

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ТОКОВ МАГНИТОПАУЗЫ И ХВОСТА МАГНИТОСФЕРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНЫХ БУРЬ

© 2000 г. Я. И. Фельдштейн, Л. А. Дремухина

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Троицк (Московская обл.)

Поступила в редакцию 06.04.1999 г.

Анализируется связь между магнитными эффектами, создаваемыми в наблюдаемой *Dst*-вариации токами, текущими по магнитопаузе (*DCF*) и в хвосте магнитосферы (*DT*). Для анализа используются данные четырех магнитных бурь средней интенсивности. Количественные характеристики рассчитываются с использованием параболоидной модели магнитосферного магнитного поля, позволяющей разделить вклады различных источников в наблюдаемое магнитное возмущение. Показано, что существует довольно тесная связь между полями *DCF* и *DT*. Они примерно одинаковы по интенсивности, имея противоположные знаки, и изменяются во времени достаточно синхронно.

ВВЕДЕНИЕ

Обычно предполагается, что основными источниками вариаций магнитных полей на поверхности Земли в интервале магнитных бурь являются поля кольцевого тока (*DR*) и токов на магнитопаузе (поля токов Чепмена-Ферраро *DCF*) [1]. Интенсивность токов *DCF* такова, что они экранируют магнитное поле диполя, ограничивая его существование магнитосферой Земли. Интенсивность поля *DCF* определяется геоцентрическим расстоянием до подсолнечной точки магнитопаузы [2], зависящим от кинетического давления солнечного ветра и *Vz*-компоненты межпланетного магнитного поля [3, 4].

В [5–7] показано, что на главной фазе магнитной бури сравнимый с *DCF* и *DR* вклад в вариации магнитного поля вносят поля токов в хвосте магнитосферы (*DT*). Качественное сравнение полей *DCF* и *DT* на геомагнитном экваторе показало [8], что они примерно одинаковы по интенсивности, но имеют разные знаки.

Целью настоящей заметки является количественное сопоставление интенсивностей *DCF* и *DT* полей в интервале четырех магнитных бурь.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

В работе [8] изложена методика и результаты расчетов полей *DCF* и *DT* на основе параболоидной модели магнитосферного магнитного поля. Эта модель описывает временные вариации крупномасштабных токовых систем, каждая из которых развивается со своим временным масштабом. Расчеты велись в интервалы четырех бурь, охватывающих временные периоды 27–30 января 1985 г.; 23–27 ноября 1986 г.; 14–16 января 1988 г.

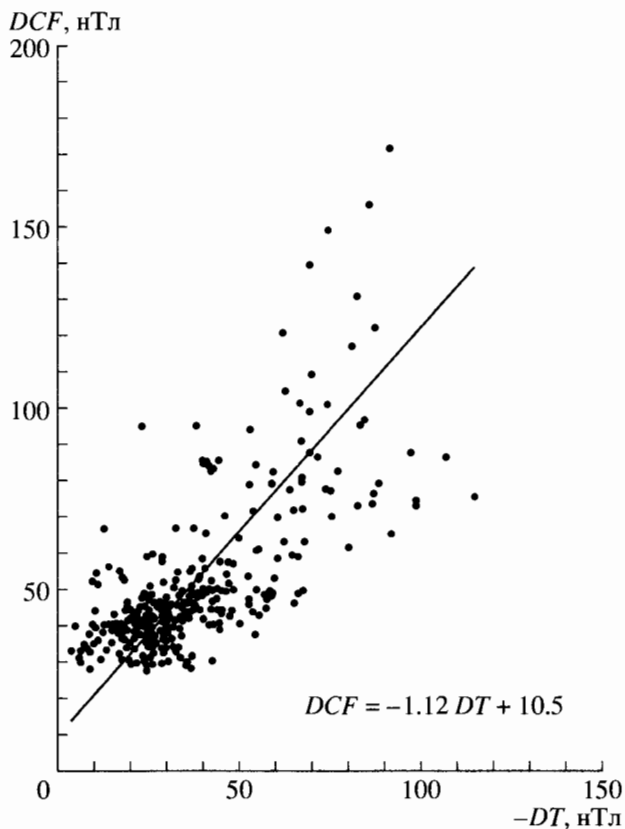
и 06–08 мая 1988 г. Для этих бурь имеются данные измерений параметров солнечного ветра спутником ИМП 8, суммарной энергии ионов кольцевого тока с энергиями между 1.5–300 кэВ/а.е.з. спутником АМРТЕ/ССЕ, данные о расположении границы плазменных структур на основе наблюдений вторжений авроральной плазмы спутниками DMSP F6, F7, F8 и F9. Эти данные позволили определить входные параметры параболоидной модели: интенсивность магнитного поля кольцевого тока, магнитный поток в долях хвоста магнитосферы, геоцентрические расстояния до подсолнечной точки магнитопаузы на дневной стороне магнитосферы и внутренней границы токового слоя хвоста магнитосферы в местную геомагнитную полночь.

На рисунке приведены ежечасные по UT значения *DCF* и *DT* в интервалах четырех указанных выше магнитных бурь. Включен эффект индуцированных в земле токов. Токи *DCF* характеризуются увеличением напряженности северо-южной компоненты магнитного поля на экваторе, токи *DT* – уменьшением. Поэтому на оси абсцисс *DT* приведены с обратным знаком. Несмотря на относительно большой разброс отчетности проявляется тенденция к росту интенсивности поля *DCF* с увеличением интенсивности поля *DT*. Методом наименьших квадратов получено уравнение регрессии

$$DCF = -1.12DT + 10.5, \quad (1)$$

изображенное прямой на рисунке, где *DCF* и *DT* в нТл. Коэффициент корреляции между значениями *DCF* и *DT* $r = 0.70$ при дисперсии $\sigma = 15.0$ нТл.

Таким образом, поля *DCF* и *DT* в среднем примерно одинаковы по интенсивности и изменяются со временем достаточно синхронно. В отдель-



Ежечасные значения полей DCF и DT , полученные с использованием параболической модели, для интервалов четырех магнитных бурь. Прямая соответствует уравнению регрессии (1).

ные часы зарегистрированы резкие различия в напряженности магнитных полей DCF и DT . Их следует отнести на счет большей инерционности токовой системы хвоста магнитосферы относительно токов на магнитопаузе.

Интенсивность DT в отдельные часы падает до нескольких нанотесла, в то время как для DCF не опускается ниже 28 нТл. В эти часы на фазе восстановления магнитных бурь магнитопауза удаляется от Земли. Оценка показывает, что $DCF \sim 28$ нТл соответствует геоцентрическому расстоянию до подсолнечной точки магнитопаузы ~ 13.4 земных радиусов.

ВЫВОДЫ

Довольно тесная связь вариаций магнитного поля токов DCF и DT отражает взаимосвязь этих токовых систем. В то же время их локализация в различных областях магнитосферы и различный

характер физических процессов, обуславливающих существование таких токов, предполагает их независимость друг от друга. По-видимому, определенную взаимосвязь следует искать в обнаруженном в последнее время влиянии плотности плазмы солнечного ветра на плотность плазмы в плазменном слое хвоста магнитосферы [9, 10]. Оказалось, что в период попадания Земли в плотные сгустки солнечной плазмы, резко увеличивается плотность плазмы в хвосте магнитосферы. Это несомненно сказывается на плотности токов в хвосте магнитосферы. Большой разброс точек на рисунке может быть обусловлен, помимо указанного выше различия во временных параметрах токовых систем, также и сдвигом по времени между изменениями в солнечном ветре и процессами в хвосте магнитосферы. Согласно [9, 10] такое запаздывание может достигать четырех часов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 99-05-65611.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. Ч. 2. М.: Мир, 1975. 512 с.
2. Mead G.D. Deformation of the geomagnetic field by the solar wind // J. Geophys. Res. 1964. V. 69. № 3. P. 1181.
3. Roelof E.C., Sibeck D.G. The magnetopause shape as a bivariate function of IMF Bz and solar wind dynamic pressure // J. Geophys. Res. 1993. V. 98. № 10. P. 21421.
4. Shue J.-H., Chao J.K., Fu H.C. et al. A new functional form to study the solar wind control of the magnetopause size and shape // J. Geophys. Res. 1997. V. 102. № 5. P. 9497.
5. Алексеев И.И., Калезаев В.В., Фельдштейн Я.И. Моделирование магнитного поля в сильно возмущенной магнитосфере // Геомагнетизм и аэронавигация. 1992. V. 32. № 4. С. 8.
6. Мальцев Ю.П. Влияние Dst-вариации на геометрию магнитосферы // Геомагнетизм и аэронавигация. 1991. V. 31. № 3. С. 567.
7. Арыков А.А., Мальцев Ю.П. Вклад различных источников в поле геомагнитной бури // Геомагнетизм и аэронавигация. 1993. V. 33. № 6. С. 67.
8. Dremukhina L.A., Feldstein Y.I., Alexeev I.I. et al. Structure of the magnetospheric magnetic field during magnetic storm // J. Geophys. Res. 1999. V. 104. № 12. P. 28351.
9. Borovsky J.E., Thomsen M.F., McComas D.J. The superdense plasma sheet: plasmaspheric origin, solar wind origin, or ionospheric origin? // J. Geophys. Res. 1997. V. 102. № 10. P. 22089.
10. Borovsky J.E., Thomsen M.F., McComas D.J. et al. Magnetospheric dynamics and mass flow during the November 1993 storm // J. Geophys. Res. 1998. V. 103. № 11. P. 26773.