

УДК 550.385

## СВЯЗЬ МЕЖДУ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И ЗЕМЛИ

*С. М. Мансуров, Л. Г. Мансурова*

Описана морфологическая картина эффекта в геомагнитном поле, обусловленного секторной структурой межпланетного магнитного поля. Приведены оценки величины суточных и сезонных изменений эффекта. Указано, что связанное с ним изменение геомагнитного поля в полярных шапках может быть грубо аппроксимировано зональными системами электрических токов. Направление тока в северном и южном полушариях противоположно и зависит от направления межпланетного магнитного поля. В определенной связи с этим находятся два типа суточных геомагнитных вариаций в полярных шапках. Дается их классификация.

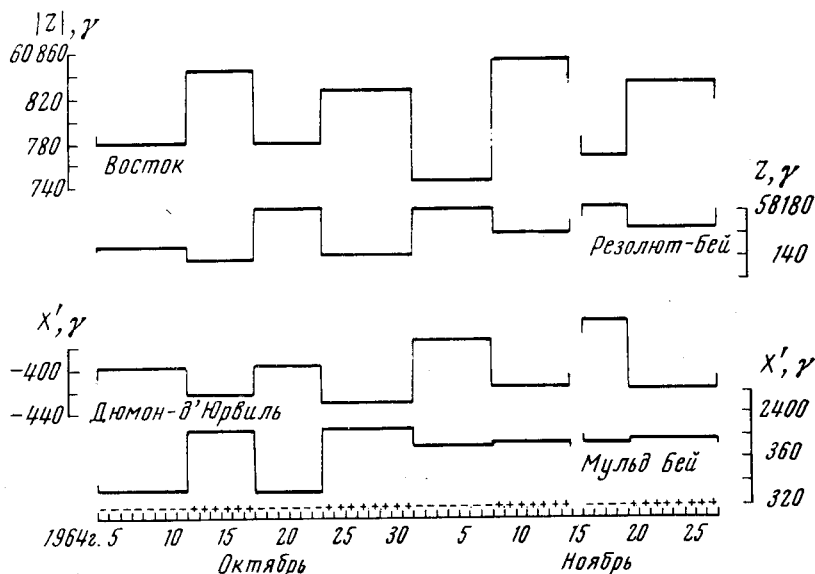
В работах [1—5] приведены результаты исследований связи секторной структуры межпланетного магнитного поля с некоторыми эффектами в геомагнитной активности и в радиационных поясах. В работах [6, 7] установлена связь между секторной структурой межпланетного магнитного поля и вариациями геомагнитного поля в высоких широтах.

Анализ геомагнитных данных 7 станций северного и 11 станций южного полушарий показал, что указанная связь наиболее отчетливо проявляется в дневные часы местного лета в полярных областях, где исправленная геомагнитная широта  $|\Phi'| > 75^\circ$ . При положительном направлении межпланетного магнитного поля (от Солнца) в северной околополюсной области, где  $\Phi' > 80^\circ$ , уровень вертикальной составляющей  $Z$  ниже, а уровень геомагнитной северной составляющей  $X'$  выше, чем при отрицательном направлении межпланетного магнитного поля (к Солнцу). В южной околополюсной области, наоборот, при положительном направлении межпланетного магнитного поля уровень  $|Z|$  выше, а уровень  $X'$  ниже, чем при отрицательном направлении магнитного поля.

С уменьшением широты различие в уровнях  $|Z|$  уменьшается и на  $|\Phi'| \sim 80^\circ$  меняет знак на обратный. На этой широте изменение в уровнях  $X'$  имеет наибольшую величину. При дальнейшем уменьшении широты эффект в  $X'$  и  $|Z|$  быстро затухает и на  $|\Phi'| \sim 75^\circ$ , по предварительным данным, не обнаруживается.

На фиг. 1 показано изменение средней величины компонент  $|Z|$  и  $X'$  в зависимости от секторной структуры межпланетного магнитного поля за период с 4.X по 27.XI 1964 г. на четырех станциях: двух антарктических — Восток ( $\Phi' = -87^\circ,9$ ) и Дюмон-Дюрвиль ( $\Phi' = -80^\circ,1$ ) — и двух арктических — Резольют-Бей ( $\Phi' = 84^\circ,3$ ) и Мульд-Бей ( $\Phi' = 80^\circ,8$ ). Средняя величина компонент геомагнитного поля для последовательности дней с одинаковым преобладающим направлением межпланетного магнитного поля вычислена по данным только за двухчасовые интервалы местного геомагнитного времени на каждой станции с 8 до 10 час., когда описываемый эффект имеет наибольшую величину. Последовательность дней с одинаковым преобладающим направлением межпланетного поля принята по измерениям на спутнике IMP-2 в соответствии с данными работы [1]. Дни, когда межпланетное поле направлено от Солнца и к Солнцу, отмечены на оси абсцисс соответственно знаками плюс и минус.

Каких-либо изменений, связанных с секторной структурой межпланетного поля, в геомагнитной компоненте  $Y'$  не обнаружено. Поэтому источник магнитного поля, обуславливающий описанные выше изменения в  $|Z|$  и  $X'$  может быть грубо аппроксимирован зональной системой ионосфер-



Фиг. 1

ного электрического тока, имеющего максимальную плотность на  $|\Phi'| \sim 80^\circ$  в дневное время в период местного лета. На основании имеющихся данных (см. фиг. 1) можно сказать, что при смене направления межпланетного поля в плоскости эклиптики в полярных шапках Земли возникает ток противоположного направления. При смене положительного сектора отрицательным в северной полярной шапке возникает ток западного направления, а в южной — восточного, и наоборот, при смене отрицательного сектора положительным в северной полярной шапке возникает ток восточного направления, а в южной — западного.

Некоторое представление о динамике указанного процесса дает фиг. 2. На ней приведены кривые изменения компонент  $X'$  на ст. Дюмон-Дюрвиль и Мульд-Бей и  $|Z|$  на ст. Восток и Туле ( $\Phi' = 86^\circ, 8$ ) в зависимости от положения Земли относительно границ секторов межпланетного поля. Для построения фиг. 2 были вычислены (преимущественно для лета) средние величины  $X'$  и  $|Z|$  по данным каждой станции за 4-часовые интервалы местного геомагнитного времени для дней, одинаково «отстоящих» от границ секторов. Изменение средних значений  $X'$  и  $|Z|$  в зависимости от положения Земли относительно границ секторов в дневные часы (10—14 час.) дают кривые 1, а в ночные часы (22—02 час.) — кривые 2. Определение дней, одинаково отстоящих от границ секторов, производилось из расчета шестидневной продолжительности среднего сектора. Для станций северного полушария приведены кривые за 19.VI—6.IX, а для станций южного полушария — за 18.X—31.XII 1964 г. Секторная структура межпланетного магнитного поля для второго периода (по 27.XI включительно) определена по данным IMP-2, а для первого периода и конца второго принята интерполированная на основании данных IMP-1 и IMP-2 с учетом некоторых наземных данных [1]. Направление поля в секторах обозначено на оси абсцисс знаками плюс и минус.

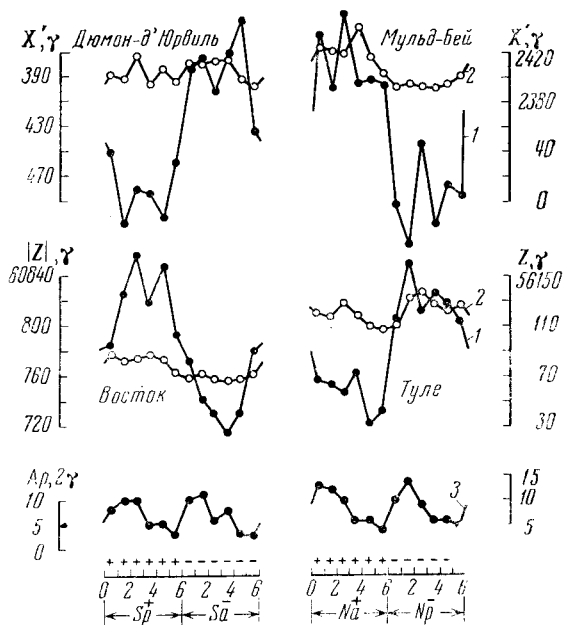
В нижней части фиг. 2 показано (кривые 3) изменение средних значений индекса  $A_p$  геомагнитной активности, вычисленных для указанных выше двух групп дней. Видно, что изменение  $A_p$  согласуется с результатами работ [1, 10]. Максимальной величины  $A_p$  достигает примерно на второй день после прохождения Землей границ секторов, независимо от порядка смены знака магнитного поля в секторах.

Таким образом, изменение  $A_p$  отражает только изменение структуры корпускулярного потока в секторе, распределение в нем скорости частиц и величины магнитного поля. Изменение же напряженности геомагнитного поля в полярных шапках, как видно на фиг. 2, отражает не только структуру потока солнечной плазмы, но и направление радиальной компоненты вмороженного в нее магнитного поля. Геомагнитное поле претерпевает наибольшую скорость изменения при пересечении Землей границ между секторами и на первый — второй день достигает своих экстремальных значений.

Сравнение кривых 1 и 2 дает представление о суточной вариации описываемого эффекта. В летний сезон средняя амплитуда изменения  $X'$  и  $|Z|$  в дневные часы  $\sim 150$   $\gamma$ , а в ночные 30  $\gamma$ . Эффект этот претерпевает также большие сезонные изменения. Он уменьшается при переходе от местного лета к зиме. Отношение летней амплитуды изменения  $X'$  и  $|Z|$  за дневные часы к равноденственной  $\sim 2,5$ . Сезонное изменение амплитуд  $X'$  и  $|Z|$  за ночные часы выражено не так четко.

Изменения поля, представленные на фиг. 2, могут быть грубо аппроксимированы зональными токовыми системами, противоположно направленными в северном и южном полушариях, о чем говорилось выше. Эти токовые системы можно привлечь для объяснения существования в полярных шапках суточных вариаций ( $S$ ) геомагнитного поля двух типов [8]. В работе [8] отмечено, что вариации  $S(Z)$  двух типов на ст. Восток протекают в противофазе. Аналогичный вывод относительно  $S(Z)$  получен из анализа данных околополюсных арктических станций [9]. Этим был доказан глобальный характер возникновения в полярных шапках  $S$ -вариаций двух типов. Однако даже феноменологическая связь их с другими явлениями оставалась неустановленной. Теперь, когда такая связь известна, можно по характеру  $S$ -вариаций в околополюсных областях делать вполне обоснованные заключения о структуре межпланетного магнитного поля в те периоды, когда прямых измерений в космосе не производили. Можно, например, утверждать, что межпланетное магнитное поле в 1958 г. было преимущественно направлено к Солнцу, а в 1961 г. — от Солнца.

В работе [6] предложена следующая классификация типов геомагнитных вариаций в высоких широтах: при межпланетном магнитном поле,



Фиг. 2

направленном от Солнца,  $S$ -вариации имеют тип  $A$ , а при межпланетном магнитном поле, направленном к Солнцу, — тип  $C$ . Автор [6] утверждает, что одновременно в обеих полярных шапках наблюдаются геомагнитные вариации или типа  $A$  или типа  $C$ . Представляется, что такая классификация формальна, не связана с генезисом двух типов геомагнитных вариаций в высоких широтах. Нами применена другая классификация, согласно которой в высоких широтах наблюдаются следующие типы  $S$ -вариаций: при положительном направлении межпланетного поля в северной полярной шапке — вариации типа  $N_a^+$ , в южной — типа  $S_p^+$ ; при отрицательном направлении межпланетного поля в северной полярной шапке — вариации типа  $N_p^-$ , в южной — типа  $S_a^-$ . Типы вариаций в полярных шапках, соответствующие секторам, указаны ниже оси абсцисс фиг. 2. Символы  $N$  и  $S$  обозначают северную и южную полярные шапки. Символы  $a$  и  $p$  указывают на антипараллельность ( $a$ ) или параллельность ( $p$ ) при данной ситуации в межпланетном пространстве силовых линий в хвосте магнитосферы силовым линиям межпланетного поля. Знаки плюс и минус — направление межпланетного поля.

Принципиальное отличие такой классификации от классификации Свалгарда [6] заключается в отсутствии одинаковых типов  $S$ -вариаций одновременно в обеих полярных шапках. Одинаковые или подобные типы наблюдаются там только при разных условиях в межпланетном пространстве, так как если исключить сезонные различия, то  $N_a^+ \approx S_a^-$ ,  $N_p^- \approx S_p^+$ .

Подтверждение этому можно видеть на фиг. 3 работы [6]. Отношение суточных амплитуд вариаций на ст. Восток и Туле, приведенных на фиг. 3 из [6], равно  $\sim 0,5$  для типа  $A$  и  $2,1$  для типа  $C$ . Такое различие в отношении суточных амплитуд (в четыре раза) на двух околополюсных станциях разных полушарий в равноденственные месяцы трудно объяснить с точки зрения классификации Свалгарда. Согласно же принятой нами классификации, оно объясняется тем, что существует определенное подобие между вариациями типа  $A$  на ст. Восток ( $S_p^+$ ) и типа  $C$  на ст. Туле ( $N_p^-$ ), а также между вариациями типа  $A$  на ст. Туле ( $N_a^+$ ) и типа  $C$  на ст. Восток ( $S_a^-$ ). Отношение суточных амплитуд вариаций подобных типов на двух станциях будет

$$\frac{\text{тип } A \text{ (Восток)}}{\text{тип } C \text{ (Туле)}} = \frac{S_p^+}{N_p^-} \approx 1,5, \quad \frac{\text{тип } C \text{ (Восток)}}{\text{тип } A \text{ (Туле)}} = \frac{S_a^-}{N_a^+} \approx 0,7.$$

В этом случае различие не столь значительно (всего в два раза) и качественно объясняется сезонным ходом описываемого эффекта [7].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. J. M. Wilcox. Space Sci. Rev., 1968, 8, 258.
2. M. Siebert. J. Geophys. Res., 1968, 73, 3049.
3. J. M. Wilcox. J. Geophys. Res., 1968, 73, 6835.
4. С. Н. Вернов, С. Н. Кузнецов, Ю. И. Логачев, Г. Б. Лопатина, Э. Н. Сосновец, В. Г. Столповский. Тр. V Всесоюз. ежегодной зимней школы по космифизике, 1968. Апатиты, 1968, 23.
5. О. В. Большакова, В. А. Троицкая. Докл. АН СССР. сер. математ. физ., 1968, 180, 343.
6. L. Svalgaard. Det Danske Meteorologiske Institut, Geofysiske Meddelelser, Charlottenlund, 1968. Preprint.
7. С. М. Мансуров. Геомагн. и аэрономия, 1969, 9, 768.
8. С. М. Мансуров, Л. Г. Мансурова. Геомагн. и аэрономия, 1965, 5, 740.
9. П. А. Майсурадзе. Сб. «Земной магнетизм, полярные сияния и ультранизкочастотное излучение», вып. 1. Изв. СибИЗМИР, Иркутск, 1966, 142.
10. J. M. Wilcox, K. H. Schatten, N. F. Ness. J. Geophys. Res., 1967, 72, 19.

Институт земного магнетизма,  
ионосферы и распространения радиоволн  
АН СССР

Статья поступила  
22 июля 1969 г.