СРАВНЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ИЗМЕРЕННЫХ И ВЫЧИСЛЕННЫХ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР

Тлатов А.Г.¹, Березин И.А.¹, Илларионов Е.А.²

¹*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

COMPARISON OF THE AREAS OF MEASURED AND CALCULATED CORONAL HOLES

Tlatov A.G.¹, Berezin I.A.¹, Illarionov E.A.²

¹*Kislovodsk mountain astronomical station of the Pulkovo observatory, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

A catalog properties of coronal holes (CH) has been created based on SDO/AIA 193Å observations for both daily images and synoptic maps. The method of calibration of the initial daily images is applied for the catalog. The method of cultivation with a limited growth rate is applied. According to the daily CH data, a catalog of synoptic CH maps has been created. Long-term changes in the area of CH reconstructed from observations in the UV range of SOHO/EIT 195Å and the area of open magnetic flux areas calculated from observations of various magnetographs (WSO, GONG, SOLIS, HMI, STOP) have been studied. We found that the open flux showed similar values with CH measurement data from observations.

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-269-272

Введение

Корональные дыры (КД) представляют собой крупномасштабные долгоживущие структуры на Солнце, возникающие в униполярных областях с открытой конфигурацией магнитных силовых линий и наблюдаемые в крайнем ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах как участки с пониженной яркостью. Корональные дыры могут существовать на протяжении нескольких оборотов Солнца, что приводит к формированию рекуррентных потоков солнечного ветра.

В последнее время было предпринято несколько попыток автоматизировать идентификацию СН с использованием различных методов, например [1–3]. Автоматическое обнаружение КД путем установления порогового значения интенсивности с использованием одной длины волны усложняется наличием темных областей спокойного Солнца, волокон и переходных затемнений, которые имеют такой же диапазон интенсивностей, как и КД.

Целью данной работы является исследование долговременных изменений КД, являющихся источниками высокоскоростного солнечного ветра, и их связи с повторяемостью магнитных бурь с постепенным началом.

Метод выделения КД

Для выделения КД в данном исследовании мы использовали fits изображения SDO/AIA193Å, взятые каждый день в период 2010–2021 гг., взятые на 10:00UT. Первоначально мы сжимали размер изображения с 4096×4096 пикселей в 4 раза. Для калибровки мы вычисляли максимум распределения интенсивности в центре диска I_{disk} , $R < 0.8 \cdot R_{\odot}$, и короне I_{cor} Солнца на расстоянии $R < 1.28 \cdot R_{\odot}$. Затем для всех точек изображения мы вычисляли новую интенсивность $I_n = \log_{10}((I_{old} - I_{cor}) / (I_{disk} - I_{cor}) \cdot I_{disk} \cdot 100)$. Для полученных интенсивностей мы строили и запоминали изображения в формате jpg, по которым в дальнейшем проводили выделения КД. Далее мы применяем процедуру выращивания. В дальнейшем этот алгоритм будем называть KMAS.

Рис. 1. Широтно-временная диаграмма распределения центров корональных дыр. Цветом показана полярность магнитного поля КД. КД наложены на магнитные поля, полученные с телескопа SDO/HMI.

Сопоставление измеренных и рассчитанных КД

Мы выполнили расчеты площадей открытых областей магнитного поля по данным 5-ти магнитографов: WSO, SOLIS, HMI, GONG и STOP. Магнитограф STOP, единственный среди них магнитограф полного диска Солнца вне США. Магнитограф STOP выполняет регулярные наблюдения магнитного поля в линии 6302Å. Для вычисления областей открытого магнитного потока мы использовали PFSS метод, применяемый в системе прогнозирования параметров солнечного ветра Кисловодской астрономической станции (KMAS) [4]. Карты представлены на сайте: <http://solarstation.ru/>.

На рис. 2 представлено сравнение площадей измеренных КД, представленных на синоптических картах с площадью областей открытого магнитного потока, вычисленного по данным магнитографов.

Рис. 2. Сравнение площадей измеренных КД на синоптических катах по данным наблюдений SDO/AIA 193Å (черная линия) с площадями рассчитанных областей открытого магнитного потока по данным различных наблюдений. Площадь выражена в единицах мдп.

В целом существует хорошее согласие между рассчитанными и измеренными площадями КД. Можно отметить, что период 2014–2015 года наблюдался скачкообразный рост площади КД фактически в 2 раза. Этот рост проявляется и по данным расчетов.

Формирование синоптических карт корональных дыр имеет большое практическое значение для исследований космической погоды. Как правило, для формирования синоптических карт КД используют метод выделения КД на уже собранных синоптических картах интенсивности. Другой подход состоит в том, чтобы включить компиляцию границ КД, обнаруженных на ежедневных картах. Такой подход позволяет избежать калибровки изображений отдельных дней наблюдений для сборки синоптической карты интенсивности. В данной работе мы применили метод компиляции КД на синоптической карте с ежедневных данных. Таким образом, мы реконструировали синоптические карты по данным наблюдений SDO/AIA193Å для оборотов 2096–2245.

Недавние исследования показали, что открытый магнитный поток, идентифицированный в КД, недооценивает открытый магнитный поток в гелиосфере, полученный из измерений на месте, в два или более раз, что называется «проблемой открытого потока» [3, 5, 6]. На рис. 3 представлено сравнение рассчитанного потока магнитного поля, вычисленного из пло-

щадей КД нашего каталога, с изменениями величины межпланетного магнитного поля по данным каталога OMNI2. Можно отметить, что в период 2010–2016 гг. совпадение достаточно хорошее. В частности, в обоих типах данных прослеживается резкий рост в 2014–2015 гг. Но после 2016 года поток измеренного ММП падает гораздо более быстрыми темпами. Возможно, различие связано с неправильной корректировкой полярного магнитного поля на фотосфере.

Рис. 3. Сравнение магнитного потока, вычисленного на фотосфере из данных каталога КД с величиной ММП по данным OMNI2.

Выводы

Создан новый каталог свойств КД по данным наблюдений SDO/AIA 193Å как для ежедневных изображений, так и для синоптических карт. Данные площадей КД на синоптических картах показали хорошее соответствие с рассчитанными площадями областей открытого магнитного потока. Каталог КД представлен на сайте <https://observethesun.ru/>.

Литература

1. Caplan, R.M., Downs, C., & Linker, J.A. // *ApJ*, 2016, 823, 53.
2. Illarionov, E.A., Tlatov, A.G. // *MNRAS*, 2018, 481, p.5014-5021.
3. Linker J.A., Heinemann S.G., Temmer M. et al. // *ApJ*, 2021, 918:21 (18 pp).
4. Tlatov, A.G., Dormidontov, D.V., Kirpichev, R.V. et al. // *G&A*, 2015, 55, pp.969-975.
5. Lowder, C., Qiu, J., & Leamon, R. // *SoPh*, 2017, 292, 18.
6. Wallace, S., Arge, C.N., Pattichis, M., et al. // *SoPh*, 2019, 294, 19.