

Характеристики спектра флуктуаций межпланетного
магнитного поля и уровень солнечной активности

В.Н.Обридко, Б.Д.Шельтинг

Characteristics of IMF Fluctuation Spectrum
and the Level of Solar Activity

V.N.Obridko and B.D.Shelting

Abstract

The IMF fluctuation spectrum has been analyzed for different solar activity conditions. It has been shown that the fluctuation power in the frequency range of 10^{-3} - 10^{-4} Hz increases before flares with a simultaneous decrease of the energy spectrum inclination. These effects may be used for developing forecasting indices.

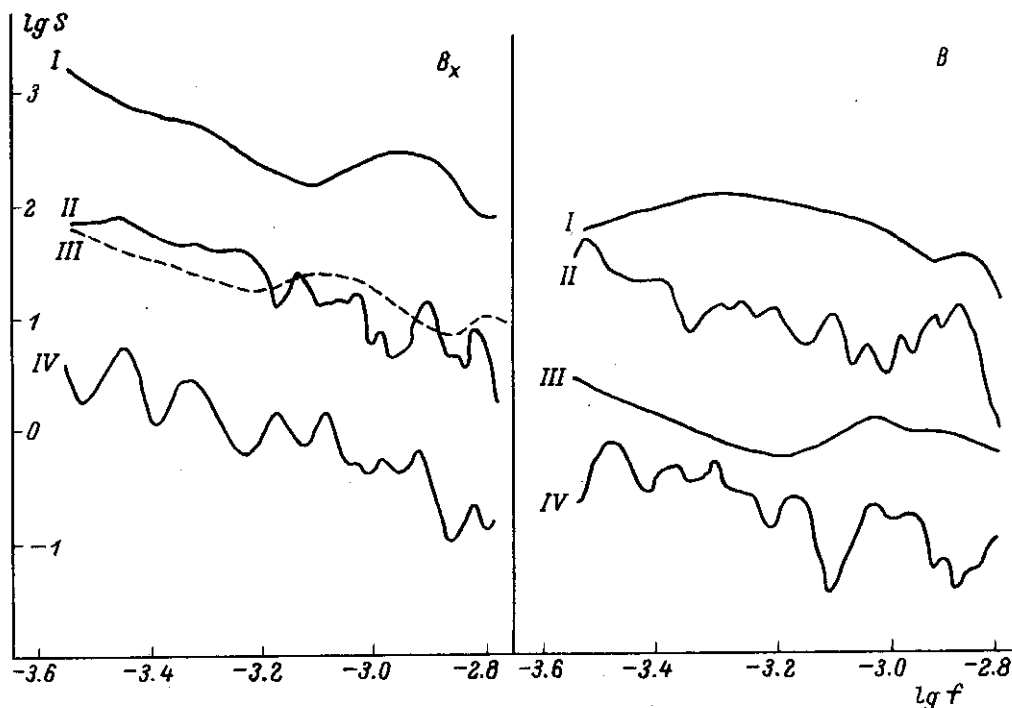
Распространяющиеся в межпланетном магнитном поле (ММП) волны разных типов и перемещающиеся сгустки плазмы приводят к возникновению флуктуаций ММП. Изучению спектра этих флуктуаций посвящено довольно много работ (см. [1-5], а также библиографию в этих работах). Показано, что спектральная мощность флуктуаций ММП описывается обратным степенным законом. Однако до сих пор мало обсуждался вопрос о характеристиках и природе отдельных локальных всплесков и максимумов в спектре ММП в интервале 10^{-2} - 10^3 Гц и о вариациях характеристик спектра в зависимости от степени активности Солнца и межпланетной среды.

В работе [6] нами анализировался спектр флуктуаций ММП по данным спутников Explorer 33 и 34. Были выбраны возмущенные периоды, связанные с тремя крупными протонными вспышками в 1968 г. Вспышка 3 апреля 1968 г. ($5^{\text{h}}45^{\text{m}}, 15^{\circ}\text{N}50^{\circ}\text{W}$) балла 2 является изолированной, т.е. временной интервал между данной и последующей или предыдущей вспышкой балла 2 или выше составлял не меньше 1.5 суток [7]. Со вспышкой связано слабое протонное событие [8] и большая геомагнитная буря 5 апреля. Вспышки 9 июня 1968 г. ($8^{\text{h}}30^{\text{m}}, 14^{\circ}\text{S}9^{\circ}\text{W}$) и 30 октября 1968 г. ($23^{\text{h}}40^{\text{m}}, 14^{\circ}\text{S}37^{\circ}\text{W}$) имели баллы 4В и вызвали сильные протонные события и геомагнитные бури. К сожалению, эти две вспышки нельзя считать изолированными.

Нами были изучены спектры мощности флуктуаций ММП в реализациях длиной ~ 6 часов, последовательно примыкающих одна к другой, так что в целом для каждой вспышки был изучен временной интервал, перекрывающий довспышечный период, собственно время оптической вспышки, протонное событие и геомагнитную бурю.

Анализ спектра мощности флуктуаций ММП показал, что во всех реализациях наиболее мощными являются квазипериодические колебания с периодами 20-40 мин. Как правило, колебания в спектрах мощности компонент V_x , V_y , V_z значительно сильнее (на 1-2 порядка), чем модуля поля V . Это указывает на то, что при волновой интерпретации природы

флуктуаций ММП следует отдавать предпочтение альвеновским волнам. После вспышки, и особенно во время геомагнитной бури, колебания резко усиливаются. При этом колебания модуля поля В увеличиваются особенно сильно, так что в период геомагнитной бури мощность колебаний В лишь не намного ниже, чем мощность колебаний компонент. По-видимому, к началу геомагнитной бури происходит постепенная трансформация альвеновских волн в более сложные типы волн.



Анализ данных за 1968 г. не позволяет однозначно судить о том, имеют ли колебания ММП прямое солнечное происхождение или они существуют в спектре ММП всегда, усиливаясь в период геомагнитной бури. Дело в том, что нам не удалось выделить в 1968 г. контрольный период, в достаточной мере свободный от активности. Поэтому были проанализированы спектры флуктуаций ММП за 1965 г. по данным спутника IMP-3. Были выбраны три реализации длиной по 24 часа каждая 16, 17, 18 июля 1965 г., в течение которых на Солнце наблюдалась чрезвычайно низкая активность. Кроме того, были проанализированы три реализации длиной 24 часа каждая 5, 6, 7 июня 1965 г., включавшие вспышку 5 июля 1965 г. ($18^{\text{h}} 07^{\text{m}} 50^{\text{s}} \text{W}$), связанную со слабым электронным событием. Поток протонов с энергией 0.9 МэВ составлял 3.6.

На рисунке в качестве образцов приведены спектры мощности ММП для компоненты B_x и модуля В за 16 июля 1965 г. (спокойное Солнце, I), 5 июня 1965 г. (слабая вспышка, II), 3 апреля 1968 г. (возмущенный период

перед вспышкой, III), 5 апреля 1968 г. (геомагнитная буря, IV). Совокупность полученных нами данных указывает на следующие свойства флуктуаций ММП в диапазоне исследуемых нами частот. Колебания ММП в спокойный период очень малы. Мощность колебаний модуля поля В значительно меньше, чем мощность колебаний компонент. Средний наклон спектра $(\alpha = \frac{\lg S}{\lg f}) \sim 2.0$. Даже слабое возмущение типа вспышки балла I-с электронным событием приводит к значительному увеличению мощности флуктуаций и некоторому уменьшению наклона спектра (I.4-I.7). Ситуация становится близкой к той, которая наблюдается перед вспышкой в период общей высокой солнечной активности. Как видно из рисунка, величина спектра мощности и наклон спектра α являются характеристиками общей возмущенности среды. Наклон спектра α велик во время спокойного периода 1965 г. (~ 2.0), слегка уменьшается во время слабой вспышки (I.4-I.7) и является весьма низким в 1968 г. (~ 1.0) перед и во время оптической вспышки. После прихода высокоэнергичных протонов наклон увеличивается до $\sim 1.7-2$, во время внезапного начала геомагнитной бури еще более растет, достигая очень больших значений (3-4) и затем постепенно падает.

Таким образом, мощность флуктуаций ММП и наклон спектра в области частот $10^{-3} - 10^4$ Гц может являться прогностическим индексом для геомагнитных возмущений или, по крайней мере, общей возмущенности ММП. Заблаговременность этого индекса составляет 1-2 дня. Более того, поскольку квазипериодические флуктуации с такими периодами наблюдаются непосредственно на Солнце и в радиодиапазоне [9] и в частоте повторяемости серии солнечных вспышек [10], есть основания надеяться, что с учетом времени распространения солнечного ветра от Солнца к Земле удастся увеличить заблаговременность этого индекса.

Интерпретация обнаруженного явления не проста. Мы наблюдаем сохранение таких колебаний в течение по крайней мере трех дней. Если солнечный ветер, который мы наблюдаем в определенный момент у Земли, связан с конкретным местом на Солнце, то это означает, что колебания связаны с широкой зоной на Солнце протяженностью по долготе $\geq 40 - 50^\circ$. Усиление активности приводит к усилению колебаний потока от всей этой области. При этом меняется наклон спектра и повышается относительная роль высокочастотной части. На это общее усиление накладывается особо сильное усиление колебаний той части потока, которая непосредственно вызывает геомагнитную бурю.

Подобное усиление активности сразу в широкой зоне кажется проблематичным. Однако есть указание на связь удаленных друг от друга вспышек [11]. Можно ожидать, что комплекс активности проявляет себя как единое целое.

Литература

1. Patel V.L., Wiskerchen M.J. Interplanetary Field and Plasma During Initial Phase of Geomagnetic Storms.- J. Geomagn. Geoelectr., 1975, vol. 27, N 5, p. 363-382,

2. Blake D.H., Belcher J.W. Power Spectra of the Interplanetary Magnetic Field. - J. Geophys. Res., 1974, vol.79, N 5, p. 2891-2920.
3. Belcher J.W., Burchsted R.; Energy Densities of Alfvén Waves Between 0.7 and 1.6 AU. - J. Geophys. Res., 1974, vol. 79, N 31, p.4765-4768.
4. Neugebauer M.N., Wu C.S., Huba I.P. Plasma Fluctuations in the Solar Wind. - J. Geophys. Res., 1978, vol.83, N A3, p.1027-1034.
5. Burlaga L.P. Microstructure of the Interplanetary Medium. - In: Solar Wind, ed. by C.P. Sonnett, P.T. Coleman, J.W. Wilcox, Washington, 1972, p.309-352.
6. Варфоломеева Н.Г., Обридко В.Н., Фельдштейн Я.И., Шельтинг Б.Д. Изучение периодических (20-40 мин.) колебаний в магнитном поле солнечного ветра. - В кн.: Проблемы космической электродинамики. М.: ИЗМИРАН, 1981, с.12-20.
7. Иванов К.Г., Микерина Н.В., Завойкина А.И., Трещеткина В.М. Каталог вспышечных ситуаций 1966- 1974 гг. применительно к межпланетным и магнитосферным возмущениям. М.: ИЗМИРАН, 1979. - 64 с.
8. Catalog of Solar Particle Events 1955- 1969, ed. by Z. Švestka and P.Simon, Dordrecht: D.Reidel Publ., 1975. - 430 p.
9. Кобрин М.М., Малыгин В.И., Снегирев С.Д. О влиянии пульсаций солнечного излучения на магнитосферу Земли. - Геомагн. и аэронавигация, 1982, т.22, № 1, с.156-157.
10. Огирь М.Б. О квазипериодичности вспышечной активности Солнца. - АЦ, 1982, № 1247, с.2-3.
11. Огирь М.Б. К вопросу о связи между активными областями на Солнце. - Изв.КРАО, 1981, т.64, с.118-126.

Институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения
радиоволн АН СССР

Поступила в редак-
цию 14 сентября
1983 г.