ВАРИАЦИИ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОРОНАЛЬНОЙ ДЫРЫ 2015–2017 гг.

Андреева О.А., Малащук В.М.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия
olga@craocrimea.ru

VARIATIONS IN THE ROTATION RATE OF THE CORONAL HOLE 2015–2017

Andreeva O.A., Malaschuk V.M.

Crimean Astrophysical Observatory of RAS, Nauchny, Crimea, Russia
olga@craocrimea.ru

The variations in the rotation rate of the coronal hole (CH) in the process of its evolution are investigated. The work is based on the analysis of images of the total disk of the Sun obtained by SDO / AIA in the line Fe XII 193Å in 2015–2017. It was determined that the rotation rate of the CH at the latitude of 40° is close to the standard speed at the initial stage and at the stage of maximum development of the CH; less in the final phase of the development of the CH. The average rotation rate of the CH, in the maximum phase of its development, is greater than the rotation rate of the solar disk.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-27-31

Введение

Скорость солнечного вращения измеряется по наблюдениям углового перемещения относительно медленно изменяющихся деталей в солнечной атмосфере – таких, например, как пятна, факелы, флоккулы, темные волокна, хромосферная сетка, яркие точки, корональные дыры, а также корреляции магнитограмм и т.д. (так называемый метод трассеров), или при помощи спектроскопических наблюдений. Каждый из методов дает несколько иную широтную зависимость, хотя большинство трассеров показывают одну и ту же скорость вращения на экваторе.

В целом, можно считать твердо установленным, что угловая скорость вращения в среднем уменьшается с широтой и глубиной; при этом она получается несколько различной при определении по различным образованиям солнечной активности.

Многочисленные исследования показали, что дифференциальное вращение в короне менее выражено, чем на фотосфере. Уже довольно давно было обнаружено, что в корональных крупномасштабных образованиях иногда наблюдается почти твердотельное вращение. Для объяснения ряда наблюдательных особенностей вращения короны некоторые авторы предположили возможное сосуществование твердотельного и дифференциального вращений в солнечной атмосфере.

В настоящее время разнообразные законы вращения для различных образований в солнечной атмосфере рассматриваются как, в общем, правдоподобное отражение скоростей вращения на определенных глубинах Солнца, где укоренены различные локальные, крупномасштабные и глобальные поля, управляющие отдельными образованиями. Естественно, что единственным объяснением существования двух мод вращения может быть различие глубин укоренения соответствующих образований. Постепенное уменьшение скорости вращения с глубиной вполне согласуется с недавними результатами гелиосейсмологии.

Дифференциальность вращения КД изменяется с циклом активности. Во время максимума активности вращение КД носит ярко выраженный дифференциальный характер, и период вращения КД на высоких широтах достигает 29.5 дней. С уменьшением активности уменьшается дифференциальность вращения КД, и за 1–2 года до наступления минимума наблюдается почти жесткое вращение КД, как и жесткое вращение короны в целом в это время. Полученные результаты показывают, что характеристики дифференциального вращения КД определяются вращением короны, которая, в среднем, вращается более жестко, чем фотосфера.

Настоящая работа продолжает серию работ [1–3], посвященных исследованию эволюции и влиянию на околоземное пространство долгоживущей гигантской КД (ГКД) 2015–2017 гг. Ранее нами были получены результаты анализа изменений таких эволюционных характеристик ГКД как площадь, интенсивность, напряженность МП и магнитный поток. Целью этой работы было исследование вариаций скорости вращения ГКД.

Данные и методы исследования

Работа основана на анализе изображений полного диска Солнца, полученных SDO/AIA в линии Fe XII 193Å. Время существования ГКД 24 керрингтоновских оборота (CR) июнь 2015 – март 2017г. Нами рассматривались 3 этапа эволюции КД (CR 2165–2168, 2172–2179 и 2181–2185). В этом исследовании мы решали две задачи:

Рис. 1.

- Анализ смещения центра ГКД на широте 40° в течение трех последовательных дней для каждого оборота.

- Анализ изменения долготы центра КД ($L_{0_КД}$) со временем и сравнение с долготой диска Солнца (L_0). Данные за три дня в обороте для обоих типов данных.

На рис. 1 ГКД на диске Солнца в обороте CR2183 за три дня наблюдений: 24, 25 и 26 октября 2016 г. 25 октября центр ГКД был ближе всего расположен к центральному меридиану.

Смещение центра ГКД в заданных временных интервалах

Для решения первой задачи были определены:

- ✓ Гелиографические координаты центра диска (L_0) для рассматриваемых моментов времени.
 - ✓ Гелиографические координаты центра КД ($L_{0_КД}$) на широте $\varphi = 40^\circ$
 - $l_{E_КД}$ и $l_{W_КД}$ – значения долготы для восточной (E) и западной (W) границ КД для каждого из трех дней в обороте;
 - разность $l_W - l_E$ для тех же дней – размер КД в градусах на заданной широте для определения центра КД ($L_{с_КД}$);
 - изменение $\Delta L_{с_КД}$ за сутки;
 - средняя $L_{0_ср}$ для трех дней наблюдений КД вблизи L_0 ;
- для трех дней наблюдений в каждом обороте $L_{0_КД}$ центра КД;

Нами получены средние значения смещения центра ГКД для трех моментов ее развития

- ✓ I этап: обороты 2165–2168 $\Delta l_{с_КД}$ 10,5–14,75°/сутки, среднее – 12,3°/сутки;
- ✓ II этап: обороты 2172–2179 $\Delta l_{с_КД}$ 11,7–14,7°/сутки, среднее – 12,4°/сутки;
- ✓ III этап: обороты 2181–2185 $\Delta l_{с_КД}$ 10,5–13°/сутки, среднее – 11,7°/сутки.

Результаты

Скорость вращения ГКД на широте 40° близка к стандартной скорости в начальной стадии и в стадии максимального развития КД; меньше – в конечной фазе развития КД.

Стандартная скорость вращения диска Солнца в короне на широте $40^\circ \sim 12^\circ$ /сутки [4]. По более новым данным 2006 года [5] $12,6^\circ$ /сутки.

Изменение долготы центра КД со временем и сравнение с долготой диска Солнца

Мы представили средние значения долготы центрального меридиана диска Солнца (L_0) и средние значения долготы центра КД ($L_{0_КД}$) за 3 суток для каждого из оборотов в виде полиномов 2-ой степени. Нами полу-

чено: в максимальной стадии развития КД $L_{0_КД} = 261^{\circ},5$ $L_0 = 256^{\circ},5$, при этом $\Delta L = 5^{\circ}$ (рис. 2).

Рис. 2.

Результаты

Скорость вращения КД, в максимальной фазе ее развития, больше скорости вращения диска Солнца. Это свидетельствует о том, что источник образования КД и источник фонового поля находятся на разных глубинах.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-42-92017.

Литература

1. Андреева О.А., Малащук В.М., Ахтемов З.С., Жигалкин Р.К. // Изв. Крымск. Астрофиз. обс., 2018, Т. 114, № 1, С. 129-134.
2. Andreeva, O.A., Akhtemov, Z.S., Malashchuk, V.M., Zhigalkin, R.K. // Geomagnetism and Aeronomy., 2018, Vol. 58, No. 8, pp. 916–924. (in print)
3. Ахтемов З.С., Перебейнос В.А., Штерцер Н.И. // Изв. Крымской Астрофиз. обс., 2018, Т. 114, № 1, 123–128
4. Аллен, К.У. Астрофизические величины / Справочник. Перевод с англ. Х.Ф. Халиуллина; Под ред. Д.Я. Мартынова. – Перераб. и доп. изд. – М.: Мир, 1977. – 446 с.
5. Бадалян О.Г., Обридко В.Н., Сикора Ю. // Астрономический журнал, 2006, том 83, № 4, с. 352–367.