ФОРМИРОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР НА ФАЗЕ РОСТА 23 ЦИКЛА

Биленко И.А.¹, Тавастшерна К.С.²

¹*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,*

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

²*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия*

FORMATION AND EVOLUTIONARY CHANGES OF CORONAL HOLES DURING THE RISING PHASE OF CYCLE 23

Bilenko I.A.¹, Tavastsherna K.S.²

¹*Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia*

²*Central Astronomical Observatory at Pulkovo of RAS, St. Petersburg, Russia*

The evolutionary changes of the solar global magnetic field (GMF) and the regularities in coronal hole (CH) formation and distribution are investigated during the rising phase of solar cycle 23. The peculiarities in CH formation during zonal and sectorial GMF structure are discussed. It is shown that the solar GMF and its cycle evolution determine the photospheric magnetic field polarity regions which are favorable for CH formation. The transition from zonal to sectorial GMF structure late in 1999 in the rising phase of the cycle 23 is traced by the changes in CH latitude-longitude distribution. The global reorganizations of the latitudinal and longitudinal magnetic field polarity distribution of the solar GMF, that occur under the sectorial structure domination, lead to the changes in the polarity of the photospheric magnetic field regions favorable for the formation of CHs.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-59-62

Введение

Корональные дыры (КД) являются одним из важнейших факторов, определяющих космическую погоду и влияющих на геомагнитную активность [11]. Происхождение как высокоскоростных, так и низкоскоростных потоков солнечного ветра связано с КД [9, 11, 12]. Закономерности формирования КД, как и процессы, определяющие динамику КД в циклах, и связь КД с другими явлениями солнечной активности до сих пор остается не ясными. Поэтому исследование закономерностей формирования КД и их эволюционных изменений в циклах солнечной активности важно и для понимания физики процессов, происходящих на Солнце, и для прогнозирования космической погоды и геомагнитной активности. Структура крупномасштабных магнитных полей играет важную роль в организации глобальной солнечной активности [7]. Целью данной работы является рассмотрение на основе синоптических и ежедневных данных магнитных полей и КД в линии HeI 10830 Å наземных и космических обсерваторий Китт Пик, WSO и SOHO, закономерностей формирования и динамики КД на фазе роста 23 цикла.

Эволюционные изменения глобального магнитного поля и КД

Глобальное магнитное поле (ГМП) Солнца эволюционирует в циклах солнечной активности, и это отражается в динамике КД [2–4, 6, 8, 10]. В минимуме характерна зональная структура, а с ростом активности, в максимуме и на фазах спада, доминирует секторная структура ГМП [2].

Рис. 1.

На рис. 1 показаны: слева – распределения ГМП рассчитанного в потенциальном приближении [1, 5] на поверхности источника ($2,5 R_s$) для 1924 и 1959 Кэррингтоновских оборотов (КО), а справа – совмещенные изображения ежедневных данных фотосферных магнитных полей и КД обсерватории Китт Пик для тех же КО для долготных интервалов 0° – 180° и 180° – 360° соответственно. Видно, что при зональной структуре ГМП (верхний ряд) наблюдаются большие КД на полюсах. Часто они имеют протяженные по широте отростки в область низких широт. Иногда эти отростки отсоединяются от полярных КД и формируют отдельные КД в той же полусфере в областях фотосферных магнитных полей той же полярности, что и магнитные поля соответствующего полюса Солнца.

Зональная структура ГМП, несмотря на кратковременные возмущения, в целом, остается стабильной на протяжении ее доминирования в минимуме цикла. С ростом солнечной активности начинает доминировать секторная структура ГМП [2]. Полярные КД резко уменьшаются, исчезая совсем к максимуму цикла, и появляются вновь уже после смены знака ГМП. Не полярные КД, соответствующие фотосферным магнитным полям одной полярности, начинают формировать протяженные широтно-долготные КД, отражая распределение ГМП (рис. 1, нижний ряд).

Рис. 2.

Рис. 3.

На рис. 2 показано изменение соотношения суммы секторных и зональных гармоник сферического разложения ГМП на фазе роста 23 цикла. Рост вклада секторных структур начинается в конце 1997 г., а с конца 1999 г. секторная структура ГМП доминирует. В отличие от зональной, секторная структура ГМП не является устойчивой, а претерпевает резкие изменения, отражающиеся в широтно-долготном перераспределении положительных и отрицательных магнитных полей. На рис. 3 показан период с 1947 по 1951 КО когда произошла реорганизация ГМП. Слева показаны распределения ГМП на поверхности источника, а справа – совмещенные синоптические данные магнитных полей (SOHO/MDI) и КД (Китт Пик). В КО 1947 на долготах 0° – 140° доминировало отрицательное ГМП и КД формировались в областях отрицательных фотосферных магнитных полей, а на долготах 150° – 360° – положительные и КД формировались в областях положительных фотосферных магнитных полей. В 1948–1950 КО произошла реорганизация ГМП и к КО 1951 распределение магнитных полей ГМП изменилось на противоположное. Также и КД к 1951 КО стали формироваться на долготах 0° – 150° в областях положительных фотосферных магнитных полей, а на долготах 160° – 360° – отрицательных. Сопоставление с изменением магнитных полей активных областей (АО) показало, что для ряда КД, наблюдавшихся в этот период, эти изменения не связаны с появлением или диссипацией конкретных АО. Из проведенного исследования можно сделать вывод, что закономерности формирования КД определяются эволюцией ГМП в циклах солнечной активности.

Благодарности. 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. NSO/Kitt Peak data used here were produced cooperatively by NSF/NOAO, NASA/GSFC, and NOAA/SEL. SOHO/MDI data were used. SOHO is a project of international cooperation between ESA and NASA.

Литература

1. *Altschuler M.D., Newkirk, G.* // Solar Phys., 1969, 9, 131.
2. *Bilenko I.A.* // Astron. & Astrophys., 2002, 396, 657.
3. *Bilenko I.A., Tavastsherna K.S.* // Solar Phys., 2016, 291, 2329.
4. *Bilenko I.A., Tavastsherna K.S.* // Geomag. & Aeronomy, 2017, 57, 803.
5. *Hoeksema J.T., Scherrer P.H.* // Solar Phys., 1986, 105, 205.
6. *Ikhsanov R.N., Ivanov V.G.* // Solar Phys., 1999, 188, 245.
7. *Ivanov E.V., Obridko V.N.* // Geomag. & Aeronomy, 2014, 54, 996.
8. *Mogilevsky E.I., Obridko, V.N., Shilova* // Solar Phys., 1997, 176, 107.
9. *Nolte J. T., et al.* // Solar Phys., 1976, 46, 303.
10. *Obridko V.N., Shelting B.D.* // Solar Phys., 1989, 124, 73.
11. *Sheeley, N.R., Harvey, J.W.* // Solar Phys., 1981, 70, 237.
12. *Temmer M. et al.* // Solar Phys., 2007, 241, 371.