МАГНИТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ И СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР ПО ДАННЫМ ACE/SWEPAM НА ФАЗЕ СПАДА 24 ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Ахтемов З.С.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}

¹КрАО РАН, Крым, Научный, Россия

²ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия

MAGNETIC STRUCTURES AND SOLAR WIND ACCORDING TO THE ACE/SWEPAM DATA IN THE DECLINE PHASE OF THE 24TH SOLAR ACTIVITY CYCLE

Akhtemov Z.S.¹, Tsap Yu.T.^{1,2}

¹Crimean Astrophysical Observatory (Russian Academy of Sciences), Crimea, Russia

²Pulkovo Observatory (Russian Academy of Sciences), Russia

The relationship between the area of coronal holes and the maximum velocity of the fast solar wind at 1 AU based on AIA/SDO and ACE/SWEPAM observations is considered for the period from June 2015 to March 2017. It has been shown that the coronal holes within the meridional slice $\pm 10^\circ$ located at latitudes less than 40° make a basic contribution to the ecliptic solar wind. The maximum correlation coefficient between the area of coronal holes and the maximum velocity was found to be equal to 0.762 ± 0.145 . The probable causes of the discrepancy between the predicted and observed values of the solar wind velocity are discussed.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-43-46

Введение

В настоящее время не вызывает сомнений тесная связь между корональными дырами (КД) и высокоскоростными (> 500 км/с) потоками (ВСП) солнечного ветра [1–4]. КД – это крупномасштабные области солнечной короны с пониженной плотностью вещества и температуры. Солнечный ветер (СВ) – это непрерывный поток плазмы, преимущественно протонов, из солнечной короны в окружающее космическое пространство. Он имеет бимодальный характер и состоит из медленной (300–500 км/с) и быстрой (ВСП) компоненты. Последняя, в свою очередь, разделяется на квазистационарные и спорадические потоки, связанные соответственно с корональными дырами и корональными выбросами массы (КВМ).

Как известно, связь между скоростью потока рекуррентного ветра V и площадью КД S описывается уравнением регрессии [3–6]:

$$V = kS + b,$$

где k и b – некоторые константы. Однако коэффициент корреляции варьируется в широких пределах от 0.4 до 0.9 [7]. В связи со столь значительным разбросом значений коэффициента корреляции, который может быть связан с необоснованным выбором участка площади корональной дыры на

Рис. 1.

диске Солнца, возникает необходимость более детального изучения связи между локализацией КД и скоростью солнечного ветра вблизи орбиты Земли.

Наблюдения и обработка данных

В представленной работе для изучения связи между КД и ВСП мы рассмотрели особенности КД на фазе спада 24 цикла, когда велика вероятность появления вытянутых от полюса до экватора Солнца крупномасштабных КД (рис. 1а). Поскольку за ВСП на орбите Земли ответственны области вблизи солнечного экватора Солнца, то это позволяет более детально исследовать зависимость скорости ветра от локализации участка КД. Нами был выбран интервал с июня 2015 по март 2017 гг. (CR2165 – CR2188).

В работе были использованы изображения CHIMERA Coronal Holes [8] (<https://solarmonitor.org>) (рис. 1а), магнитограммы SDO/HMI (рис. 2) и значения скорости ветра, полученные на ACE/SWEPAM (https://omniweb.gsfc.nasa.gov/ftpbrowser/ace_merge.html). На рис. 2 представлен пример изображения диска Солнца с КД и вырезанной её частью в пределах $\pm 20^\circ$ (рис. 2а), $\pm 40^\circ$ (рис. 2б), $\pm 60^\circ$ (рис. 2с) и $\pm 90^\circ$ (рис. 2д), по широте $\Delta\phi$, для кэррингтоновского оборота 2175 (25.03.2016) с амплитудой по долготе $\Delta L = \pm 10^\circ$.

Задержка по времени между “моментом” наблюдения КД и моментом регистрации соответствующего ВСП СВ определялась с помощью выражения [4, 9], следующей из баллистической модели:

$$T_v - T_{ch} = 4 \text{ сут.} \pm 1.5 \text{ сут.} \quad (2)$$

Здесь T_v – момент времени, когда на орбите Земли максимальная скорость ВСП связанный с выделенной КД, T_{ch} – момент регистрации при прохождении центром тяжести КД центрального меридиана (рис. 1б).

Рис. 2.

Как оказалось вблизи центрального меридиана ($\Delta L = \pm 10^\circ$) для $\Delta \varphi = \pm 40^\circ$ коэффициент корреляции имеет наибольшее значение (0.762). Откуда, положив $\Delta \varphi = \pm 40^\circ$, мы также рассмотрели зависимость коэффициента корреляции от долготы, изменяя границу выделенного участка площади корональной дыры по долготе в пределах $\Delta L = \pm 20^\circ$ или $\Delta L = \pm 30^\circ$ (рис. 3).

Выяснилось, что с увеличением долготы коэффициент корреляции уменьшается.

Рис. 3.

Результаты и выводы

Сформулируем основные результаты работы:

1. Коэффициент корреляции между площадью корональных дыр и скоростью солнечного ветра достигает для участка КД, заключенного в пределах $\pm 40^\circ$ по широте и $\pm 10^\circ$ по долготе.
2. Прогноз скорости СВ по площади КД следует делать с осторожностью (полученный нами максимальный коэффициент корреляции не превышает 0.762).
3. Значительное влияние на связь между скоростью СВ площадью может оказывать спорадический СВ и магнитное поле близлежащих активных областей.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Совета Министров Республики Крым в рамках научного проекта № 17-42-92017 и Программы президиума РАН № 28.

Литература

1. *Akiyama, S., Gopalswamy, N., Yashiro, S., Mäkelä, P.* // PASJ. 2013. **65**. 15.
2. *Hegde M., Hiremath K. M., Vijayakumar H. D. et al.* // Astrophys. Astr. 2015. V. 36. P. 355–374.
3. *Nolte J.T., Krieger A.S., Timothy A.F. et al. Gold R.E.* // Solar Phys. 1976. V. 46. P. 303–322.
4. *Vršnak, B., Temmer, M., Veronig, A.M.* // Solar Phys. 2007. V. 240. P. 315–330.
5. *Abramenko, V.I., Yurchyshyn, V.B., Watanabe H.* // Solar Phys. 2009. Vol. 260, No. 1. P. 43–57.
6. *Родькин Д.Г., Шугай Ю.С., Слемзин В.А., Веселовский И.С.* // Краткие сообщения по физике ФИАН. 2016. № 9. С. 44–49
7. *Shugai Yu.S., Veselovsky I.S., Trichtchenko L.D.* // Geomagnetizm i Aeronomiya. 2009. Vol. 49. No. 4. P. 435–445.
8. *Garton, T.M., Gallagher, P.T., Murray, S.A.* //J. Space Weather & Space Climate. 2018. e 8, id.A02.
9. *Житник И.А., Жигалкин Р.К., Игнатъев А.П. и др.* // Изв. Крым. астрофиз. общ. 2005. Т. 101. С. 128–145.