Доклады Академии наук СССР
1955. Том 100, № 1

ГЕОФИЗИКА

В. М. МИШИН

ОБ ОСНОВНЫХ ТИПАХ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ

(Представлено академиком Г. А. Гамбурцевым 21 VI 1954)

Выяснение природы геомагнитных возмущений затруднено громадным разнообразием их проявлений. В связи с этим важнейшей задачей на первом этапе исследования магнитной активности является выявление основных типов последней. Это стало особенно ясным после появления работ А. П. Никольского ([1]), который, однако, использовал, главным образом, материалы высокоширотных наблюдений. Нами проделана статистическая обработка *K*-индексов магнитной активности*, снятых по магнитограммам обсерватории Зуй (Иркутск), расположенной в среднеширотной зоне ($\Phi = 41°$), и проведен анализ полученных результатов с привлечением данных трех других среднеширотных станций: Слуцк ($\Phi = 56°$), Ташкент ($+32°$) и Уотеру ($-41°$).

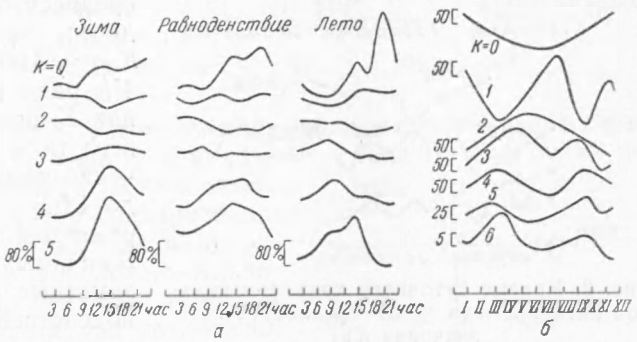


Рис. 1. *а* — суточный ход частоты появления *K*-индексов (в % к среднесуточным значениям); *б* — годовой ход частоты появления *K*-индексов (частоты *K*-индексов за десятилетие 1931—1940 гг.)

1. На рис. 1 представлены кривые годового и суточного хода частоты появления *K*-индексов от 0 до 5, выведенные по данным обсерватории Зуй на 1931—1950 гг. Дробная обработка тех же данных дает аналогичные результаты. Рис. 1 показывает, что как суточный, так и годовой ход частоты появления индексов существенно различается для двух групп индексов: 0 и 2, с одной стороны, и 1, 3, 4, 5, с другой. Так например, $\Gamma(0)$ и $\Gamma(2)$** не имеют равноденственных экстремумов, характерных для корпускулярной активности и индексов второй группы; максимум $\Gamma(2)$ и минимум $\Gamma(0)$ приходятся на середину лета, а время максимума $S(0)$ и минимум $S(2)$ смещаются зимой на часы более ранние, чем летом. В результате обработки данных других станций обнаружено также, что суточный ход по местному времени индексов первой группы протекает аналогично для среднеширотных станций Уотеру, Иркутск, Слуцк и высокоширотной станции Б. Тихая, тогда как Sa других ин-

* *K*-индекс магнитной активности — 3-часовая 10-бальная характеристика амплитуды возмущения.

** Sa и Га — принятые в современной литературе обозначения годового и суточного хода активности. $S(n)$ и $\Gamma(n)$ — годовой и суточный ход частоты появления индексов n.

дексов претерпевают значительные изменения с широтой. Годовой ход частоты появления индексов первой группы для Иркутска ($\Phi = 41°$) и Уотеру ($\Phi = 41°$) протекает противоположно, тогда как Га других индексов в Иркутске и Уотеру совершенно одинаков.

Все эти результаты, как нам кажется, указывают на волновую природу возмущений соответствующих индексам $K = 0$ и $K = 2$.

2. На рис. 2 представлены кривые суточного хода активности отдельных интервалов переходных месяцев (сентября и марта) и Sa групп дней различного уровня активности. Рисунок показывает, что Sa в Иркутске испытывает при переходе от зимы к лету изменения, типичные ([3]) для средних широт. Видно также, что летний и зимний типы Sa отличаются не только временем появления максимума, но и зависимостью от уровня активности. Если амплитуда Sa летнего типа при переходе от дней со среднесуточным значением K-индекса, равным 1, ко дням с $K_{ср} = 4—6$ увеличивается в $1^1/_2$ раза (с 0,66 до 0,92 в единицах K-индекса), то в случае зимнего типа соответствующее увеличение происходит в 5 раз (с 0,35 до 1,63 в тех же единицах). Характерны также изменения формы Sa с возмущенностью, лучше всего заметные при рассмотрении равноденственных кривых. Эти изменения формы, как и изменения амплитуды Sa с ростом возмущенности, совершенно аналогичны изменениям, которые, по А. П. Никольскому ([1]), испытывают «утренняя и ночная» возмущенность при увеличении уровня активности. Аналогичные закономерности были отмечены Н. П. Беньковой ([2]), а также Чепменом и Бартельсом ([3]) на другом материале среднеширотных станций. Это дает основание надеяться, что отмеченная аналогия является общей.

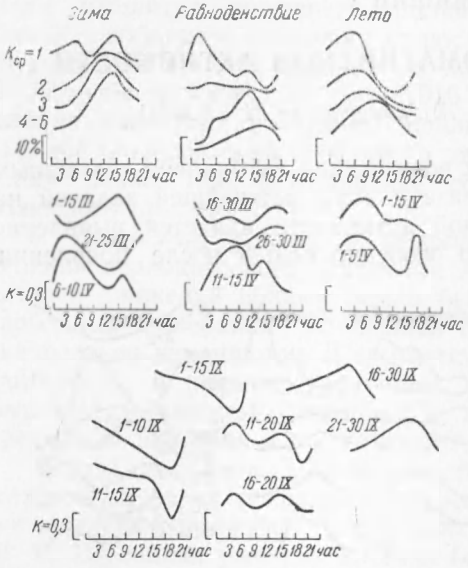


Рис. 2. Кривые суточного хода геомагнитной активности (в % от среднесуточного значения K)

Сходство полученных результатов с результатами Никольского для высоких широт дополняется следующими обстоятельствами. По магнитограммам бурь, отмеченных в обсерватории Зуй (Иркутск) за 1931—1950 гг., были получены кривые St-вариации, характеризующие изменения H-горизонтальной компоненты магнитного вектора по времени бури, причем бури были разбиты на две группы: с началом в первую половину суток (0—12 час. по мировому времени) и во вторую половину суток (13—24 час.). St-вариация выводилась путем исключения из среднечасовых значений H соответствующих значений Sd-вариации. Рассматривались отдельно бури зимы, равноденствия и лета. Затем для проверки было произведено новое разбиение каждой из двух групп бурь так, что получились четыре группы бурь с началами в 0—6, 7—12, 13—18 и 19—24 час. мирового времени. Характерно, что и в этом случае сохранилось иллюстрируемое рис. 3 резкое различие между бурями, начинающимися в первую и вторую половину суток.

Очевидно, полученный результат нельзя приписать геометрии потоков солнечных частиц, ибо последняя, поскольку поток нагоняет Землю с вечерней стороны, давала бы картину, обратную полученной.

Далее по иркутским данным были найдены средние за 20 лет сред-

немесячные значения K-индексов и методом, описанным ниже, получена годовая слагающая Га. В процентах к среднемесячному уровню годовая волна имеет следующие значения:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
97		101		103		104		99		97	

Годовая волна получена как результат вычитания из среднемесячных значений K-индексов полугодовой волны. Полугодовая составляющая находилась осреднением среднемесячных значений активности за I—VI, II—VIII, III—IX, V—XI, VI—XII и вычитанием среднегодового значения активности. Полугодовая слагающая здесь не рассматривается, так как известно, что она обусловлена эффектом Корти ([4]) и, следовательно, не связана с сезонным ходом величины P-вероятности появления геомагнитного возмущения, вызванного потоком корпускул заданной мощности (плотности, скорости, размеров).

Аналогичным путем найдены годовые слагающие сезонного хода частоты индексов $K = 4—9$ отдельно для I и II половин суток по мировому времени. Получены такие значения:

	I II	III IV	V VI	VII VIII	IX X	XI XII
I (0—12ч.) GMT	70	107	127	129	93	71
II(13—24 ч.)	134	96	66	67	104	134

Найдено также, что из 8 трехчасовых интервалов суток 4 первых имеют годовые слагающие Га типа I, а остальные — типа II. Для обеих половин суток равноденствие по уровню активности занимает почти строго срединное положение между летом и зимой; годовые волны I и II протекают противоположно. Аналогичные результаты были получены нами для Слуцка, Уотеру и Ташкента, так что можно, повидимому, считать их характерными для среднеширотной зоны в целом. При этом, как показывает рис. 2 (см. также ([5])), равноденственные изменения формы Sa состоят не в постепенном сдвиге времени максимума Sa, а в затухании одного максимума и развитии другого на новом месте кривой, что не позволяет рассматривать волны I и II как следствие постепенного изменения формы Sa.

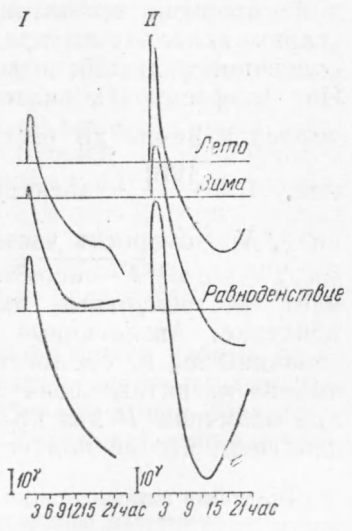


Рис. 3. Кривые St-вариации для I и II половин суток по мировому времени

Поскольку величина P зависит, по крайней мере, от трех аргументов: **M** (магнитный момент Земли), **I** (сила корпускулярных токов) и α (угол между **M** и **I**), а наблюдаемый годовой ход обязан, вероятно, изменениям угла α, из факта, что при $\alpha = 90°$ P принимает не экстремальное, а промежуточное значение, следует, что α не может входить в выражение для P под знаком синуса. Второй результат — противофаза в годовой волне двух типов возмущенности — позволяет предполагать, что соответствующие этим двум типам возмущения вектора **I** антипараллельны и, следовательно, возмущения I и II половин суток по мировому времени вызываются действием частиц разных знаков. В тесной связи с этим находятся, возможно, результаты, полученные недавно В. А. Троицкой ([6]).

3. Вывод о том, что величина P имеет годовой ход с максимумом летом и минимумом зимой, подтверждается также следующим. По данным

обсерватории Зуй за 1931—1950 гг. были найдены частоты K-индексов, осредненные по эпохам максимума и минимума цикла солнечных пятен, и взяты отношения этих значений. Таким путем получены представленные в табл. 1 значения величины Rц — цикловой амплитуды частоты встречаемости высоких K-индексов.

Таблица 1

Цикловые амплитуды магнитной активности

Годы	Зима	Равноденствие	Лето
1937—1939/1933—1934	1,28	1,44	2,25
1946—1948/1944—1945	0,85	1,65	2,52

Как показывают эти данные, величина Rц растет от зимы к лету; в равноденствие Rц имеет промежуточное значение. Такая же тенденция выявлена при обработке K-индексов Слуцка за 1916—1940 гг. и Уотеру за 1940—1947 гг. Подобный результат означает ([7]), что от сезона к сезону меняется средняя жесткость первичной солнечной корпускулярной радиации, ответственной за геомагнитные возмущения. Поскольку жесткость полной солнечной радиации не может иметь регулярного сезонного хода и так как изменения средней жесткости происходят без абсолютного уменьшения интенсивности мягкой компоненты, приведенные данные могут рассматриваться как подтверждение существования годового хода величины P с максимумом летом. Совершенно такие же результаты получаются при вычислении Rц отдельно для I и II половин суток.

4. Была сделана попытка сопоставить полученные результаты с некоторыми выводами, вытекающими из теории Альфвена. Эта теория использует представление о нейтральной ионизированной солнечной радиации и допускает разделение зарядов вблизи Земли. По Альфвену ([8]), поток одноименно заряженных частиц приближается к Земле до расстояния $x_m = 0{,}74\frac{\mu a}{eE}$, где μ, a, e — постоянные, $\mathbf{E} = \frac{[\mathbf{VH}]}{c}$ — электрическое поле вблизи Земли, $\mathbf{H}$ — магнитное поле, $\mathbf{V}$ — скорость частиц. Угол α связан с $\beta = (\widehat{\mathbf{VH}})$ соотношением ([9]) $\sin\beta = \sin\alpha/\sqrt{1 + 3\cos^2\alpha}$. Поэтому в годовом изменении $\sin\beta$ принимает экстремальные значения одновременно с $\sin\alpha$, т. е. в равноденствие. Аналогичные изменения, очевидно, испытывает модуль величины x_m и, следовательно ([8]) сила разрядных токов, ответственных за магнитные возмущения. Таким образом, теория предсказывает для величины P два полугодовых колебания с максимумами в равноденствии, что не подтверждается данными, приведенными выше.

Иркутская научно-исследовательская геофизическая обсерватория им. Вознесенского

Поступило 30 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. П. Никольский, Terr. Magn., 52 (1947). [2] Н. П. Бенькова, Тр. НИИЗМ, 3, 22 и 37 (1948). [3] S. Chapman, J. Bartels, Geomagnetism, Oxford, 1940. [4] Ф. И. Фелицин, Астр. журн., 17, 21 (1940). [5] С. М. Козик, Тр. ТНИГО, 4 (1950). [6] В. А. Троицкая, ДАН, 91, № 2, 243 (1953). [7] М. С. Эйгенсон, Тр. НИИЗМ, 1 (1947). [8] Х. Альфвен, Космическая электродинамика, 1952, стр. 221 и 236. [9] И. Е. Тамм, Основы теории электричества, 1946, стр. 58.