

Я. И. ФЕЛЬДШТЕЙН, П. В. СУМАРУК, Н. Ф. ШЕВНИНА

**К ДИАГНОСТИКЕ АЗИМУТАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ
МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО НАЗЕМНЫМ
НАБЛЮДЕНИЯМ**

(Представлено академиком В. Л. Гинзбургом 29 XI 1974)

В (1) описана тесная линейная связь ежечасных значений вертикальной составляющей Z в обсерватории Туле ($\Phi' \sim 86^\circ$) и азимутальной компоненты межпланетного магнитного поля в околополуденные часы летнего сезона. В (2) показано, что такая связь в Туле существует все часы суток в летний сезон, причем восприимчивость Z к изменению азимутальной составляющей Y_{SE} в солнечно-эклиптической системе координат существенно зависит от времени суток. Авторы проанализировали взаимосвязи величины и направления Y_{SE} с вариациями горизонтальной составляющей (X или H) на обсерваториях северного полушария в магнитно-спокойные периоды (исключались интервалы с $AE > 150\gamma$ и $D_{st} < -10\gamma$).

В табл. 1 для каждого трехчасового интервала мирового времени приводятся коэффициенты корреляции r и их дисперсии σ_r для вариаций Z в связи с Y_{SE} на высокоширотных станциях северного полушария летом 1965 г. Для интервалов с $r < 0,4$, когда $r \leq 3\sigma_r$, в таблице поставлен прочерк. На $\Phi' \sim 86^\circ$ (обсерватории Алерт и Туле) корреляция существует все сутки, на $\Phi' \sim 84^\circ$ (Резольют Бей) наблюдается заметный суточный ход с минимумом в околополуденные и максимумом в околополуденные часы. Уже на $\Phi' \sim 81^\circ$ (Моулд Бей) корреляция охватывает только небольшой интервал суток, причем происходит изменение знака r .

В табл. 2 приводятся уравнения линейной регрессии Z на Y_{SE} , полученные методом наименьших квадратов. Угловые коэффициенты при Y_{SE} характеризуют восприимчивость наземных значений Z к вариации Y_{SE} , а свободный член и его вариации описывают изменения поля, не связанные с Y_{SE} . Значения поля, соответствующие свободному члену, являются уровнем отчета поля вариаций, зависящим от Y_{SE} (нулевой уровень).

Амплитуда изменения восприимчивости в течение суток увеличивается от обсерватории Алерт к обсерватории Резольют Бей, максимум восприимчивости приходится на период между местным и местным геомагнитным полуднем (3).

На рис. 1 приведены изолинии ΔZ (отсчитанные от нулевого уровня) для $Y_{SE} = 6\gamma$ в летние сезоны 1965 и 1966 гг. Наибольшей интенсивности ΔZ достигает в предполуденные часы на $\Phi' \sim 84-85^\circ$. Увеличение ΔZ к 1966 г. следует связать с увеличением проводимости ионосферы вследствие усиления солнечной активности. Знание ΔZ по данным наземных наблюдений позволяет, пользуясь изолиниями, представленными на рис. 1, вычислить величину и направление Y_{SE} в летний сезон 1965 и 1966 г. Зная изменение проводимости в зависимости от УТ в течение суток, от сезона и фазы цикла солнечной активности (4), можно определять Y_{SE} в любой момент времени.

Для вычисления ΔZ необходимо знать вариации нулевого уровня в течение суток, сезона и цикла солнечной активности. На рис. 2 приведены такие вариации летом 1965 г. На $\Phi' \geq 84^\circ$ Z_0 меняется в течение суток

Коэффициенты корреляции между значениями азимутальной составляющей межпланетного магнитного поля Y_{SE} и вертикальной составляющей геомагнитного поля на приполюсных обсерваториях в июле — августе 1965 г.
Время местное

	$r \pm \sigma_r$							
	0—3h	3h—6h	6h—9h	9h—12h	12h—15h	15h—18h	18h—21h	21h—24h
1	$-0,53 \pm 0,10$	$-0,73 \pm 0,06$	$-0,72 \pm 0,06$	$-0,91 \pm 0,02$	$-0,78 \pm 0,05$	$-0,84 \pm 0,03$	$-0,91 \pm 0,02$	$-0,61 \pm 0,08$
2	$-0,6 \pm 0,07$	$-0,58 \pm 0,07$	$-0,76 \pm 0,05$	$-0,68 \pm 0,06$	$-0,92 \pm 0,02$	$-0,95 \pm 0,01$	$-0,86 \pm 0,02$	$-0,78 \pm 0,04$
3	—	—	$-0,58 \pm 0,09$	$-0,61 \pm 0,1$	$-0,7 \pm 0,07$	$-0,81 \pm 0,04$	$-0,81 \pm 0,05$	$-0,69 \pm 0,07$
4	—	—	—	—	$-0,66 \pm 0,08$	$-0,46 \pm 0,11$	—	$0,4 \pm 0,11$
5	—	—	—	—	$-0,49 \pm 0,10$	—	—	—
6	—	—	$0,6 \pm 0,09$	—	$0,62 \pm 0,08$	$-0,65 \pm 0,08$	—	—

Примечание. Обсерватории: 1 — Алерт, 2 — Туле, 3 — Резольют Бей, 4 — Моулд Бей, 5 — Годхавн, 6 — Бейкер Лейк.

Таблица 2

Уравнения линейной регрессии между значениями вертикальной составляющей магнитного поля на приполюсных обсерваториях и Y_{SE} ММП в июле — августе 1965 г.

UT, h	1	2	3
	55000 γ +	50000 γ +	57500 γ +
0—3	$-7,2 \pm 1,4Y + 450 \pm 2$	$-3,2 \pm 0,5Y + 179 \pm 1$	—
3—6	$-7,3 \pm 0,6Y + 461 \pm 1$	$-3,3 \pm 0,4Y + 182 \pm 1$	—
6—9	$-9,0 \pm 0,8Y + 465 \pm 1$	$-7,3 \pm 0,6Y + 178 \pm 1$	$-2,4 \pm 2,4Y + 679 \pm 1$
9—12	$-16,5 \pm 0,4Y + 464 \pm 1$	$-12,2 \pm 1,3Y + 183 \pm 1$	$-5,6 \pm 0,9Y + 682 \pm 2$
12—15	$-17,3 \pm 1,1Y + 440 \pm 1$	$-27,2 \pm 0,8Y + 163 \pm 1$	$-15,0 \pm 1,5Y + 674 \pm 2$
15—18	$-15,0 \pm 0,5Y + 437 \pm 1$	$-25,4 \pm 0,3Y + 164 \pm 1$	$-21,6 \pm 1,1Y + 662 \pm 1$
18—21	$-12,8 \pm 0,3Y + 442 \pm 1$	$-14,0 \pm 0,4Y + 165 \pm 1$	$-25,3 \pm 1,6Y + 662 \pm 3$
21—24	$-10,0 \pm 1,3Y + 442 \pm 2$	$-7,2 \pm 0,4Y + 170 \pm 1$	$-9,7 \pm 1,0Y + 678 \pm 2$

UT, h	4	5	6
	57500 γ +	55000 γ +	60000 γ +
0—3	—	—	—
3—6	—	—	—
6—9	—	—	$4,7 \pm 0,7Y + 403 \pm 1$
9—12	—	—	—
12—15	$-8,6 \pm 1,0Y + 455 \pm 2$	$8,2 \pm 1,7Y + 553 \pm 2$	$9,5 \pm 1,2Y + 412 \pm 2$
15—18	$-6,4 \pm 1,4Y + 481 \pm 3$	—	$5,2 \pm 0,6Y + 373 \pm 1$
18—21	—	—	—
21—24	$6,4 \pm 1,7Y + 425 \pm 3$	—	—

Примечание. 1) Всюду $Y = Y_{SE}$. 2) Обсерватории 1—6 те же, что и в табл. 1.

всего на 20—30 γ , сезонные изменения того же порядка. Суточная амплитуда резко возрастает на $\Phi' \sim 78^\circ$. На этих же широтах максимальна вариация Y_0 и минимальна X_0 . Характер вариаций X_0 , Y_0 , Z_0 дает основание полагать, что они обусловлены токовым вихрем с фокусом на $\Phi' \sim 78-80^\circ$ в послеполюсном секторе, аналогично описанному в (5, 6). Кроме того в суточных изменениях X_0 , Y_0 проявляется также S_q^0 -вариация, имеющая ту же природу, что и S_q -вариации средних широт. Однако в приполюсной области происходит резкое усиление суточной вариации X компоненты S_q^0 .

Количественные соотношения между Y_{SE} и вариациями поля на поверхности Земли, аналогичные приведенным в табл. 2, были получены для трех составляющих поля во всех обсерваториях северного полушария с $\Phi' > 75^\circ$.

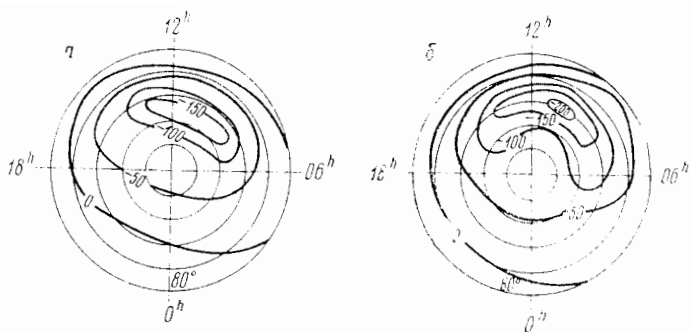


Рис. 1. Пространственно-временное распределение ΔZ в приполюсной области в июле — августе 1965 г. (а) и июле — августе 1966 г. (б) при $Y_{SE}=6\gamma$. Координаты: исправленная геомагнитная широта и местное время

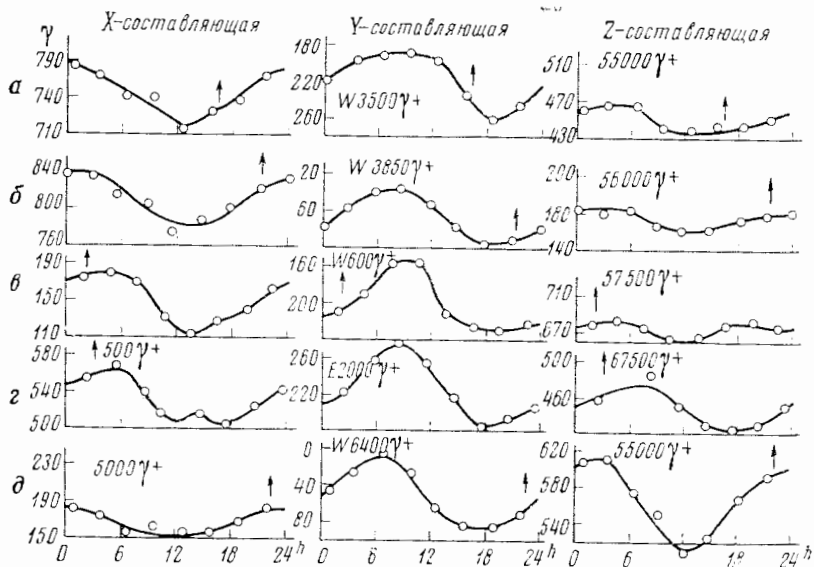


Рис. 2. Вариации уровней отсчета поля на высокоширотных обсерваториях при $Y_{SE}=0$: а — Алерт, б — Туле, в — Резольют Бей, г — Моуд Бей, д — Годхавн. Время местное. Стрелкой отмечен момент геомагнитной полудни

Это позволило вычислить величину вариаций поля на поверхности Земли при фиксированных значениях Y_{SE} . На рис. 3 приведено распределение векторов магнитных вариаций. Там же сплошными линиями нанесены токовые линии эквивалентной системы токов. На дневной стороне на $\Phi' \sim 81^\circ$ наблюдается увеличение горизонтальных векторов, описываемое сгущением токовых линий (полярная электроструя). Ток в струе западного направления при $Y_{SE}=-6\gamma$ и восточного при $Y_{SE}=+6\gamma$. Между токовыми линиями $4,5 \cdot 10^4$ а.

Токовые системы, описывающие DPC (Y_{SE})-вариацию поля и приведенные на рис. 3, схожи с теоретически рассчитанными модельными эквивалентными токовыми системами (⁷). В модели предполагается генерация на широтах дневного каспа электрического поля меридионального направления, тесно связанного с величиной и направлением Y_{SE} . В расчеты входят некоторые параметры: расстояние от полюса до экваториальной и приполюсной границ области существования электрического поля (совпадающей

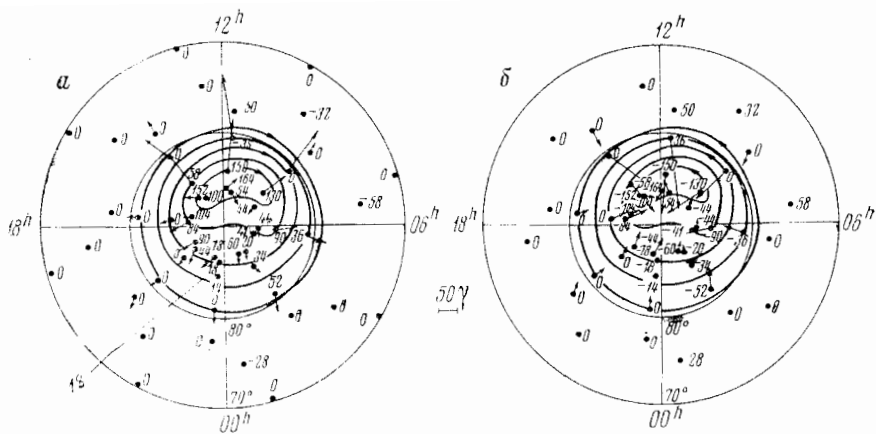


Рис. 3. Пространственно-временное распределение векторов магнитных вариаций в горизонтальной (стрелки) и вертикальной (цифры) плоскостях для июля — августа 1965 г. а — $Y_{SE} = -6\gamma$, б — $Y_{SE} = +6\gamma$. Координаты: исправленная геомагнитная широта и местное геомагнитное время

с приполюсной электроструей), электрический потенциал поперек электроструи. Из экспериментальных данных можно оценить эти параметры. Предполагая, что электроструя является плоским поверхностным током, ее ширина по данным обсерваторий Резольют Бей и Моулд Бей составляет $\sim 6^\circ$ широты, а границы располагаются на $\Phi' = 78,4^\circ$ и $\Phi' = 84,4^\circ$. При этих геометрических параметрах суммарный эквивалентный ток I поперек полосы связан с потенциалом φ_0 соотношением:

$$I = 1,74 \sigma_H \varphi_0 \dots, \quad (1)$$

где σ_H — интегральная холловская проводимость ионосферы.

В июле — августе 1965 г. на $\Phi' = 81^\circ$ в 18–24^h UT, околополуденные часы на обсерваториях Резольют Бей и Моулд Бей, $\sigma_H \sim \sigma_p \sim 7$ мо⁽⁴⁾. Следовательно, из (1) $\varphi_0 \approx 15$ кв. Разность потенциал, приложенная к северной и южной границам хвоста, определяется из соотношения

$$\varphi = \frac{1}{c} v Y_{SE} \cdot D_M \approx 600 \text{ кв}, \quad (2)$$

где $v \sim 400$ км/сек — скорость солнечного ветра, $Y_{SE} = 6\gamma$, $D_M = 25 \cdot 10^9$ см — размер магнитосферы. Таким образом, эффективность проникновения электрического поля из солнечного ветра в полярную ионосферу $\sim 10\%$.

Благодарим Н. Ф. Несса за предоставление данных измерений магнитного поля на спутнике ИМПЗ, полученных через Мировой центр данных А по ракетам и спутникам.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Академии наук СССР
Академгородок Московской обл.

Поступило
22 XI 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ E. Friis-Christensen, K. Lassen et al., J. Geophys. Res., v. 77, 3371 (1972). ² П. В. Сумарук, Я. И. Фельдштейн, Н. Ф. Шевнина, Геомагнетизм и аэрономия, т. 14, № 6 (1974). ³ R. A. Langel, L. Svalgaard, J. Geophys. Res., v. 79, 2493 (1974). ⁴ Я. И. Фельдштейн, А. М. Ляцкая и др., Препринт ИЗМИР АН № 28 (113), 1974. ⁵ Я. И. Фельдштейн, А. И. Зайцев, Космические исследования, т. 6, 155 (1968). ⁶ R. A. Langel, J. Geophys. Res., v. 79, 2373 (1974). ⁷ S. V. Leontyev, W. B. Lyatsky, Plan. Space Sci., v. 22, 811 (1974).