ЦИКЛИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ ФОТОСФЕРНОГО И МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Биленко И.А.

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга Москва, Россия*

PHOTOSPHERIC AND INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD CYCLE VARIATIONS AND SOLAR WIND PARAMETERS

Bilenko I.A.

Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia

The influence of solar large-scale photospheric polar and non polar magnetic field variations on the interplanetary magnetic field (IMF) and solar wind parameters in cycles 21–24 is discussed. The results show that polar and non polar magnetic field variations on Carrington rotation scales as well as the structure state of the solar global magnetic field (GMF) determine the IMF and solar wind parameters. Non polar magnetic field determines the changes in solar wind velocities, density, and temperature under sector GMF structure. Polar magnetic field determines solar wind parameters during zonal GMF structure domination. Solar wind parameter values split into three groups depending on polar magnetic field. Under sector GMF structure the velocity does not show significant changes with increase in polar magnetic field but density, and temperature increase.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-55-58

Введение

Наблюдаемые солнечные магнитные поля представляют собой суперпозицию постоянно меняющихся разных по пространственно-временным масштабам магнитных образований. Потоками солнечного ветра фотосферные магнитные поля выносятся в межпланетное пространство, формируя межпланетное магнитное поле, регистрируемое на орбите Земли [5, 6]. Обридко и др. [7] показали, что солнечный ветер, наблюдаемый на орбите Земли, формируется потоками, происходящими из протяженных по широте областей на Солнце. Закономерности связи пространственных и временных вариаций солнечного магнитного поля с межпланетным магнитным полем (ММП) и параметрами солнечного ветра до настоящего времени остаются до конца не выясненными, что затрудняет построение моделей солнечно-земных связей и прогнозирование космической погоды. Целью данной работы является сопоставление циклических вариаций солнечных фотосферных крупномасштабных не полярных и полярных магнитных полей с ММП и параметрами солнечного ветра в 21–24 циклах.

Результаты исследования и интерпретация

На рис. 1 толстыми сплошными линиями показаны усредненные за 7 Кэррингтоновских оборотов (КО) и наложенными тонкими – за 1 КО вариации параметров солнечного ветра на орбите Земли: скорости (V , 1a), плотности (n , 1b) и температуры (t , 1c) за 1976–2015 гг. (КО 1642–2172) по данным каталога OMNI2 [4]. На рис. 1a–1c показано также изменение крупномасштабного фотосферного не полярного магнитного поля (тонкие сплошные линии), полученного усреднением по широте ($\pm 55^\circ$) долготного распределения фотосферных магнитных полей за каждый КО [2] по данным обсерватории Wilcox [3], и полярного (штриховые линии), измеряемого в диапазоне 55° – 90° в каждой полусфере. На рис. 1d показаны вариации ММП (толстая линия) и рассчитанное по модели [1] магнитное поле на расстоянии 1 АЕ (тонкая линия) на орбите Земли. Серым цветом выделены периоды доминирования секторной и белым – зональной структуры глобального магнитного поля (ГМП) Солнца [2].

Рис. 1.

Из сопоставления циклических вариаций параметров солнечного ветра, не полярного и полярного магнитных полей видно, что изменения не полярного магнитного поля соответствуют изменениям V и t при доминировании секторных структур ГМП, т. е. на фазах роста, максимума и начала спада активности, для n – в максимуме. Влияние полярного магнитного поля больше проявляется на фазах спада и минимума, при доминировании зональной структуры ГМП. Поле, рассчитанное на расстоянии 1 АЕ [1] хорошо согласуется с наблюдаемым ММП (рис. 1d).

Рис. 2.

На рис. 2 показаны зависимости параметров солнечного ветра от величины не полярного (рис. 2 a1–c1) и полярного (рис. 2 a2–c2) магнитных полей. Точками обозначены значения параметров солнечного ветра в период доминирования секторной, а крестиками – зональной структуры ГМП. Все зависимости аппроксимированы полиномами второй степени. Тонкие линии – для значений в период доминирования секторной структуры, толстые – зональной. При доминировании секторной структуры ГМП скорость солнечного ветра в зависимости от величины B_{RHOT} практически не изменяется. Уменьшается число КО с максимальными значениями V с ростом B_{RHOT} , хотя распределение значений V является довольно равномерным. Значения n и t растут с ростом B_{RHOT} . Параметры солнечного ветра

при доминировании зональной структуры соответствуют меньшему диапазону значений магнитных полей и имеют максимумы при ~ 150 μT . В зависимости от B_{pol} значения V , n , t , в период доминирования зональной структуры ГМП, группируются в три группы, соответствующие минимумам 22, 23 и 24 циклов. Скорость солнечного ветра, при доминировании секторных структур ГМП, меняется не значительно с увеличением B_{pol} , а плотность и температура – растут. И полярное, и не полярное магнитные поля снижаются от 21 к 24 циклам [1] и, соответственно, наблюдаются (рис. 1, 2) снижение V , n , t , с уменьшением B_{PHOT} и B_{pol} .

Выводы

Циклические изменения полярного и не полярного крупномасштабного фотосферного магнитного поля определяют долговременные, на масштабах КО и более, вариации ММП и параметров солнечного ветра.

Влияние не полярного магнитного поля больше проявляется для V и t солнечного ветра на фазах роста и максимума циклов, для n – в максимуме, т.е. в период доминирования секторной структуры ГМП. С ростом B_{PHOT} значения n и t растут, а V остаются приблизительно на одном уровне. В зависимости от зональной структуры ГМП, все параметры имеют максимум в области $B_{PHOT} \sim 150$ μT . Полярные магнитные поля оказывают большее влияние на V , n и t солнечного ветра на фазах спада и минимума активности при зональной структуре ГМП. В зависимости от B_{pol} значения V , n , t , при доминировании зональной структуры ГМП, группируются в три группы, соответствующие минимумам 22, 23 и 24 циклов, с уменьшающимися значениями при уменьшении B_{pol} . При доминировании секторных структур ГМП, V солнечного ветра меняется не значительно с увеличением B_{pol} , а n и t – растут.

Полученные результаты могут быть полезны при моделировании космической погоды и прогнозировании геомагнитной активности.

Благодарности. В работе использован каталог OMNI2. Wilcox Solar Observatory data used in this study were obtained via the web site <http://wso.stanford.edu> at 2018:03:11 01:13:34 PST courtesy of J.T. Hoeksema. The Wilcox Solar Observatory is currently supported by NASA.

Литература

1. Bilenko I.A. // Solar Phys., 2018, 293, 106.
2. Bilenko I.A., Tavastsherna K.S. // Solar Phys., 2016, 291, 2329.
3. Hoeksema J.T., Scherrer P.H. // Solar Phys., 1986, 105, 205.
4. King J.H., Papitashvili N.E. // JGR, 2005, 110, A02104.
5. Mackay D.H., Yeates A.R. // Living Rev. Solar Phys., 2012, 9, 6.
6. Ness N.F., Burlaga L.F. // JGR, 2001, 106, 15803.
7. Obridko V.N., Shelting B.D., Livshits I.M. // Astronomy Rep., 2011, 55, 284.