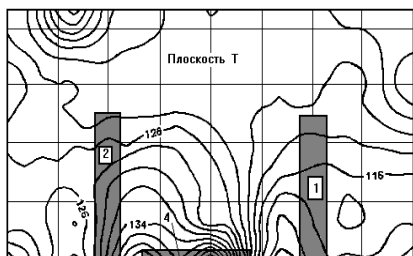


Рис.12. Карты аномального магнитного поля в вертикальных плоскостях-сечениях, построенные по результатам ММС в АП КМИО.
Сечение изодинам 2 нТл.



Значения АМП (в нТл) на различных уровнях ММС в АП. Таблица 5

Номер измерит. точки	Уровни микромагнитной съемки, см (от пола)			
	5	30	115	160
1	118,8	112,6	126,6	123,4
2	109,2	104,8	131,1	123,2
3	100,0	97,4	130,6	132,9
4	70,7	71,0	128,6	134,8
5	30,8	48,6	152,5	142,3
6	- 11,0	19,6	139,0	150,0
7	- 19,6	14,6	139,0	143,0
8	41,2	57,2	121,2	128,8
9	97,6	85,2	121,5	131,9
10	98,4	92,5	121,0	131,8
11	84,8	91,3	120,5	131,1
12	97,5	100,2	121,3	129,2
13	106,1	109,6	123,0	128,3
14	110,2	117,0	122,4	132,1
15	130,8	111,3	119,0	131,8
16	107,3	111,8	122,0	127,2
17	104,3	108,9	121,1	126,0
18	104,0	108,3	120,4	127,3
19	107,4	110,0	118,2	125,6
20	106,8	109,2	118,7	127,1
21	77,8	111,9	120,8	127,8
22	103,6	104,3	130,2	69,9
23	105,4	110,2	121,8	123,6
24	107,2	110,6	121,0	124,3
25	108,4	111,5	122,2	124,7
26	109,3	113,8	122,0	124,2
27	113,0	117,3	123,2	122,3
28	112,0	120,0	120,2	121,2
29	132,4	124,0	117,8	125,5
30	115,6	121,0	124,6	124,0
31	130,2	128,5	123,4	124,2
32	127,1	118,0	122,0	123,4
33	109,0	112,6	120,8	123,7
34	123,2	118,6	123,9	122,5
35	103,2	113,6	130,5	108,0
36	112,6	116,5	128,2	124,2
37	115,6	118,8	121,2	124,6
38	109,9	113,4	122,2	123,7
39	144,5	126,0	122,4	124,2
40	143,3	134,0	122,9	121,6
41	123,2	123,7	124,2	111,0
42	133,8	126,4	127,5	124,1
43	116,2	нет сигн.	нет сигн.	139,4
44	121,5	121,2	125,4	116,9
45	117,1	128,6	123,7	122,6
46	110,6	116,8	120,8	127,5
47	110,6	113,6	119,5	122,5
48	108,2	116,4	124,6	120,8
49	107,2	120,8	113,6	128,2

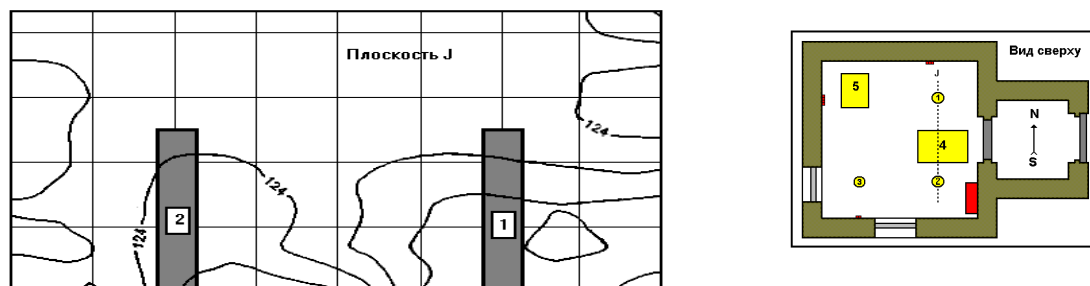


Рис.13. Карта аномального магнитного поля в плоскости измерительных столбов 1 и 2 в АП. Сечение изодинам – 2 нТл.

Результаты абсолютных измерений составляющих ВМИ.

Таблица 6

Дата проведен. измерений	Время UT	Составляющие ВМИ				
		Вт, нТл	Bh, нТл	Bz, нТл	D, угл. гр.	I, угл. гр.
27.07.95	11.34	49459,6	17256,5	46351,8	3°34' 0	69°34' 7
	14.40	49485,3	17266,7	46375,2		
	15.48	49474,0	17166,5	46401,0		
	15.54	49475,9	17407,5	46312,5		
	17.15	49472,0	17404,5	46309,3		
	17.22					
	17.30	49472,5	17434,4	46298,3		
	17.40					
28.07.95	15.22				3°25' 8	
29.07.95	05.55	49467,0	17427,2	46295,2	3°37' 1	69°26' 1
	06.12	49466,2	17428,1	46294,2		
	06.16	49466,4	17424,4	46295,9		
	06.27					
	14.57	49479,4	17456,5	46297,8		
	15.10	49479,2	17450,5	46299,8		
	15.30	49479,6	17448,5	46301,0		
	15.36					
	15.50				3°30' 0	
30.07.95	17.10	49478,8	17336,2	46319,8	3°29' 8	69°26' 6
	17.15	49477,0	17348,8	46336,3		
	17.22	49479,0	17326,3	46346,2		
	17.32					
	17.49					

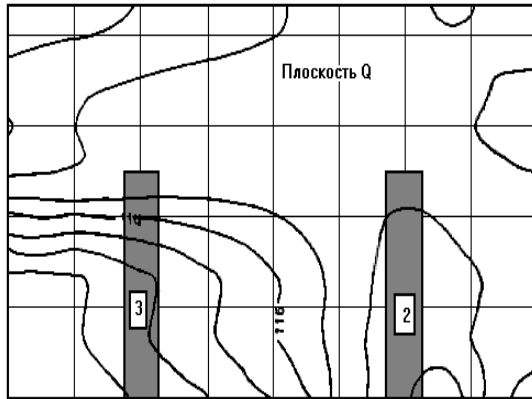
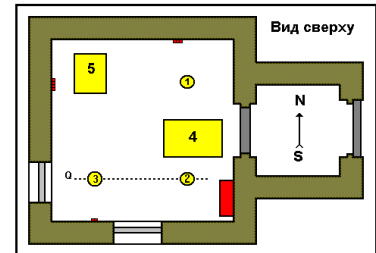


Рис.14. Карта аномального магнитного поля в плоскости измерительных столбов 2 и 3 в АП КМИО
Сечение изодинам – 2 нТл.



Определение базисных значений вариометров КМИО.

Базисные значения для вариометров КМИО вычислялись на основе результатов проведенных абсолютных компонентных измерений (см. табл.6) и результатов калибровки вариометров основной серии (см. табл.3) [13]. Результаты определения базисных значений составляющих ВМИ по наблюдениям в КМИО представлены в табл.7.

Результаты определения базисных значений. Таблица 7

Дата проведения измерений	Время	Составляющие ВМИ			
		В _т , нТл	В _h , нТл	В _z , нТл	D, угл. гр.
29.07.95	утро	49370,2	17349,0	46258,5	3°08' 0
	вечер	49371,8	17350,7	46258,0	3°09' 2
30.07.95	вечер	49371,2	–	–	3°08' 2

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Результаты проверки и калибровки магнитометрической аппаратуры, находящийся в распоряжении КМИО показывают, что она полностью пригодна для проведения стандартных обсерваторских наблюдений и может быть также успешно использована для проведения прогностических и других специальных работ.

Уровень шумов и помех техногенного характера на территории КМИО (г.Ладушкин) довольно низок, о чем можно с уверенностью судить по аналоговым записям вариометров (см., например, рис.4) и полученным значениям СКО абсолютных приборов (ПМ) при проведении измерений в АП ($G_n = +_0,4...0,8 \text{ нТл}$), что позволяет здесь организовать проведение специфических работ, в частности, по сверке магнитометрической аппаратуры или организации пункта метрологической поверки средств измерений.

Проведение площадных рекогносцировочных магнитометрических исследований на территории КМИО, в районе абсолютного и вариационного рабочих павильонов выявило две крупных локальных магнитных аномалии (см. рис.5), одна из которых с амплитудой порядка 240 нТл (в 115 см от уровня земной поверхности, при шаге ММС, равном 5 м), расположена на юго-западе, на расстоянии в 9 м от АП, а центр другой аномалии, амплитудой примерно в 120 нТл, расположен на расстоянии 2 м на запад от АП. Различные уровни амплитуд этих аномалий по сравнению с общим уровнем поля на полигоне А хорошо видны из рис.5 б. Построенная по результатам этих исследований карта ГМП также хорошо выявила эти аномалии ($G = 25...30 \text{ нТл/м}$) на общем уровне поля (см. рис.6), градиент которого в среднем не превышает значения 0,3...0,6 нТл/м. Небольшая аномалия (см. рис.5 б) выявлена также и на восточной части микрополигона А, центр которой расположен на расстоянии примерно в 11 м от восточной стены ВП, но амплитуда ее достаточно мала (примерно 30 нТл) и ее влияние практически никак не

проявляется в искажении нормального градиента поля в районе ВП (см.рис.6 б).

Более детальное изучение обнаруженных нами аномалий вблизи АП было сделано на полигонах В и С (см. рис.7 и рис.8) с использованием уменьшения расстояния между измерительными точками. Это позволило более корректно оценить как их амплитуду, так и достаточно точно оконтурить их расположение относительно точек установки магнитометрических приборов на измерительных столбах АП. При уточнении максимальных значений амплитуд аномалий оказалось, что величина первой равна 365 нТл, а второй - 389 нТл, причем эти амплитуды аномалий, как было сказано выше, были зафиксированы на уровне 1,15 м от уровня земли, так как при уменьшении этого расстояния МЧД ПМ не работал вследствие очень высокого вертикального ГМП. Исследования величины вертикального ГМП в точках, соответствующих центру этих аномалий, показали, что его величина достигает значения порядка 482 нТл/м. Как видно из рис.6 а, влияние от первой из этих аномалий в горизонтальной плоскости незначительно на приборы, установленные на измерительных столбах в АП, тогда как влияние второй аномалии проявляется очень существенно как в горизонтальной, так и, судя по сгущению изодинам (сечение изодинам - 0,5 нТл/м), в вертикальной плоскости, что обусловлено наличием значительного вертикального градиента магнитного поля и малым удалением ее центра от измерительных столбов АП (порядка 4,5...5 м) по прямой. При более внимательном рассмотрении карты поля на рис.8 хорошо виден как центр самой аномалии, так и ее контуры (сечение изодинам 10 нТл/м), напоминающие собой квадрат с четко выраженными границами, какие обычно можно наблюдать, например, у закопанного под землей железобетонного или каменного фундамента.

С целью определения горизонтального и вертикального градиента между рабочими столбами ММС в АП проводилась на четырех

измерительных уровнях (см.рис.3). Анализируя построенные карты АМП и ГМП на различных уровнях ММС в АП (см. рис.9), на которых измерительные столбы 1...3 и измерительные постаменты 4, 5 обозначены соответственно кружками и прямоугольниками, можно видеть, что на высоте 5 см от пола (уровень А) поле является сильно аномальным в районе 4 и 5 постаментов и в юго-восточном углу АП. Выраженные в сгущении контуров силовых линий, аномалии магнитного поля здесь связаны, видимо, с магнитностью фундаментов постаментов и подходящими к АП силовыми и соединительными кабелями. В северо-западном углу АП сильно заметно проявление аномалии, о которой было сказано выше. В результате величина вертикального ГМП, например, в районе постамента 4 достигает величины 24...28 нТл/м, а в районе постамента 5, - значительно больше. О величине горизонтального ГМП между измерительными столбами 1, 2 и 3 можно судить по рис.9. Так разница между измерительными столбами 1 и 2 (на уровне установки измерительных и абсолютных приборов, равном 115 см) равна 1 нТл, между измерительными столбами 1 и 3 эта разница по полю составляет - 0 нТл, а между измерительными столбами 2 и 3 - 1 нТл. При этом все измерительные столбы находятся в поле, величина горизонтального градиента которого на этом уровне составляет 0,5...1 нТл/м. Сгущение силовых линий здесь обусловлено наличием электрических розеток и проводов, что оказывает влияние на проведение абсолютных компонентных измерений, проводимых на столбе 1, увеличивая неоднородность поля, в результате чего автоматически увеличивается значение СКО у ПМ.

О наличии вертикального градиента поля в АП и в районе измерительных столбов можно судить по картам АМП, показанным на рис.11...рис.14 и построенных в вертикальных плоскостях-сечениях, показанных на рис.3, на которых прямоугольниками с цифрами обозначены измерительные столбы и постаменты. Анализируя, например, карту АМП, показанную на рис.11, можно видеть влияние

электрического щитка, расположенного внутри АП, на измерительную аппаратуру, устанавливаемую на измерительном столбе 2. На рис.11 также хорошо заметно влияние аномалии, расположенной вне АП, на приборы, устанавливаемые на измерительном постаменте 5. Величина вертикального ГМП в этом случае равна примерно 50...60 нТл/м. На рис.12 проиллюстрировано влияние этой внешней аномалии представленное в плоскостях N и O в АП, построенных в направлении север-юг. Величина вертикального ГМП здесь достигает примерно 130 нТл/м в районе стены АП и примерно 20 нТл/м в районе измерительного столба 3.

Как итог работы по определению величин и значений ГМП между измерительными столбами 1, 2 и 3 были построены карты АМП в вертикальных плоскостях J и Q, проходящие через центры измерительных столбов, соответственно 1 и 2 и измерительных столбов 2 и 3, которые показаны на рис.13 и рис.14. В результате, как было отмечено выше и видно из рисунков, величина горизонтального ГМП между столбами практически равна 0...0,5 нТл/м и абсолютная разница между ними составляет не более 1 нТл. Вертикальный ГМП в районе измерительных столбов 1 и 2 мал, не более 2...5 нТл/м, а над центром измерительного столба 3 (в районе установки ФЗТ), - не более 10...12 нТл/м и определяется, в основном, аномалией, находящейся в непосредственной близости от АП.

Проведение абсолютных измерений в АП и полученные нами при этом результаты, показанные в табл.6, позволяют сделать выводы о возможности в дальнейшем получения надежных данных при условии "чистки" (в магнитном отношении!) территории в непосредственной близости от здания АП и соблюдения надлежащих законов метрологии по отношению к используемым средствам измерений.

В результате проведенных измерений на территории КМИО оказалось, что величины базисных значений составляющих ВМИ в районе АП имеют следующие значения:

$B_T = 49,4$ мкТл **$D = 03^\circ 30'0$** **$B_H = 17,4$ мкТл** **$I = 69^\circ 26'0$** **$B_Z = 46,3$ мкТл**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Намеченная программа в части проведения магнитометрических исследований и запланированных опытно-методических работ была выполнена полностью. В процессе проведения работ в КМИО встретился ряд трудностей как методического, так и организационного характера, которые нам удалось успешно преодолеть.

Полученный материал позволяет судить о перспективности использования пункта магнитометрических наблюдений на территории КМИО.

Дальнейшее усовершенствование аппаратуры, выбор оптимального места для ее установки и эксплуатации позволит повысить точность проводимых измерений и достоверность получаемой информации. Это позволит более уверенно и надежно проводить работы, имеющие длительный прогностический характер.

*** * ***

Авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую благодарность руководству ЗО ИЗМИРАН, за проявленный интерес к работе, сотрудникам КМИО, за внимание, радушие к членам экспедиции, и, особенно, научному сотруднику *Н.А. КОРЕНЬКОВОЙ* за активное участие и большую помощь в процессе проведения работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. БУРЦЕВ Ю.А., ЗАХАРОВ П.И., ЛАРКИН В.Г., СЕМЕНОВ И.Х., ТИМОФЕЕВ Г.А. Магнитный теодолит для измерения склонения и наклона геомагнитного поля. Препринт No. 13 (702) М.: ИЗМИРАН, 1987. - 23 с.
2. Инструкция по магниторазведке (наземная магнитная съемка, аэромагнитная съемка, гидромагнитная съемка) / М-во геологии СССР. Л.: Недра, , 1981. - 263 с.
3. Комплект измерительных приборов КИП-6. Техническое описание те 2.700.009 ТО. ОКБ НПО "Геофизика" Министерства геологии СССР. 1976. - 16 с.
4. ЛОГАЧЕВ А.А., ЗАХАРОВ В.П. Магниторазведка. 4-е изд. Л.: Недра, 1973. - 352 с.
5. ЛЮБИМОВ В.В., ПЕРФИЛОВ В.И. Новые разработки квантовой магнитометрической аппаратуры в СКБ ФП АН СССР. Обзор // Исследование космической плазмы. М.: ИЗМИРАН, 1980. С.159 - 170.
6. ЛЮБИМОВ В.В., СИЗОВ Ю.П. Проведение методических работ и магнитометрических исследований на территории магнитной обсерватории "Калининград" (КМИО, ЗО ИЗМИРАН). Отчет. М.: ИЗМИРАН, 1996. - 87 с.
7. Магнитометр пешеходный протонный ММП - 203. Проспект НПО "Рудгеофизика" Министерства геологии СССР. 1981.
8. Магнитометр протонный МПП-102. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Бт2.733.043 ТО. СКБ ФП АН СССР. 1984. - 31 с.
9. Магниторазведка: Справочник геофизика / Под ред. В.Е.Никитского, Ю.С.Глебовского // М.: Недра, 1990. - 470 с.
10. Методика поверки рабочих средств измерения магнитной индукции постоянного поля в диапазоне $1 \cdot 10^{-6}$ - $5 \cdot 10^{-6}$ Тл. МИ 156-78 //

Государственный комитет стандартов Совета министров СССР, НПО ВНИИМ им. Д.И. Менделеева / М.: Издательство стандартов, 1978. - 17 с.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Магнитометр пешеходный протонный ММП-203. Методика поверки МИ 1257-86 // Государственный комитет СССР по стандартам. ОКП 43 1431 0014 00 / НПО "Рудгеофизика", 1989. - 12 с.

12. РЕВЯКИН П.С., БРОДОВОЙ В.В., РЕВЯКИНА Э.А. Высокоточная магниторазведка. М.: Недра, 1986. - 272 с.

13. СИЗОВ Ю.П. Инструкция по составлению месячного обзора состояния магнитного поля Земли. М.: ИЗМИРАН, 1977. - 23 с.

Любимов Владимир Валерьевич
Сизов Юрий Павлович

**РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА
ТЕРРИТОРИИ МАГНИТНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ "КАЛИНИНГРАД".**

Подписано к печати 25.03.97 г.
Усл.печ.л. 1,9. Бесплатно. Заказ .
Тираж 50 экз.

Отпечатано в ИЗМИРАН
142092, г.Троицк, Московской области.