Записки Ленинградского Горного Института. Том XI, вып. 3, 1938
Annales de l'Institut des Mines à Léningrad. Vol. XI, liv. 3, 1938

Обработка данных магнитной съемки

Введение поправок за суточные изменения магнитного поля

Инж. Н. А. Никифоров

Working out the data of the magnetic survey

Ing. N. A. Nikiforoff

Процесс обработки данных магнитных наблюдений может иметь две стадии:

1) предварительную, когда данные измерений обрабатываются в поле, в степени, достаточной для того, чтобы правильно направлять магнитную разведку;

2) окончательную, производящуюся после окончания полевых работ, обычно в городе, вдали от места разведки.

Нам представляется этот разрыв не совсем правильным, но часто неизбежным по ряду причин. Одной из причин, затягивающих окончательную обработку, является необходимость введения поправок за счет суточных изменений магнитного поля. На этом вопросе мы несколько остановимся и посмотрим, в какой мере это необходимо и нельзя ли в некоторых случаях избежать учета этих поправок.

При магнитной разведке слабомагнитных объектов приходится исследовать сравнительно небольшие по напряжению магнитные поля, создаваемые геологическими объектами.

Наряду с исследованием магнитных полей небольшой интенсивности порядка 100 гамм и меньше, приходится сталкиваться с такими объектами, которые создают нарушения в магнитном поле земли порядка 1000 гамм и больше. Но чем более резкие изменения (по интенсивности напряжений) магнитного поля приходится исследовать, тем менее строгие требования предъявляются к точности определения элементов магнитного поля при производстве магнитной разведки. Вследствие этого возникает вопрос, когда и в какой мере необходимо учитывать вышеупомянутые поправки.

Изменения магнитного поля земли происходят в течение суток, из года в год, и в течение веков, с периодом порядка столетий. Изучение этих изменений являлось и продолжает оставаться предметом многочисленных исследований. В данной работе мы попытаемся выяснить значение влияния этих изменений на результат измерения элементов магнитного поля в условиях магнитной разведки.

С этой точки зрения имеют значение изменения вековые, годовые, суточные, а также магнитные бури. Вдаваться в описание существующих теорий о природе этих явлений мы не будем, а лишь в отдельных случаях будем пользоваться конечными выводами отдельных исследователей.

Вековые изменения, имея период порядка столетий, хотя и значительные по величине, не имеют значения для магниторазведки вследствие небольших изменений в течение короткого промежутка времени. Для иллюстрации порядка вековых изменений можно привести целый ряд материалов по изучению векового хода.

Например, проф. А. И. Заборовский в книге „Земной магнетизм“ (изд. 1932 г.) на стр. 147 говорит: „Мы видим, что почти на всем земном шаре горизонтальная составляющая векового изменения магнитного поля направлена к югу, что соответствует уменьшению горизонтальной компоненты земного магнетизма. Это уменьшение может быть объяснено лишь уменьшением магнитного момента земли в среднем на 1/1000 своей величины в год“.

Иначе говоря, в течение года вековые изменения достигают величины 20—25 гамм, из месяца в месяц 2—3 гаммы. Естественно, что такие величины изменений не имеют значения для работ, не ставящих своей задачей измерение абсолютных величин элементов магнитного поля земли.

Годовой ход геомагнитных вариаций имеет, примерно, такой же порядок (по величине), как и вековые изменения. В цитированной выше книге проф. А. И. Заборовский говорит следующее. „Годовой ход элементов земного магнетизма, по сравнению с суточным ходом выражен менее отчетливо. Амплитуды годового хода в склонении не превышают 0,7′—0,8′, в горизонтальной составляющей 10 гамм и в наклонении —1,5′“ (стр. 155).

Годовые изменения, суммируясь с вековыми, дадут в оптимальном случае из месяца в месяц изменения порядка 10 гамм. А так как разведочные съемки обычно ведутся с наличием контрольных наблюдений, то эти изменения могут быть отмечены лишь при этих наблюдениях, как систематические погрешности измерений. Но как систематические погрешности, они исключаются при введении в обработку значений показания на контрольном пункте.

В большей мере практику магниторазведки затрагивают вопросы суточных изменений магнитного поля и непериодические возмущения (магнитные бури).

Производство наблюдений с магнитометрами неизбежно связано с фиксацией ими всех изменений, которые происходят в магнитном поле земли. Исключить непосредственно действие вариаций магнитного поля мы не можем, но совершенно необходимо освободить от них результат измерений. Поэтому необходимо вводить поправки за периодические и непериодические изменения магнитного поля по данным магнитных обсерваторий.

Многочисленные исследования в области изменяемости магнитного поля установили, что в течение суток магнитное поле имеет свой законченный цикл (суточный период). Помимо этого имеются „непериодические“ возмущения, достигающие иногда большой величины порядка нескольких 100 гамм для Z и H и градусов для склонения (так называемые магнитные бури).

Периодические суточные изменения связываются с вращением земли вокруг оси и солнечной радиацией. Различные исследования в этом направлении приводят к нескольким теориям, причем наиболее обоснованная теория относит эти суточные колебания за счет возникновения электрических токов, образующихся в верхних слоях атмосферы под влиянием солнечного излучения. О характере суточных изменений Тверской[1]) говорит следующее: „при этом (исследовании *H. H.*) оказалось, что на разных широтах суточные вариации как по амплитуде, так и по характеру несколько различны“. Действительно, если мы обратимся к рис. 1, на котором графически нанесены вариации магнитного поля горизонтальной и вертикальной составляющих, то, сравнивая характер этих изменений для различных долгот и широт СССР, найдем подтверждение вывода Тверского.

Рис. 1 представляет графическое изображение характера суточных вариаций для мест, различных по широте и долготе. На графиках по оси абсцисс нанесено местное время той обсерватории, для которой построены графики вариаций. По оси ординат отложены отклонения значения вертикальной и горизонтальной силы от среднего значения за год на каждый час суток. Так как в действительности на каждый момент времени суток существуют свои отклонения, то для построения графиков взяты средние значения отклонений за год для начального момента каждого часа суток. Таким образом мы получили осредненный суточный ход вариа-

[1]) Тверской, Курс геофизики, 1930, стр. 271.

ций за год. Он несколько отличается от суточного хода за каждый месяц года или за одни сутки, но полнее отражает общие закономерности этого явления.

Сравнение этих графиков приводит нас к следующим выводам:

1) суточные вариации вертикальной составляющей убывают по величине амплитуды изменений в течение суток с уменьшением широты места наблюдения;

2) вариации горизонтальной составляющей приближаются по величине амплитуды к амплитуде вертикальной составляющей в южных широтах СССР;

3) наступление максимума и минимума суточных вариаций совпадает по времени (местному), но для мест наблюдения, отличающихся по широте на десятки градусов, происходит сдвижение максимумов-минимумов.

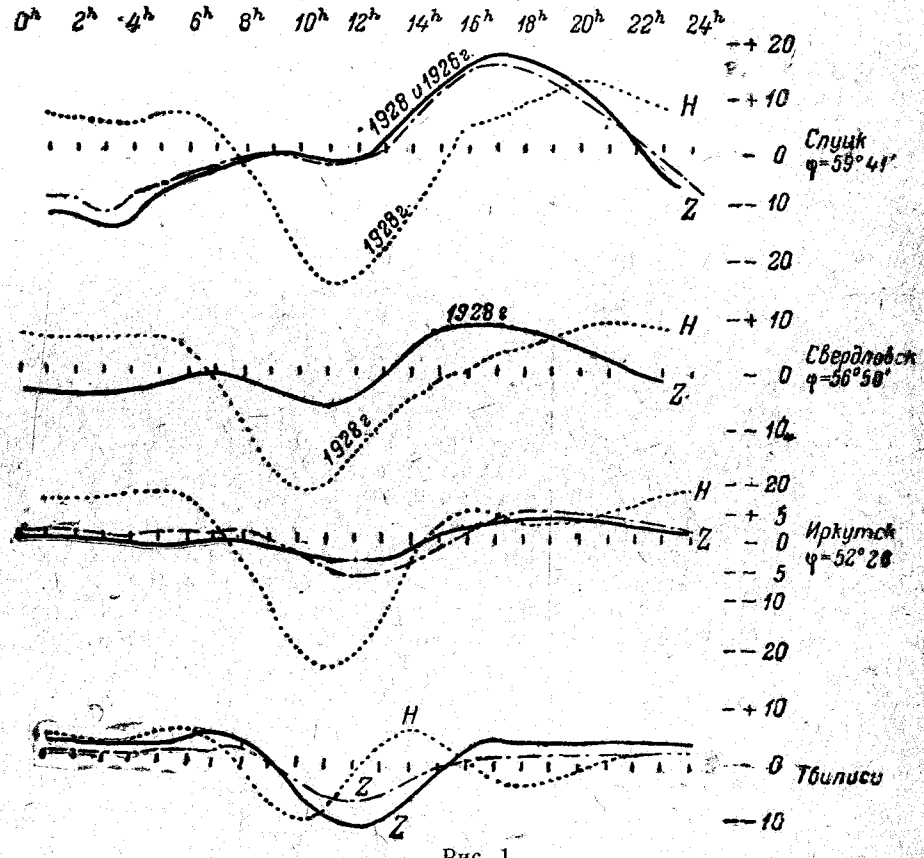


Рис. 1.

Дальнейшее изучение вариаций показывает, что для вертикальной составляющей предполуденный минимум наступает в промежуток времени от $11^h\ 30^m$ до $12\ 30^m$, максимум от 16^h до 17^h, затем идет плавное уменьшение до второго минимума, наступающего в промежутках времени с 2^h до 4^h следующего дня. Вариации горизонтальной составляющей имеют один минимум в промежуток времени 10^h—12^h с почти равномерным увеличением в обе стороны; только для широты Тбилиси наблюдается 2 минимума: один от $8^h\ 30^m$ до $10^h\ 30^m$, другой меньший в 18^h и один максимум около 14^h.

Амплитуда средних годовых суточных изменений для широты Слуцка ($\varphi = 52°41'$) горизонтальной составляющей достигает 40 гамм, вертикальной составляющей 30 гамм. Для широты Свердловска ($\varphi = 56°0'$) амплитуда горизонтальной составляющей находится в пределах 30 гамм, амплитуда вертикального напряжения

составляет 14 гамм. Для Иркутска ($\varphi = 52°28'$) амплитуда горизонтального напряжения составляет 30 гамм и вертикального 10 гамм. Для Тбилиси ($\varphi = 41°8'$) амплитуда горизонтального напряжения составляет 16 гамм и вертикального 15 гамм. Это осредненные значения за год.

Разобранные графические данные вариаций горизонтальной и вертикальной слагающих говорят о том, что с изменением широты резко меняется амплитуда суточных изменений. Это имеет значение для вертикальной составляющей; значительно меньше сказывается изменение широты места наблюдения на амплитуде горизонтальной составляющей; еще меньше на склонении, разбор изменений которого не приводится.

Необходимо заметить, что хотя в наших рассуждениях все время шла речь об осредненных годовых значениях, характеризующих суточные изменения, но и вариации на каждый момент суток сравнительно редко превышают величины средних амплитуд, приведенных выше для отдельных станций.

В дополнение нашей мысли о связи величины амплитуды с широтой приведем данные Е. В. Кракау [1]), которая в результате своих исследований в этой области приходит к эмпирической формуле для склонения:

$$d = (4'92 - 0',024\ r)\ (0{,}6 + \operatorname{tg}\psi)$$

и для определения амплитуды горизонтальной составляющей:

$$d' = (18^{\gamma},8 + 0^{\gamma},2\ r)\ (2 - 1{,}09 \cos 2\ \psi_1 + \cos 4\ \psi),$$

где ψ и ψ_1 — магнитная широта, определяемая из соотношения $2 \operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg} i$, r — число солнечных пятен на данный год, i — магнитное наклонение для места, в котором находится величина амплитуды. Как известно, магнитная широта не очень сильно отличается от географической, и из этих формул очевидна зависимость изменения амплитуды суточных колебаний H и D от широты места наблюдения. В такой же математической форме можно, повидимому, вывести зависимость для амплитуды Z, но вдаваться в это исследование нам нет необходимости. Для целей магнитной разведки целесообразнее подойти с другой стороны, а именно — по пути характеристики вариаций в зависимости от наибольших амплитуд.

Разбирая вопрос в этом направлении, я составил несколько таблиц для того, чтобы легче ориентироваться в имеющемся огромном эмпирическом материале.

Табл. 1 дает характеристику суточных вариаций вертикального напряжения по числу дней в месяце, имеющих максимальные амплитуды, находящиеся в определенных пределах. При этом данные взяты для магнитных станций, находящихся на различных широтах и долготах СССР.

Для станции Тбилиси пришлось взять данные за 1904—1906 гг., так как за годы 1926—1928, как это сделано для станций Слуцка, Свердловска, Иркутска данных получить не удалось. В табл. 1, в горизонтальной строке, проставлено число дней каждого месяца, в которые наблюдались максимальные амплитуды в течение суток: 0—15 гамм, 15—30 гамм и т. д. Например, в январе (I) 1926 г. по данным Слуцкой магнитной обсерватории, наблюдались максимальные амплитуды от 0 до 15 гамм в течение 5 дней; от 15 до 30 гамм — 2 дня; от 30 до 60 гамм — 7 дней; от 60 до 120 гамм — 5 дней и выше 120 гамм — 5 дней; для того же года и месяца, но по данным магнитной обсерватории Свердловска, было 9 дней с амплитудами до 15 гамм; 14 дней с амплитудами в пределах от 15 гамм до 30 гамм и т. д.

По этой таблице составлена табл. 2, в которой суммированы те же данные но за целый год для тех же станций, причем в горизонтальной строке для каждого года дано число дней в году с максимальными амплитудами от 0 до 15 гамм

[1]) „О суточном ходе горизонтальной составляющей". Журнал геофизики и метеорологии, т. V, вып. 4, 1928 г. и „Исследование амплитуды суточного хода магнитного склонения", там же, 1925 г., вып. 2.

Таблица 1

Характеристика суточных изменений вертикальной составляющей магнитного поля по количеству дней в месяце с максимальными амплитудами от 0 до 15$^{\gamma}$, от 15 до 30$^{\gamma}$, от 30 до 60$^{\gamma}$ и т. д. для разных магнитных станций СССР

Год	Месяц	Слуцк					Свердловск					Иркутск					Год	Тбилиси				
		Амплитуда в γ					Амплитуда в γ					Амплитуда в γ						Амплитуда в γ				
		0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше	0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше	0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше		0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше
1926	I	6	2	7	5	5	9	14	5	2	1	13	14	3	1	—	1904	27	4	—	—	—
	II	3	1	3	13	4	4	8	13	1	2	15	12	1	—	—		24	4	—	—	—
	III	—	4	10	12	5	—	14	12	3	1	11	16	4	—	—		5	26	—	—	—
	IV	—	8	8	9	5	—	17	8	4	1	3	20	6	—	1		—	27	3	—	—
	V	—	15	5	8	3	3	17	9	2	—	17	4	2	—	—		—	27	2	—	—
	VI	2	13	10	3	2	—	23	5	1	1	15	9	2	—	—		—	27	3	—	—
	VII	1	19	8	2	1	1	18	10	1	—	26	3	1	—	—		—	27	4	—	—
	VIII	4	12	7	4	2	10	12	9	—	—	23	7	—	—	—		—	29	2	—	—
	IX	5	7	4	6	8	6	10	9	4	1	20	7	1	2	—		9	21	—	—	—
	X	9	8	7	2	4	10	13	3	2	2	16	12	1	1	—		12	19	—	—	—
	XI	17	6	4	1	2	23	4	2	1	—	29	—	1	—	—		25	5	—	—	—
	XII	17	6	5	2	1	21	6	3	1	—	24	7	—	—	—		29	2	—	—	—
1927	I	12	11	3	3	2	18	9	2	2	—	27	4	—	—	—	1905	18	21	1	—	—
	II	13	11	12	1	1	12	8	8	—	—	24	4	—	—	—		6	21	1	—	—
	III	2	7	12	1	9	7	14	5	5	—	15	16	—	—	—		—	28	3	—	—
	IV	2	12	7	7	2	4	16	7	2	1	7	19	2	2	—		—	26	4	—	—
	V	—	16	9	4	2	—	23	6	2	—	25	5	—	1	—		—	25	6	—	—

Продолжение табл. 1

Год	Месяц	Слуцк					Свердловск					Иркутск					Год	Тбилиси				
		Амплитуда в γ					Амплитуда в γ					Амплитуда в γ						Амплитуда в γ				
		0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше	0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше	0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше		0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше
1927	VI	1	20	6	3	—	5	22	3	—	—	28	2	—	—	—	1905	—	27	3	—	—
	VII	1	19	10	—	1	1	26	2	—	1	11	1	—	—	—		—	26	5	—	—
	VIII	3	16	6	3	3	6	20	2	2	1	—	—	—	—	—		—	25	6	—	—
	IX	3	9	10	6	2	5	15	8	2	—	—	—	—	—	—		2	26	2	—	—
	X	2	11	4	8	6	12	7	8	3	1	—	—	—	—	—		—	28	3	—	—
	XI	19	7	3	1	—	25	3	2	—	—	27	3	—	—	—		15	11	4	—	—
	XII	14	9	2	2	3	16	9	4	2	—	25	4	2	—	—		28	2	1	—	—
1928	I	15	12	3	1	—	23	7	1	—	—	30	—	1	—	—	1906	27	4	—	—	—
	II	7	13	9	—	—	18	11	—	—	—	26	2	—	—	—		12	15	1	—	—
	III	5	19	3	2	2	3	24	3	—	1	18	12	1	—	—		—	23	8	—	—
	IV	4	13	8	3	2	2	21	7	—	—	1	29	1	—	—		—	20	10	—	—
	V	1	13	6	5	6	1	16	10	2	2	—	22	7	1	1		—	21	10	—	—
	VI	1	9	10	7	3	1	18	9	1	1	1	20	2	—	—		—	27	3	—	—
	VII	—	9	14	7	1	1	19	10	—	1	2	27	2	—	—		—	20	11	—	—
	VIII	6	13	7	1	4	6	20	1	4	—	20	7	4	—	—		—	26	5	—	—
	IX	4	8	9	2	6	8	14	3	4	1	13	13	4	—	—		—	29	1	—	—
	X	2	11	13	3	2	7	18	4	1	1	16	13	1	—	1		—	30	1	—	—
	XI	9	8	4	5	4	9	13	5	3	—	18	8	2	—	—		17	13	—	—	—
	XII	13	11	6	—	1	17	12	1	—	—	23	4	—	—	—		25	4	2	—	—

Таблица 2

Характеристика изменений вертикальной составляющей магнитного поля по максимальным амплитудам в течение суток

Станция		Слуцк					Свердловск					Иркутск					Станция	Тбилиси				
Широта		$\varphi = 59°41'$					$\varphi = 56°50'$					$\varphi = 52°28'$					Широта	$\varphi = 41°8'$				
		Амплитуда в γ					Амплитуда в γ					Амплитуда в γ						Амплитуда в γ				
Год		0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше	0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше	0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше	Год	0—15	15—30	30—60	60—120	120 и выше
1926	Дней	64	101	78	67	42	87	156	88	22	9	212	110	22	4	1	1904	131	220	14	—	—
	%	18	30	22	18	12	23	44	23	6	2,5	61	31,5	6,3	1,1	0,3		36	61	3	—	—
	Итого в %	48					67					32,5						97				
1927	Дней	62	149	84	39	31	111	172	57	20	4	189	58	4	3	—	1905	69	258	38	—	—
	%	17	41	23	10	8,5	30	47	16	5,5	1,1	76	22	1	1	—		19	71	10	—	—
	Итого в %	58					77					98						90				
1928	Дней	67	139	92	36	31	86	192	54	15	7	167	157	25	1	1	1906	81	232	52	—	—
	%	18	38	25	10	9	24	54	16	4	2	48	44	7	0,3	0,3		22	64	14	—	—
	Итого в %	56					78					92						86				
1909	Дней	135	123	53	27	27											1907	68	238	59	—	—
	%	37	34	15	7	7												19	65	16	—	—
	Итого в %	71																84				
																	1913	188	166	12	—	—
																		51	45	4	—	—
																		96				
Средний		23	36	21	11	9	26	47	19	5	3	62	32	5	1	—	Средний	30	61	9	—	—
%		59					73					94					%	91				

от 15 до 30 и т. д. Ниже дается в процентах количество дней в году с максимальными амплитудами в пределах от 0 до 30 гамм и, наконец, в итоге дается среднее количество дней с максимальными амплитудами от 0 до 30 гамм за несколько лет.

Из рассмотрения табл. 1 и 2 мы можем сделать вывод, что чем меньше широта места наблюдений, тем меньше дней с значительными амплитудами вариаций горизонтальной силы. Действительно, из 1200 дней:

1) Для Слуцка ($\varphi = 59°41'$)

	Гамм	Дней в %
с амплитудами	0—30	59
„	30—60	21

2) Для Свердловска ($\varphi = 56°50'$)

	Гамм	Дней в %
с амплитудами	0—30	73
„	30—60	19

3) Для Иркутска (Зуй — $\varphi = 52°28'$)

	Гамм	Дней в %
с амплитудами	0—30	94
„	30—60	5

4) Для Тбилиси (Кирсань — $\varphi = 41°8'$) из 5 лет:

	Гамм	Дней в %
с амплитудами	0—30	91
„	30—60	9

Для широты Тбилиси нет ни одной амплитуды выше 60 гамм за период 5 лет, причем в графе 30—60 гамм большинство амплитуд колеблется в пределах 30—45 гамм.

Это рассмотрение наводит на следующие весьма существенные выводы при обработке магнитных съемок в широтах СССР.

1. При обработке наблюдений вертикального напряжения магнитного поля в широтах выше 60, т. е. в северных областях, необходимо вводить поправки за вариации в особо бурные дни, если мы желаем получить точность результата измерений не менее ±400 гамм. Это следует из того, что для Слуцка (Ленинград) дни с максимальными амплитудами вариаций вертикальной составляющей выше 120 гамм составляют 9% из всего числа дней. Дальше на север, в связи с увеличением широты число таких дней и интенсивность магнитных возмущений должны увеличиваться.

2. В широтах от 54 до 42° во всех случаях, когда магнитная съемка не преследует получения точности определения вертикальной составляющей выше ± 20 гамм, можно пренебречь вариациями. В этом случае необходимо ввести поправки за „бурные" дни, когда амплитуда вариаций превышает 20—30 гамм. Таких дней, как видно из табл. 1 и 2, будет не более 5% из числа проработанных. Если имеется возможность получить от ближайшей магнитной обсерватории сведения о величине вариаций в такие дни, то обработку возможно закончить в полевых условиях, что особенно существенно.

3. Желая частично освободиться от вариаций или упростить процесс их введения, но не желая быть в зависимости от обсерваторий или необходимости установки вариационных станций, можно рекомендовать их введение по среднегодовому суточному ходу. При этом данные о суточном ходе ближайшего года необходимо взять от обсерватории, находящейся по широте, близкой к широте места магнитной разведки. Этот способ в отдельных случаях может повысить точность определений элементов магнитного поля. При этом можно воспользоваться или графиком суточного хода за ближайший год или заранее вычислить следуемые поправки на близкие моменты наблюдений.

Наряду с этими соображениями, если желательно повысить точность определения элементов магнитного поля путем частичного исключения вариаций, можно предложить способ частичного исключения их путем производства повторных

Таблица 3

Характеристика суточных изменений горизонтальной составляющей по количеству дней в месяце с максимальными амплитудами в течение дня от 0 до 15 γ; от 15 до 30 γ; от 30 до 60 γ и т. д. по магнитным станциям СССР

Месяц	Слуцк ($\varphi = 59°41'$)					Свердловск ($\varphi = 56°50'$)					Иркутск ($\varphi = 52°28'$)					Тбилиси ($\varphi = 41°08'$)				
	1928					1928					1928					1913				
	Амплитуда в γ					Амплитуда в γ					Амплитуда в γ					Амплитуда в γ				
	0—15	15—30	30—60	60—120	Выше 120	0—15	15—30	30—60	60—120	Выше 120	0—15	15—30	30—60	60—120	Выше 120	0—15	15—30	30—60	60—120	Выше 120
I	—	17	10	4	—	—	20	9	2	—	—	14	16	—	1	3	20	3	5	—
II	1	6	14	7	1	—	11	18	—	—	—	7	19	1	—	6	14	7	1	—
III	—	3	16	10	2	—	5	22	4	—	—	1	21	5	1	1	19	9	2	—
IV	—	—	11	19	—	2	17	11	—	—	—	15	15	—	—	—	10	17	2	1
V	—	—	3	18	10	—	—	15	11	5	—	3	24	3	1	—	10	21	—	—
VI	—	—	2	22	6	—	—	8	18	3	—	—	10	14	1	наблюдений нет				—
VII	—	—	6	22	3	—	—	18	11	2	—	—	14	13	3	—	19	12	—	—
VIII	—	—	12	15	4	—	2	20	8	1	—	2	17	10	2	—	7	24	—	—
IX	—	1	8	16	5	—	—	16	13	1	—	1	11	15	3	—	7	20	3	—
X	—	—	13	16	2	—	5	14	10	2	—	2	18	8	3	1	15	11	4	—
XI	—	8	8	11	3	—	12	9	9	—	—	6	12	8	2	11	13	6	—	—
XII	—	12	11	7	1	—	13	15	3	—	—	13	11	—	1	6	16	9	—	—
%	0,3	13 / 44	31	46	10	0,5	23 / 70	47	24	4	—	18	54 / 72	23	5	8	45 / 95	42	5	—

наблюдений. Весь вопрос заключается в том, чтобы в один день произвести повторение наблюдений по линиям съемки. Желательно получить несколько (два, три) повторных наблюдения на каждой из линий съемки, например, по концам и в середине. Имея в такой системе произведенные повторные наблюдения по ряду съемочных линий, нетрудно заметить разницу в значениях интересующего нас элемента магнитного поля до и после повторения, происходящую за счет вариаций, и ввести соответствующие поправки. Этот способ применим в случае производства площадной магнитной съемки при магнитной разведке.

При площадной магнитной съемке, произведенной мною в 1933 г. на широте 55° в Западной Сибири, измерения вертикальной составляющей на двух участках были обработаны без введения поправок за суточные вариации. Общее количество наблюдений по одному участку было 400, по другому 600, повторных определений произведено на обоих участках 80. Средняя погрешность определения ΔZ из повторных наблюдений была получена для одного участка ±12 гамм, для другого ±8 гамм.

Все предыдущие рассуждения относились преимущественно к вариациям вертикальной слагающей магнитного поля земли. Представляется интересным посмотреть, каковы по величине вариации горизонтальной слагающей. Как показывает рис. 1, среднегодовые вариации горизонтальной составляющей имеют бо́льшую амплитуду изменений, чем вариации вертикальной слагающей. Это же заключение следует и из рассмотрения табл. 3, составленной таким же путем, как и табл. 1 и 2. Для характеристики вариаций горизонтальной составляющей взяты максимальные амплитуды их в течение суток. Для каждого месяца года подсчитано число дней, в которые максимальная амплитуда имеет величину от 0 до 15 гамм, от 15 до 30 гамм и т. д. Такой подсчет произведен по данным магнитных обсерваторий Слуцка (Ленинград), Свердловска, Иркутска и Тбилиси (Кирсань). В результате произведен подсчет в процентах числа дней в течение года, в которые максимальная амплитуда достигает величины от 0—15 до 15—30 гамм, от 30 до 60 гамм, от 60 до 120 и выше 120 гамм.

Сравнивая табл. 3 с табл. 1 и 2, можем сделать следующие выводы:

1. Суточные вариации горизонтального напряжения более значительны по амплитуде, нежели вариации вертикального напряжения.

2. Величина амплитуды вариаций горизонтальной составляющей меньше зависит от широты, в пределах СССР, чем амплитуда вариаций вертикальной составляющей. Действительно, лишь на широте Тбилиси ($\varphi = 42°8'$) вариации горизонтальной составляющей значительно уменьшаются по величине амплитуды колебаний, сравнительно с аналогичными значениями в Слуцке, Свердловске, Иркутске.

Сравнивая количество дней в году с максимальными амплитудами вариаций для вышеперечисленных обсерваторий, видим:

1) для станций Иркутск, Свердловск, Слуцк количество дней в году с величиной амплитуд выше 120 гамм составляет 5%, доходя в Слуцке до 10%;

2) количество дней в году с амплитудами от 60 до 120 гамм для Иркутска составляет 23%, для Свердловска 24%, для Слуцка 46% и для Тбилиси 5%.

Из этого следуют следующие выводы.

1. В широтах севернее 45° необходимо учитывать суточные вариации во всех случаях (при производстве определений горизонтальной слагающей магнитного поля), когда мы желаем получить точность определения выше ±100 гамм.

2. В широтах южнее 45° можно вариациями горизонтальной компоненты пренебрегать, если точность определений может быть принята в пределах ±60 гамм. В случае, когда мы желаем получить точность определения горизонтальной составляющей выше ±40 гамм, необходимо учесть суточные вариации.

При разведке слабомагнитных объектов редко когда можно допустить точность определения горизонтальной составляющей меньше ±40 гамм, а поэтому в большинстве случаев необходимо вводить поправки за вариации. Влияние вариаций горизонтального напряжения осложняется тем, что максимальные амплитуды суточных изменений магнитного поля происходят в рабочую часть дня. Поэтому

мы не можем рассчитывать, что какая-то часть этих изменений может исключаться за счет нерабочей части суток.

Закономерность суточных изменений горизонтального напряжения позволяет сделать заключение о возможности частичного исключения, путем введения поправок в измеренные величины по среднегодовому суточному ходу. Способы частичного исключения вариаций изложены выше, при разборе вариаций вертикального напряжения. Эти способы оказываются применимыми и в данном случае. В случае производства магнитных наблюдений вдали от магнитных обсерваторий, регистрирующих вариации, возникает вопрос о том, по какому времени их вводить — по одному физическому моменту их регистрации на станции или по солнечному (местному) времени места производства наблюдений.

Обращаясь к рис. 1 и сравнивая характер суточных вариаций для станций, расположенных на различных долготах, мы видим, что этот характер совершенно аналогичен. Время для построения графиков принято местное (солнечное) для каждой станции. Отсюда можно сделать заключение, что поправки за вариации необходимо вводить по местному времени того пункта, где производятся определения элементов магнитного поля. Этот вывод находит свое подтверждение и в существующих теориях о том, что суточные вариации связаны с влиянием на состояние магнитного поля земли солнечного излучения. Исключением являются непериодические возмущения (так называемые магнитные бури).

Обращаясь по этому поводу к специальным источникам, мы находим у А. Н. Заборовского[1]) на стр. 163 следующую мысль:

„Изменения магнитного поля экваториального кольца земли Бирислянд считает причиной магнитных возмущений, охватывающих весь земной шар, а в спиральных полярных поясах он видит причины возмущений высоких широт и полярных сияний". По этому же вопросу Н. Н. Трубятчинский[2]) пишет:

„Изучение записей магнитографов различных обсерваторий во время магнитных возмущений указывает на то, что очагами магнитных возмущений являются полярные области, а распространение бурь на более низкие широты связано с их интенсивностью. Наиболее сильные возмущения (магнитные бури) охватывают обычно весь земной шар, а изучение и сопоставление деталей таких возмущений по записям различных магнитных обсерваторий показывают, что характерные импульсы отмечаются одновременно в один физический момент на всем земном шаре".

Из приведенных выдержек следует, во-первых, что магнитные бури наиболее интенсивны в высоких широтах, а во-вторых, что их учет необходимо вести по одному физическому моменту времени со станцией, дающей регистрацию изменений магнитного поля.

Таким образом, мы в результате разбора вопроса о суточных изменениях пришли к выводам, что иногда они не могут служить препятствием для доведения обработки магнитных наблюдений до конца в поле. Но во многих случаях для получения точных определений элементов магнитного поля учесть эти поправки необходимо.

Резюме

В магнитной разведке в процессе измерений и обработки большое внимание уделяется учету суточных изменений (вариаций) магнитного поля. Произведя сопоставление максимальных амплитуд суточных изменений магнитного поля за ряд лет и по ряду магнитных обсерваторий, автор приходит к выводам, которые в некоторых случаях позволяют частично исключить влияние суточных изменений или не вводить поправки вследствие их незначительной величины. Выводы могут быть охарактеризованы следующим образом:

1. Величина амплитуд суточных изменений магнитного поля для вертикальной компоненты убывает с уменьшением широты места наблюдения. Эта закономерность наблюдается для средних широт СССР.

[1]) А. Н. Заборовский, Земной магнетизм, 1932.

[2]) Н. Н. Трубятчинский, Земной магнетизм и магнитная разведка, 1934, стр. 195.

2. Исходя из незначительной величины максимальных амплитуд суточных изменений вертикальной компоненты магнитного поля, возможно не вводить поправки за вариации в случае измерений вертикальной составляющей магнитного поля в средних широтах (от 42 до 54° северной широты) СССР, если мы можем ограничиться точностью результата измерений и обработки ±20 гамм [1]).

3. В широтах севернее 54° необходимо учитывать суточные изменения магнитного поля, если результат измерений и обработки желательно получить с точностью не ниже ±40 гамм, для вертикального напряжения. В случае измерений горизонтального напряжения поправки за вариации необходимо учитывать при наблюдениях на всей территории СССР, если мы желаем получить результат измерений и обработки с точностью не ниже ±40 гамм.

Summary

In magnetic prospecting the diurnal variations of the magnetic field are most carefully noted in the process of measurement and verification of data obtained. Having compared the maximum amplitudes of diurnal variations of the magnetic field for a number of years at many magnetic observatories, the author comes to conclusions which in some cases permit to partially eliminate the influence of diurnal variations, or not to introduce corrections on account of their insignificant magnitude.

The conclusions of the author may be characterised as follows:

1) The values of the amplitudes of the diurnal variations of the magnetic field for the vertical component decrease with the diminution of the latitude of the place of observation. This regularity is observed in the middle latitudes of the USSR.

2) Considering the insignificant magnitude of the maximum amplitudes of the diurnal variations of the vertical component of the magnetic field, it is possible not to introduce any corrections for variations in the case of measurement of the vertical component of the magnetic field in the middle latitudes (from 42° to 54° N. L.) of the USSR, if we can confine ourselves to an approximation of ±20 gammes in the results of measurements and verifications.

3) In latitude higher than 54° N it is necessary to take into account the diurnal variations of the magnetic field if we wish to obtain results of measurements and verifications with a precision not under ±40 gammes for the vertical intensity. In cases of measurements of the horizontal intensity it is necessary to introduce corrections depending on variations in observations in every part of the USSR, if we desire to obtain results of measurements and verifications with a precision not under ±40 gammes.

[1]) В настоящее время магнитными обсерваториями издаются десятидневные обзоры космических данных, в которых указывается степень возмущенности земного магнитного поля за каждый час каждого дня. Следует пользоваться этими обзорами для выяснения того, в какие дни в период полевых работ имели место значительные магнитные возмущения и затем вводить поправку за вариации в наблюдения, произведенные в эти „бурные" дни.

Ответств. редактор *Н. И. Архипович.* Технич. редактор *Б. П. Спиро.*
Корректор *А. И. Исаева.*

Сдано в набор 29/VIII 1938 г. Подписано к печати 21/XII 1938 г. Тираж 1000. Формат бумаги 72 × 110. Горьковской фабрики. Учетно.-авт. листов 12,26. Печ. листов $8^{1}/_{8}$. Бум. лист. $4^{1}/_{16}$ + 4 вкл. Кол. печ. знак. в бум. листе 139.200. Заказ № 686.
Леноблгорлит 5397.

4-я тип. ГОНТИ «Красный Печатник», Ленинград, Международный пр., 75а.