

ПОЛЯРНОСТЬ СЕКТОРОВ МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
И СТРУКТУРА ЗОНАЛЬНОГО ТОКА В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

С.М.Мансуров, Л.Г.Мансурова, Г.А.Тимофеев, А.А.Шабарин

INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD SECTOR POLARITY AND
THE STRUCTURE OF ZONAL CURRENT AT HIGH LATITUDES,

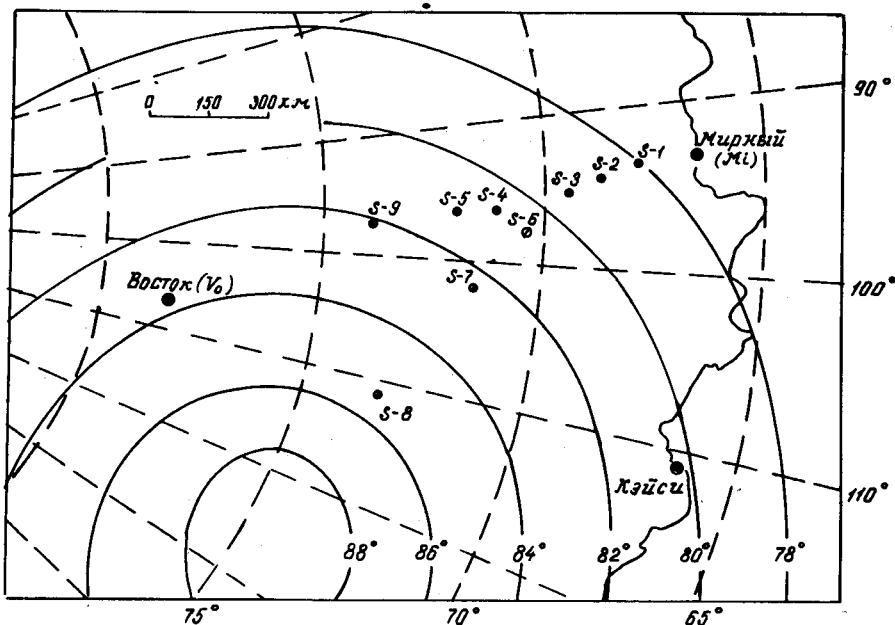
S.M.Mansurov, L.G.Mansurova, G.A.Timofeev, A.A.Shabarin

The analysis of magnetograms of October 1975 obtained from a chain of unmanned magnetovariational stations installed in Antarctic in the latitudinal range of 77-84° according to IMS programme allowed the following preliminary conclusions to be drawn: in a quiet or slightly perturbed magnetosphere the electrojet in the polar ionosphere under the magnetospheric cleft in the south hemisphere is located at greater latitude, the IMF being sunward, than if it is directed away from the Sun. It seems, that the picture is quite the opposite for the north hemisphere.

Распространено представление, что изменение знака B_y -компоненты межпланетного магнитного поля (ММП) вызывает изменение направления зонального электрического тока в высокоширотной ионосфере без перестройки его структуры /1-3/, разумеется, кроме той, которая создает известную асимметрию "утро-вечер" /4,5/. Однако уже давно замечено /6/, что при сопоставлении вариаций геомагнитного поля на поверхности Земли в высоких широтах с полярностью секторов ММП обнаруживается "северо-южная" асимметрия, наглядное представление о которой дает широтное изменение амплитуды поля вариаций в зависимости от знака сектора ММП (см.рис.2 в /7/ и рис.2 в /8/). На основании данных, приведенных на этих рисунках, напрашивался вывод о том, что зональный ток формируется в дневную электрострую под магнитосферной щелью в северном полушарии при положительном секторе ММП, а в южном - при отрицательном. Вывод этот был основан на данных всего лишь двух станций в южном полушарии. В северном полушарии на широтах, где могла формироваться электроструя под магнитосферной щелью при положительной полярности ММП, обсерватории отсутствовали. Позднее на этих широтах в Гренландии была обнаружена аномалия в геомагнитных вариациях /9/, происхождение которой приписано наличию в земной коре тела, обладающего высокой проводимостью и потому концентрирующего индуцированные в Земле токи.

Возникает вопрос, случайно ли такое совпадение? Возможно, что аномальное поведение геомагнитных вариаций в этом районе Гренландии обусловлено частично тем, что при положительной полярности ММП электроструя под магнитосферной щелью располагается именно над этим районом. Ответ на этот вопрос может быть получен авторами /9/ при пересмотре имеющихся у них данных под другим углом зрения.

Известны попытки объяснить северо-южную асимметрию геомагнитного эффекта секторной структуры ММП /8,10/. При этом привлекалась радиальная компонента B_x ММП, оказывающая влияние на топологию высокоширотной магнитосферы.



Р и с. I. Автономные магнитные вариационные станции S I-9, установленные в 1975 г. (●) и в 1976 г. (○) по проекту "Геофизический полигон в Антарктике". Пунктирные линии - географическая координатная сетка, сплошные линии - геомагнитные широты

Отсутствие достаточных экспериментальных данных не стимулировало дальнейшие исследования в этом направлении, хотя хорошо известны некоторые факты, объяснить которые с позиций установившихся представлений о природе вариаций геомагнитного поля в высоких широтах затруднительно. Одним из таких фактов является северо-южная асимметрия сезонных изменений геомагнитного поля в высоких широтах при разной полярности секторов ММП /II/. Можно полагать, что новые экспериментальные данные, полученные в Антарктике, помогут найти объяснение этому явлению.

Для наземного обеспечения программы МММ в южной полярной шапке установлено девять временных станций, работающих без обслуживания в течение года. Станции осуществляют регистрацию вариаций трех компонент геомагнитного поля. Чувствительными элементами их являются магнитостатические системы: постоянные магниты, подвешенные на кварцевых нитях. Запись получается в аналоговой форме на фотошленке шириной 35 мм со скоростью 3 мм/час. Последующее увеличение микрофильма в 6,7 раза дает нормальную магнитограмму, при этом цены деления вариометров становятся (7-15) гамм/мм (1 гамма = 1 нТ). Расположение станций относительно постоянно действующих обсерваторий Мирный, Восток и Кейси, а также относительно геомагнитных широт, исправленных по Густафсону /I2/, показано на карте (рис. I). Координаты, время установки и повторного посещения станций для ревизии указаны в таблице.

Создано две цепочки станций. Первая - на трассе Мирный-Восток (S I-5 и 9), вторая - от бывшей станции Пионерская (S 3) в направлении исправленного геомагнитного полюса (S 3, 6-8). Станции S I-5 (черные кружки) установлены в 1975 г. Две из них (S 2 и 4) проработали нормально в течение года без перерыва, у станций I, 2 и 5 по разным причинам были перерывы в регистрации длительностью от месяца до полугода. После ревизии, осуществленной в 1976 г., все пять стан-

гий проработали в течение года без перерыва. Область расположения станций при суточном вращении Земли попадает в дневные часы под магнитосферную щель. Можно ожидать, что сопоставление магнитограмм станций с данными спутников позволит существенно углубить знания о механизмах взаимодействия между магнитными полями Солнца и Земли. Результаты предварительного анализа магнитограмм, полученных в 1975 г., подтверждают обоснованность такого ожидания.

Таблица

Геомагнитные станции	Координаты				Даты установки		Даты проверки	
	Географические		Геомагнитные		1975г.	1977г.	1976г.	1977г.
	Широта	Долгота	Широта	Долгота				
Мирный	66.5°S	93.0°E	76.9°S	122.9°E				
S -1	67.9	93.8	78.1	120.0	февр.10		февр.1	январь.22
S -2	68.8	94.4	78.8	117.1	февр.15		февр.7	март 3
S -3	69.5	95.4	79.5	115.6	март 5		февр.14	январь.30
S -4	71.1	96.1	80.6	109.0	февр.28		февр.20	февр.3
S -5	72.2	96.6	81.3	104.2	февр.26		февр.22	февр.17
S -6	70.5	98.0	80.6	115.0		февр.4		
S -7	71.6	101.9	82.4	113.0		февр.8		
S -8	73.2	111.0	85.3	111.5		февр.12		
S -9	74.1	97.5	82.2	92.4		февр.13		
Восток	78.5	106.9	83.6	63.8				

На рис.2 показаны изменения среднечасовых значений вертикальной составляющей на обсерватории Восток (V_p), станциях 5,4,2,1 и обсерватории Мирный (M_i) в зависимости от местного магнитного времени (MLT). Среднечасовые значения получены в результате осреднения данных за октябрь 1975 г. для пяти наиболее спокойных дней при межпланетном магнитном поле, направленном от Солнца (А - черные кружки), и для пяти наиболее спокойных дней при ММТ, направленном к Солнцу (Т - светлые кружки). Так как данные спутников для этого периода пока недоступны, дни А и Т определены по вариациям z на обсерватории Восток /13/. При отборе А и Т дней степень геомагнитной активности оценивалась по индексу A_p . В группу А-дней вошли 4,12,13,23 и 30 октября, а в группу Т-дней - 15,18,19,20 и 24. Средняя активность \bar{A}_p для А- и Т-дней оказалась равной соответственно 8,8 и 4,2.

Известно /14/, что магнитосферная щель, с которой может быть связана генерация ионосферной электроструи на дневной стороне, при увеличении магнитной активности смещается в более низкие широты. Данные рис.2 как будто согласуются с этим. Изменение формы суточной вариации z с широтой позволяет заключить, что электроструя в Т-дни находится над станцией s_2 . Об этом свидетельствуют: а) отсутствие на s_2 закономерных изменений v/z , подобных изменениям на станциях s_4 и s_5 , с четким околополуденным минимумом, б) появление на станциях s_1 и M_i в околополуденное время заметного максимума. Напротив, в А-дни во всем диапазоне широт (83,6-76,9°) какие-либо признаки близкого расположения электроструи отсутствуют. Необходимо, следовательно, допустить, что электроструя в А-дни расположена из-за большей активности где-то на меньшей широте, чем широта Мирного (76,9°).

Однако можно показать, что существенное различие в структуре зонального тока в Т- и А-дни, о котором можно судить по данным рис.2, не может быть обусловлено сравнительно небольшим различием ($A_p = 4,2$ и $\bar{A}_p = 8,8$) в магнит-

ной активности. На рис.3 показаны суточные вариации $|Z|$ на станции $S 2$ за 3 октября при T ($A_p = 11$) и за 13 октября при A ($A_p = 7$). В этом случае соотношение магнитной активности в T - и A -дни обратное тому, что имело место для дней, данные которых использованы для построения рис.2. Как видно, и при обратном соотношении активности вариации $|Z|$ за 3 октября не указывают на какой-либо сдвиг электроструи в более низкие широты.

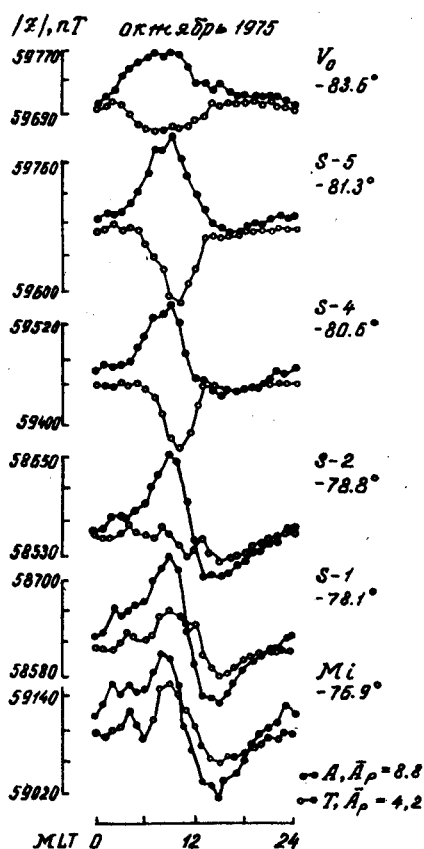


Рис. 2

Наоборот, появление в суточной вариации $|Z|$ за 3 октября на станции $S 2$ некоторого сходства со средней вариацией $|Z|$ на станции $S 1$ (рис.2) указывает на возможное смещение электроструи от станции $S 2$ в более высокие широты. Можно поэтому полагать, что небольшое различие в средней магнитной активности в T - и A -дни (рис.2) не могло явиться причиной существенного различия в структуре зонального тока, обусловленного азимутальной компонентой B_y ММП, и что для объяснения полученного результата следует искать другую причину. Ею может быть, по-видимому, радиальная компонента B_r ММП, влияющая на топологию магнитосферы, как это предполагалось в работах [8,10].

Таким образом, можно сделать следующий предварительный вывод: при спокойном и слабозмущенном состоянии магнитосферы электроструя в полярной ионосфере под магнитосферной щелью в южном полушарии располагается на большей широте при ММП, направленном к Солнцу, чем при ММП, направленном от Солнца. В северном полушарии имеет место обратная ситуация. Такой вывод согласуется с результатом работы [11], в которой показана зависимость сезонных изменений геомагнитного поля в высоких широтах от полярности секторов ММП. Этот

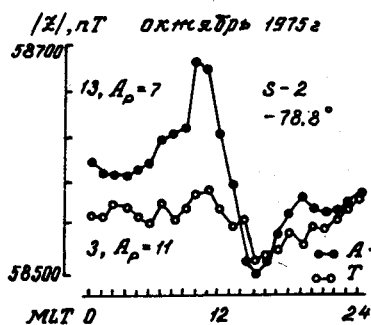


Рис. 3

Р и с. 2. Суточные вариации вертикальной составляющей геомагнитного поля $|Z|$, полученные на антарктической цепочке станций из пяти наиболее спокойных дней октября 1975г. при ММП, направленном к Солнцу (○) и от Солнца (●)

Р и с. 3. Суточные вариации вертикальной составляющей геомагнитного поля $|Z|$ на станции $S 2$ за 3 октября 1975 г. при ММП, направленном к Солнцу, и за 13 октября при ММП, направленном от Солнца

результат может существенно облегчить также интерпретацию северо-южной асимметрии в ходе геопотенциала /15/. Затронутый здесь вопрос имеет фундаментальное значение для понимания механизмов взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой. В его окончательном решении несомненно большую роль будут играть данные антарктической цепочки магнитных станций.

Л и т е р а т у р а

1. A.Nishida. Space Sci.Rev., 1975, v.17, 353.
2. В.М.Мишин. Высокоширотные геомагнитные вариации и суббури. Препринт СибИЗМИР 6-76. Иркутск, 1976.
3. Я.И.Фельдштейн. Сб. "Геомагнетизм и высокие слои атмосферы". М., ВИНТИ, 1976, т.3, 123.
4. В.М.Мишин, А.Д.Базаржапов, Э.И.Немцова, Г.В.Попов, В.В.Шеломенцев. Влияние ММП на магнитосферную конвекцию и электрические токи в ионосфере. Препринт СибИЗМИР № 5-73, Иркутск, 1973.
5. E.Friis-Christensen, J.Wilhjelm. Danish Meteorological Institute, Geophysical papers R-41, København, 1974.
6. S.M.Mansurov, L.G.Mansurova. Program and abstracts for the XV IUGG Assembly, Moscow, 1971, IV-77, 404.
7. С.М.Мансуров, Л.Г.Мансурова. Геомагн. и аэрономия, 1973, т.13, № 5, 794.
8. В.С.Бассоло, С.М.Мансуров, В.П.Шабанский. Сб. "Исслед. по геомагнетизму, аэроном. и физ. Солнца. М., "Наука", 1972, вып.23, 125.
9. J.Wilhjelm, E.Friis-Christensen. Danish Meteorological Institute, Geophysical papers R-35, Charlottenlund, 1973.
10. T.G.Forbes, T.W.Speiser. J.Geophys.Res., 1971, v.70, No 31, 7542.
11. С.М.Мансуров, Г.С.Мансуров, Л.Г.Мансурова. Циклическая вариация геомагнитного эффекта секторной структуры ММП. В сб.: Антарктика. М., 1976, вып.15, 1976.
12. G.Gustafsson. Arkiv for geophysik, 1970, Band 5, No 4, 595.
13. S.M.Mansurov, L.G.Mansurova, V.A.Troitskaya. Program and abstracts for the XV IUGG General Assambly, Moscow, IV-48, 1971.
14. J.L.Burch. J.Geophys.Res., 1972, v.77, No 34, 6696.
15. С.М.Мансуров, Г.С.Мансуров, Л.Г.Мансурова, В.В.Михневич, А.М.Высотский. Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды. Тр. I-го Всесоюзного совещания 30 октября - I ноября 1972 г. Л., Гидрометеиздат, 1974, 271.

Институт земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн АН СССР

Статья поступила
в июне 1977 г.