

УДК 550.385.26

Ш. Г. АКОПЯН, Л. А. АХВЕРДЯН

СОЛНЕЧНО-СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ И ИХ ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПО ДАННЫМ МАГНИТНОЙ СТАНЦИИ «ГЯРД» (АРМЯНСКАЯ ССР)

Переменное магнитное поле можно представить суммой ряда периодических и непериодических изменений его, вызываемых различными причинами, обусловленными процессами, происходящими как внутри, так и вне Земли.

Переменное магнитное поле Земли является геометрической разностью между наблюдаемой величиной напряженности магнитного поля и средним его значением за какой-либо длительный промежуток времени—месяц, год. Эта разность меняется в разные дни по-разному. Иногда изменения происходят плавно, подчиняясь определенной закономерности, иногда же они имеют беспорядочный характер, когда периоды, амплитуды и фазы непрерывно меняют свое значение [1]. В первом случае изменения или вариации называются спокойными или невозмущенными, а во втором—возмущенными.

Наши знания о переменном магнитном поле расширились, особенно в последние годы, после запусков космических спутников: «Электрон—4», «Эксплорер—26», «Космос—26», «Алуэтт—2», «NMP—2» [2].

Одним из типов вариации переменного геомагнитного поля являются солнечно-суточные вариации.

Впервые регистрации элементов переменного магнитного поля в Армении были начаты с августа 1968 г. нами на Зангезурском динамическом полигоне, связанном с Зангезурским землетрясением 1968 г. Для регистрации элементов на магнитной станции «Гярд» были установлены ИЗМИРАН-4 и Т-варнометр. Одновременно для абсолютных измерений геомагнитного поля были использованы протонные магнитометры ПМ-5, кварцевый магнитометр М-15. Так как регистрация в период 1968—69 гг. была с перерывами и не могла отразить полную картину суточных ходов элементов магнитного поля, то в настоящей работе мы остановились на данных 1970 года.

Цены деления установок на 1970 г. в среднем составили:

$$\varepsilon_H = 0,8 \text{ мин/мм}, \quad \varepsilon_H = 2,8 \text{ гамм/мм.}$$

$$\varepsilon_Z = 2,9 \text{ гамм/мм}, \quad \varepsilon_T = 1,4 \text{ гамм/мм.}$$

Выбранная чувствительность обеспечивала достаточно большой размах записи суточного хода составляющих поля в течение года. С целью исключения случайных ошибок, определение средних значений цен деления установок производилось за длительные сроки, что позволило снизить погрешность определения цен деления до 1—1,5%.

Сравнение лент параллельных установок (маг. ст. «Кафан») показало, что идентичность является достаточно хорошей. Расхождение между синхронно записанными кривыми вариации поля не выходило за пределы погрешностей записи.

Для получения средней картины изменений магнитных элементов в течение суток производили вычисления средних суточных ходов по всем — спокойным и возмущенным дням.

Обработка суточных вариаций заключалась в следующих операциях:

1. Нахождение значений среднечасовых ординат суточного хода каждого элемента поля в *мм*.

2. Перевод (путем умножения на цены деления установок) среднечасовых ординат, выраженных в *мм*, в абсолютные единицы (*гаммы*)

3. Нахождение суточного хода каждого элемента поля как разности между среднечасовыми и среднесуточными значениями. Ординаты снимались визуальным способом с помощью палетки.

Вычисление суточных ходов «по всем» дням производили по среднечасовым значениям одного и того же часа каждых суток для всех дней месяца, а по спокойным и возмущенным дням — по среднечасовым значениям одного и того же часа каждых суток из 5 международных спокойных и 5 международных возмущенных дней.

Выделение временных вариаций проводилось по общезвестной методике. Помимо суточных ходов для каждого месяца выведены средние суточные хода за год и для сезонов: зима, равноденствие и лето.

Результаты обработки магнитограмм по станции «Гярд» приведены на графиках и в таблице 1.

Как видно из фиг. 1, вертикальная составляющая ΔZ имеет минимум в 11 часов и максимум в 6 и 18—19 часов местного времени. Амплитуда вариации в летний период достигла 12 *гамм*, в зимний — 6—8 *гамм*.

Вариации ΔZ по спокойным дням сходны с вариациями ΔZ по возмущенным дням, изменялась лишь амплитуда с 12 *гамм* до 16 *гамм* (летние данные). Характер записи не менялся в течение года.

В суточном ходе горизонтальной составляющей ΔH наблюдается минимум в предполуденные часы и в 19—20 часов местного времени.

Амплитуда летних вариаций ΔH по спокойным дням достигает 20 *гамм*, зимой же соответствующие вариации значительно меньше. Суточные вариации ΔH по возмущенным дням заметно отличаются от вариаций по спокойным дням (фиг. 2).

Суточные вариации полной напряженности ΔT имеют большое сходство с суточными вариациями ΔZ -компоненты и имеют форму простой волны с уменьшением в околополуденные часы. Максимального значения поле достигает летом — 18 *гамм*, а минимального зимой — 6 *гамм*.

После того, как мы имеем значения суточных ходов ΔZ , ΔH , ΔD , ΔT , легко перейти к вычислению суточного хода северной составляющей ΔX , восточной составляющей ΔY , наклоенния ΔI .

Пользуясь формулами:

Таблица 1

Суточный ход ΔD станции Гярд по всем дням

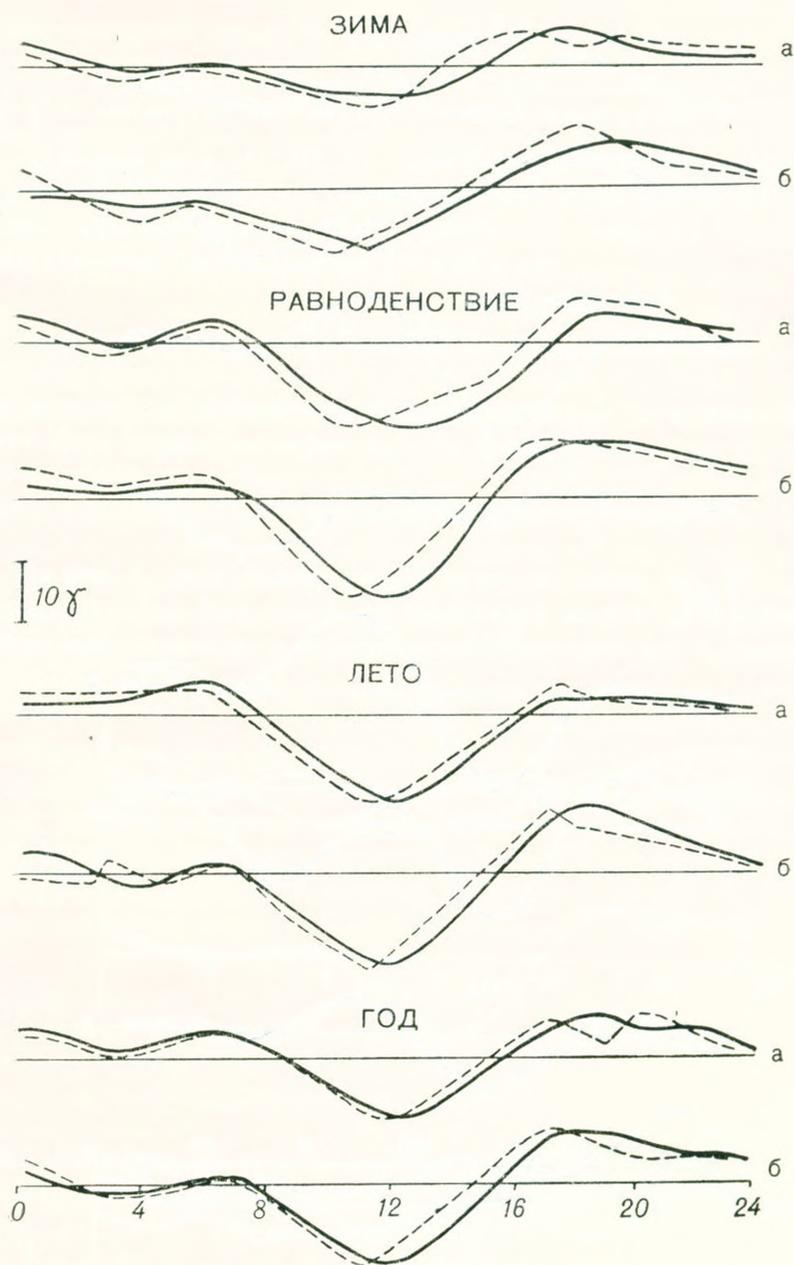
Время моск.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Зима	0,5	0,5	0,5	0,2	0	0	0,1	0,7	0,7	1,2	0,6	-0,5	-1,2	-1,2	-0,6	-0,2	-0,1	-0,1	0	0,2	0,2	0,5	0,7	0,6
Равноденствие	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	1,5	—	3,7	3,0	0,2	-1,2	-3,0	-3,5	-3,1	-2,0	-1,0	-0,4	-0,2	0,1	0,2	0,5	0,7	0,6
Лето	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1,7	2,4	3,0	2,4	1,1	-0,5	-1,9	-2,6	-2,9	-2,6	-1,6	-0,7	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4
Год	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	1,4	—	2,2	1,7	0,5	-1,2	-2,2	-2,5	-2,1	-1,4	-0,6	-0,1	0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,5

Суточный ход ΔD станции Гярд по спокойным дням

Зима	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,7	0,1	0,6	-0,5	-1,4	-1,4	-0,7	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,2
Равноденствие	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,6	1,7	2,6	4,0	3,6	1,5	-1,1	-3,0	-4,0	-3,5	-2,1	-1,0	-0,4	0,4	-0,2	0	0,2	0,2	0,5
Лето	0,4	0,4	0,6	0,6	1,0	2,0	2,6	5,0	3,0	1,5	-0,1	-1,5	-0,2	-3,0	-2,7	-2,0	-1,0	-0,2	0	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Год	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,9	1,5	2,5	2,7	2,1	0,6	-1,1	-2,5	-2,7	-2,4	-1,5	-0,7	-0,4	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,4

Суточный ход ΔD станции Гярд по возмущенным дням

Зима	0,4	0,5	0,2	-0,1	-0,6	-0,7	-0,6	-0,2	0,5	0,9	0,5	-0,7	-1,5	-1,5	-0,9	-0,5	-0,1	-0,1	0,2	0,7	0,9	1,1	1,1	0,6
Равноденствие	1,0	1,1	0,7	0,7	0,7	0,7	1,5	2,5	3,0	2,4	1,0	-1,1	-2,6	-3,1	-2,7	-1,7	-1,1	0	0,2	1,0	1,2	1,6	1,7	1,4
Лето	0,2	0,5	0,7	1,0	1,0	2,4	3,0	—	2,2	1,1	-0,2	-2,1	-3,1	-3,2	-3,0	-2,0	-0,5	0,7	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5
Год	0,5	0,7	0,6	0,6	0,4	0,7	1,2	0,5	2,1	1,5	0,4	-1,4	-2,4	-2,6	-2,1	-1,4	-0,5	0,2	0,4	0,9	1,0	1,1	1,1	0,9



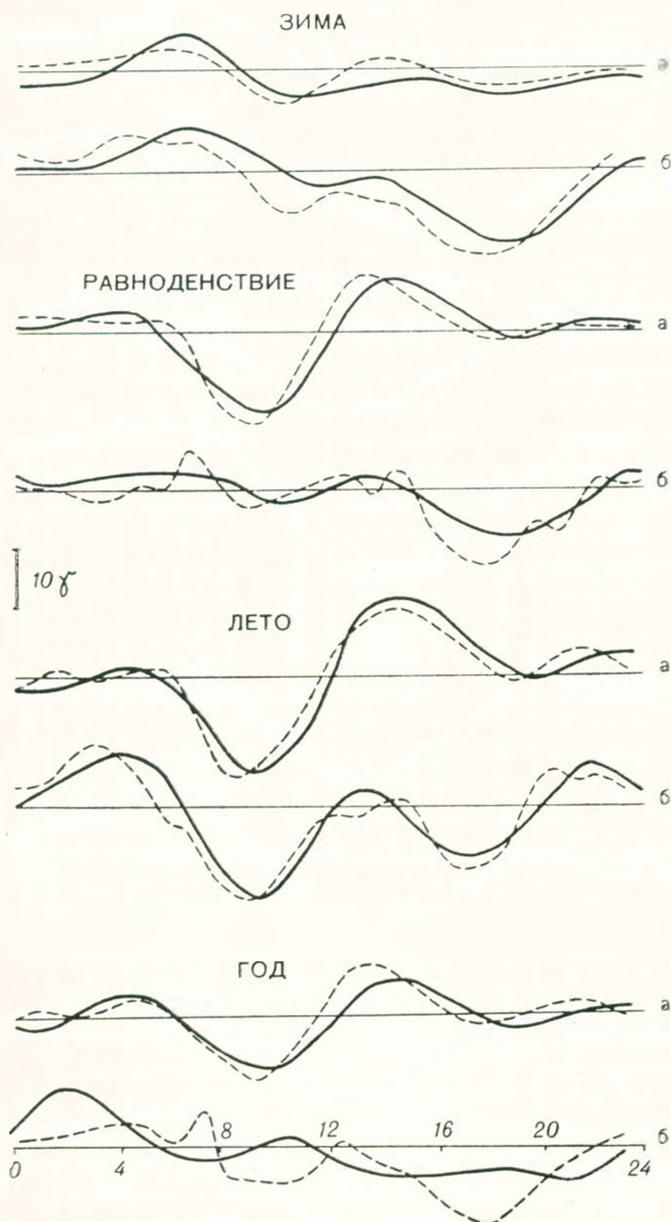
Фиг. 1. Составляющая ΔZ по спокойным (а) и возмущенным (б) дням за 1970 год.

$$\Delta X = A\Delta H - B\Delta D$$

$$\Delta Y = C\Delta H - E\Delta D$$

$$\Delta I = F\Delta Z + G\Delta H$$

и значениями абсолютных измерений на станции „Гярд“, где: $T_0 = 47620 \gamma$, $H_0 = 26760 \gamma$, $Z_0 = 40200 \gamma$, $D = 4^\circ 30'$, $I = 58^\circ 21'$, с помощью применения таблиц логарифмов, определили коэффициенты



Фиг. 2 Составляющая ΔH по спокойным (а) и возмущенным (б) дням за 1970 год. A, B, C, E, F, G, K и L , которые являются постоянными для одного года (1970 г.):

$$\begin{array}{llll}
 A = 0,996 & B = 0,63 & C = 0,786 & E = 7,68 \\
 F = 0,1038 & G = 0,0574 & K = 0,561 & L = 0,844.
 \end{array}$$

Как известно, суточные хода можно представить в виде гармонического колебания [3]:

$$\Delta A = C \sin \frac{2\pi}{T} t$$

где: C — амплитуда колебаний; T — солнечные сутки; t — время.

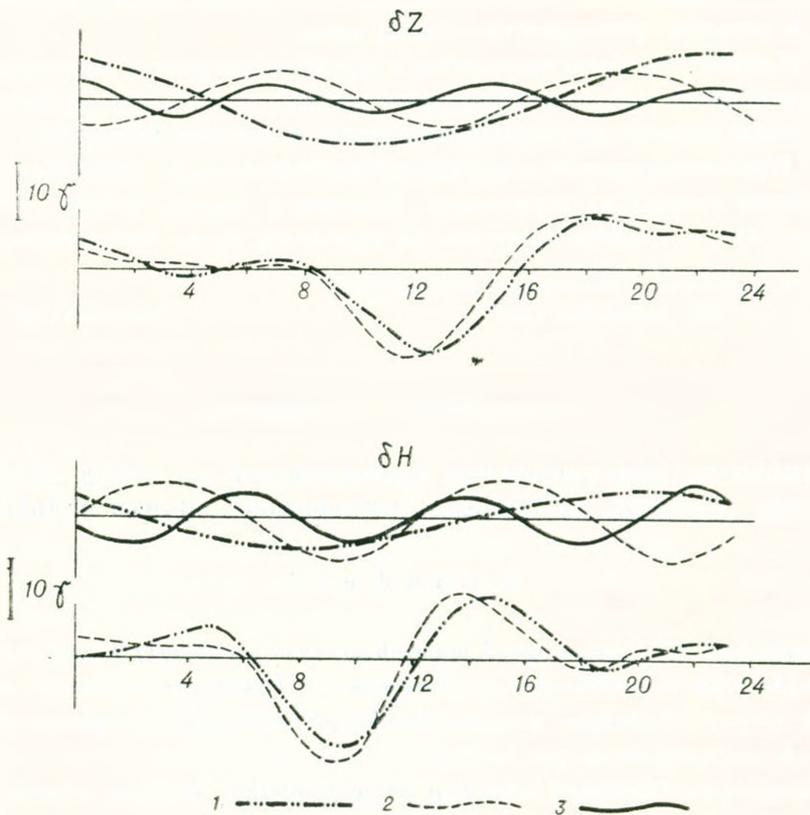
Суточные хода ΔD , ΔH , ΔZ подвергли гармоническому анализу, т. е. их разлагали в ряд Фурье. При разложении в ряд Фурье выражение суточного хода как периодической зависимости с периодом заменяют тригонометрической суммой (считая $T = \pm 2\pi$) или

$$\sum_1 [C_n \sin (nt + \alpha_n)],$$

где: a_n и b_n — коэффициенты Фурье. Амплитуда C_n и фазовый угол α_n могут быть выражены через a_n и b_n формулами:

$$C_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad \operatorname{tg} \alpha_n = \frac{a_n}{b_n}.$$

На фиг. 3 представлены кривые суточных ходов ΔZ , ΔH с гармоническим анализом. Как видно, мы принимали во внимание члены только первых трех гармоник, т. е. разложение проводили для n , равных 1, 2, 3,



Фиг. 3. Суточный ход ΔZ по всем дням с гармоническим анализом: 1—первая гармоника, 2—вторая гармоника, 3—третья гармоника.

так как амплитуды более высоких гармоник оказались незначительными. Было исследовано распределение значений амплитуд гармоник в течение всего года.

Распределение амплитуд первой гармоники у всех компонент может быть аппроксимировано синусоидальным законом с минимумом в период зимнего и максимумом в период летнего солнцестояния.

Указанные закономерности распределения амплитуд основных гармоник суточных вариаций свидетельствуют о наличии регулярного характера их изменений в течение года.

При рассмотрении суточных ходов по возмущенным дням, наблюдается разброс амплитуд, который объясняется сильной возмущенностью поля и связан с неоднородной структурой и особенностями динамических процессов в верхней атмосфере за сутки.

При сопоставлении кривых суммы трех гармоник с исходным наблюдаются смещения во времени примерно на час, это наглядно особенно на суточных ходах по спокойным дням.

Вышесказанное позволяет нам сделать следующие выводы:

1. Впервые на территории Армении получены кривые суточных ходов элементов геомагнитного поля и проведен их гармонический анализ, получена величина переменного геомагнитного поля за период 1970 года по сезонам: равноденствие, лето, зима.

2. Подобные работы проводятся в Армении впервые и могут служить привязкой (основой) при дальнейших магнитометрических работах, одновременно основой для изучения суточных и вековых вариаций.

3. Производственные и научно-исследовательские организации, выполнявшие съемки на территории Армении в период работы станции «Гярд», могут вводить поправки за вариации по ее магнитограммам.

Էնստիտուտի գեոֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմոլոգիայի

ԱՊ Արմյանսկի ԵՄՐ

Ստացվել է 25. X. 1977.

Յ. Գ. ԱՐՅՈՒՅԱՆ, Լ. Ա. ԱՎԵՐԿՅԱՆ

ԱՐԵՎԱԿԱՆԱՅԻՆ ՔՍԱՆՉՈՐՍԺԱՄՅԱ ՎԱՐԻԱՑԻԱՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՀԱՐՄՈՆԻԿ
ԱՆԱԼԻԶԸ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՈՇ «ԳՅԱՐԳ» ՄԱԳՆԵՍՈԱԿԱՆ ԿԱՅԱՆԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐՈՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հայկական ՍՍՀ տարածքում առաջին անգամ կատարվել է արեգակնային վարիացիաների ուսումնասիրում: Ստացված է երկրի փոփոխական մագնիսական դաշտի 24-ժամյա փոփոխությունների բնթացքը՝ հանդիստ, փոթորկալից և սովորական օրերի համար:

Կատարված հարմոնիկ անալիզը ցույց է տալիս, որ 3-րդ հարմոնիկան բավարար է կորի ապրոքսիմացիայի համար:

Ստացված տվյալները հիմք են հանդիսանում ուսումնասիրելու օրական, տարեկան և դարավոր վարիացիաները Հայաստանում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Справочник по переменному магнитному полю СССР. Л., 1945.
2. Шевнин А. Д. Использование результатов наблюдений магнитных обсерваторий для решения задач переменного магнитного поля Земли. М., 1971.
3. Яновский Б. М. Земной магнетизм. Ч. 1. Л., 1967.