ВАРИАЦИИ АСИММЕТРИИ В 24-М ЦИКЛЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Андреева О.А., Абраменко В.И., Малащук В.М.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия

ASYMMETRY VARIATIONS IN THE 24TH CYCLE OF SOLAR ACTIVITY

Andreeva O.A., Abramenko V.I., Malashchuk V.M.

Crimean Astrophysical Observatory of RAS, Nauchny, Crimea, Russia

This paper presents the results of the analysis of the north-southend (NS) asymmetry of two type of coronal holes (CHs) on the Sun during the period May 13, 2010 – May 13, 2021. In our study used images in the extreme ultraviolet in the Fe XII, XXIV line (193 Å) obtained with the Atmospheric Imager Assembly of the Solar Dynamics Observatory (AIA/SDO). It is noted in the work that the South dominated in the polar CHs for most of the period under consideration, and mainly in the North in the non-polar ones. We have shown that the maximum and minimum of the NS- asymmetry in the areas of nonpolar CHs are close in time to the maximum and minimum of the asymmetry in the areas and the number of sunspots. Their maximum imbalance occurs at the minimum of the cycle and the transition from cycle 24 to cycle 25; minimum - on the branches of the ascent and the first maximum of the 24th cycle. For polar CHs, the maximum area asymmetry is observed at the maximum, and the minimum – at the minimum of 24 cycles. This once again confirms our assumption that these two types of CHs are of different nature, and nonpolar CHs and spots are elements of general magnetic activity. Our result shows that asymmetry is a deep phenomenon that manifests itself even in such large structures as open magnetic fields, and manifests itself in real time, during the cycle, and not after 11 years.

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-35-38

Северо-южная асимметрия является некоторой фундаментальной характеристикой солнечной активности сама по себе и также свидетельствует о различии других характеристик активности в двух полушариях в ходе 11-летнего и векового циклов активности. Северо-южную асимметрию можно интерпретировать как разбалансировку в работе двух полушарий. Наблюдаемая разбалансировка наиболее выражена в минимумах циклов, при постепенном переходе от одного цикла к другому [1]. В рамках современной динамо-теории существенным является вопрос, насколько синхронизованы процессы, происходящие в северном и южном полушарии. Как правило, величина северо-южной асимметрии определяется как в работе [2]: $A = (N - S) / (N + S)$, где N и S – значения индексов активности для северного и южного полушарий Солнца. Индекс A со знаком плюс указывает на доминирование активности N полусферы, минус – S. Чаще всего асимметрию исследуют на пятнах (рис. 1).

Рис. 1.

В масштабах 11-летнего цикла эта асимметрия сводится, прежде всего, к избытку суммарной площади и числа групп пятен в одном из полушарий, а также несинхронности широтного распределения центров, различию эпох экстремумов и формы кривых 11-летних циклов в разных полушариях. На рис. 1 показан профиль NS-асимметрии для площадей солнечных пятен (S_{SP} – толстая черная кривая) на фоне индекса чисел солнечных пятен (SSN), отражающих ход 24 цикла солнечной активности. Здесь и далее обе кривые – это ежедневные суммарные данные, сглаженные за 13 месяцев. Каждому локальному 11-летнему максимуму активности соответствует локальный 11-летний минимум абсолютной $|A|$ асимметрии (у нас это середина 2012 – начало 2013 г.). Увеличение $|A|$, как по числу, так и по площадям солнечных пятен приходится на фазу роста, второго максимума и начало нового цикла (рис. 1). По исследованию NS-асимметрии пятен и их площадей выполнено довольно много работ [1–3] и др., а по CHs – мало. Цель нашей работы на достаточно обширном материале проанализировать как ведет себя профиль NS-асимметрии для разных типов CHs.

Данные наблюдений и метод

Наше исследование базируется на данных наблюдений, полученных инструментом SDO/AIA в линии железа (Fe XII 19.3 нм). В своем исследовании мы хотели проследить, насколько согласована работа полушарий на протяжении одного одиннадцатилетнего цикла. Поскольку, на момент начала 24 цикла интересующих нас данных еще не было, мы воспользовались данными с 13 мая 2010 г., когда они стали доступны и регулярны и продолжили их ровно на 11 лет, до 13 мая 2021 г. Инструментом для извлечения информации о площадях CHs, послужил комплекс процедур SPoCA – Spatial Possibilistic Clustering Algorithm, подробно описанный в работе [4]. Этот софт позволяет выполнять сегментацию изображения и выделять CHs, активные области и спокойное Солнце. Для локализации

CHs и определения их площадей мы воспользовались базой данных Heliophysics Events Knowledgebase (http://www.lmsal.com/hek/hek_isolsearch.html), куда поступает информация после обработки SPoCA. В результате нами был получен массив площадей CHs за период 13.05.2010–13.05.2021 гг. Единица измерения площадей – Мм^2 . Данные об индексе чисел (SSN) и площадях (Ssp) солнечных пятен взяты с <https://wwwbis.sidc.be/silso/dayssnplot> и http://solarcyclescience.com/AR_Database/daily_area.txt соответственно.

NS-асимметрия площадей полярных и неполярных КД

Мы исследовали две группы CHs: полярные (CH pol) и неполярные – средне- и низкоширотные CHs, не связанные с полюсом (CH nonpol). В процессе исследования нами проанализировано всего 17718 CHs. Из них полярных было 8180, неполярных – 9538. Рассмотрим вклад двух видов CHs в разбалансировку полушарий в рассматриваемый период.

Рис. 2.

На рис. 2 жирная черная линия отражает ход NS-асимметрии площадей полярных CHs ($S_{\text{CH pol}}$) на фоне 24 цикла СА (серой тонкой линии). Большую часть рассматриваемого периода по полярным CHs доминировал Юг. И только в период с середины 2013 до начала 2014 и на ветви спада 24 цикла – Север. Максимумы асимметрии площадей полярных корональных дыр Юга близки по времени к двум пикам максимума СА 24 цикла. Максимум асимметрии $S_{\text{CH pol}}$ на Севере предшествует второму пику максимума 24 цикла СА.

По неполярным CHs, в основном, лидирует Север (рис. 3). Наблюдается некоторая периодичность в смене доминирования полушарий. Так же как и по пятнам, 11-летний минимум модуля асимметрии неполярных CHs приходится на 2012–2013 годы.

Рис. 3.

Выводы

Наблюдаемая разбалансировка полушарий наиболее выражена в минимуме цикла и на ветви роста как для числа и площадей солнечных пятен, так и для неполярных CHs, что согласуется с работами других авторов [1]. Для полярных CHs максимум асимметрии – в максимуме 24 цикла СА.

Минимум разбалансировки полушарий: по числу и площадям пятен, приходится на период с марта 2012 г. до начала 2013 г. По числу неполярных CHs – на период, близкий к этому: вторая половина 2011 г. – начало 2013 г. Это еще один аргумент в пользу нашего предположения, что неполярные CHs и пятна – это элементы общей магнитной активности. По полярным CHs, минимальная NS-асимметрия наблюдается в фазе минимума 24 цикла.

Большую часть рассматриваемого периода по полярным CHs доминировал Юг, по неполярным – в основном, лидировал Север. И это сказалось на общей картине NS-асимметрии всех CHs.

Наш результат показывает, что асимметрия – это глубокое явление, которое проявляется даже на таких крупных структурах, как открытые магнитные поля, и проявляется она не через 11 лет, а в режиме реального времени, по ходу цикла.

Литература

1. Бадалян О.Г. // *Астрономический журнал*. 2011. Т. 88, № 10. С. 1008.
2. Витинский Ю.И. *Цикличность и прогноз солнечной активности*. – Л.: Наука, 1973. 258 с.
3. Наговицын Ю.А. и др. // *Астрон. журн*. 2010. Т. 87, № 5. С. 524.
4. Barra V. et al. // *Astron. Astrophys.* V. 505. 2009. P. 361.