ПОЛЯРНЫЕ И НИЗКОШИРОТНЫЕ ФАКЕЛЫ В 23–24 ЦИКЛАХ АКТИВНОСТИ

Тлатов А.Г.^{1,2}, Тлатова К.А.¹

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

²*Калмыцкий государственный университет, Элиста, Россия*

POLAR AND LOW LATITUDE FACULAE IN 23–24 ACTIVITY CYCLES

Tlatov A.G.^{1,2}, Tlatova K.A.¹

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

²*Kalmyk State University, Elista, Russia*

According to observations from the space observatories MDI (1996–2011) and SOHO (2010–2019), polar and low-latitude flares in white are highlighted in daily images. The boundaries of the faculae combined with observations of magnetic fields at the closest possible moment of observation. The analysis of distributions in time, latitude and other properties of polar and low latitude faculae is carried out. The obtained data of polar faculae were supplemented by observations from the Mitaka Observatory (Japan) for the period 1951–1999. Thus, we have compiled a summary series of polar activity for the period 1951–2019.

We carried out a forecast of the amplitude and shape of the 25th activity cycle according to polar activity data. It can be expected that the amplitude of the activity cycle of spots will be close to cycle 24.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-387-390

Введение

Считается, что полярные факелы представляют полоидальные магнитные поля в высокоширотных областях, а солнечные пятна представляют собой тороидальные магнитные поля. Тороидальные поля генерируются из полоидальных полей дифференциальным вращением. С другой стороны, магнитные поля солнечных пятен мигрируют в полярные области, и происходит переполусовка полярного магнитного поля Солнца. В данной работе нас интересует, лучше ли коррелируют полярные факелы с пятнами предыдущего или следующего цикла.

Полярные факелы, возможно, являются одним из первых обнаруженных предвестников солнечной активности. Чистяков [1], проводя обзор исторических данных наблюдений полярной солнечной активности в белом свете, установил, что еще в 1867 Вебер [2] высказал идею о том, что 11-летний солнечный цикл начинается незадолго до минимума активности пятен на высоких широтах и затем скачкообразно перемещается в средние широты. Проводя корреляцию циклов полярной активности по рядам данных наблюдений полярных факелов обсерваторий Гринвической, Ликской, Токийской, Цюрихе, Маунт Вилсон и Кисловодска Чистяков не пришел к

однозначному выводу о связи полярных факелов с предыдущим или последующим циклом солнечных пятен. Vumba (1990) [3] и Sheeley (1991) [4] проанализировали полярные факелы и утверждали, что фазовые циклы отстают от циклов солнечных пятен. В других исследованиях [5–8] изучалось фазовое соотношение между количеством солнечных пятен и количеством факелов. Авторы изучили взаимную корреляцию между месячными числами полярных факелов и месячными относительными числами солнечных пятен и обнаружили, что наибольший коэффициент взаимной корреляции получается, когда фазовый цикл смещен на ~ 5 –6 лет в направлении следующего цикла солнечных пятен.

Возможно, неоднозначность результатов была связана с выбором широтной зоны существования полярных факелов. Как правило, к полярным фалам относятся факелы на широтах от 50 – 60° . Однако в работе [8] при анализе ярких точек в линии CaKII и полярных факелов в белом свете было найдено, что только области на широтах выше 70° градусов имеют существенную корреляцию со следующим циклом активности солнечных пятен.

Хотя полярные магнитные поля Солнца, как считается, дают важную информацию для понимания 11-летнего цикла солнечных пятен, включая наблюдаемые изменения его амплитуды и периода, текущая база данных высококачественных измерений полярных полей охватывает относительно небольшое количество циклов солнечных пятен.

В данной работе мы выделили полярные и низкоширотные факелы по данным спутниковых наблюдений в “белом” свете SOHO/MDI и HMI/SDO и составили сводный ряд полярной активности за период 1951–2019 гг.

Данные

Мы выполнили обработку изображений в “белом” свете наблюдений SOHO /MDI p (1996–2011) и HMI/SDO (2010–2019). Для выделения факелов в белом свете вычиталось потемнение изображений к краю солнечного лимба, затем происходил вычисление градиента Sobel. В тех областях, в которых градиент был достаточно большой, и интенсивность превышала фоновую, проводилось выделение ярких структур методом выращивания.

На рис. 1 широтно-временная диаграмма факелов выделенных по данным HMI/SDO. Темные и серые градации цвета соответствуют факелам различной полярности магнитного поля. На высоких широтах после 2015 г. видны высокоширотные полярные факелы. Их количество модулируется годовой вариацией, связанной с изменениями угла D при наблюдениях Солнца.

Вариации площади полярных факелов на широтах выше 70° по данным MDI и SDO представлены на рис. 2. Для сопоставления на нижней панели представлен индекс солнечных пятен. Временные шкалы для полярных факелов и пятен совмещены так, чтобы p максимумы полярной и низкоширотной активности примерно совпадали. Можно отметить, что уро-

вень полярной активности перед 23-м циклом активности выше, чем перед 24-м циклом. Вертикальные линии показывают возможную связь импульсов активности.

Рис. 1. Широтно-временная диаграмма факелов выделенных по данным HMI/SDO.

Рис. 2. Верхняя панель: изменения площади полярных факелов на широтах выше 70° по данным MDI и SDO. Представлены ежемесячные значения и (серая линия) и огибающая полученная при усреднении с окном 13 точек. Нижняя панель: индекс солнечных пятен. После 2019 г. пунктиром представлен прогноз активности пятен.

Рис. 3. Сводный график полярной активности на широтах выше 70° по данным обсерватории Mitaka и данной реконструкции. Внизу индекс активности солнечных пятен для 19–24 циклов активности.

Таким образом, уровень и вариации полярной активности предшествует циклу пятен. Это позволяет выполнить прогноз амплитуды и вариациям активности пятен в 25-м цикле активности (пунктирная линия на нижней панели рис. 2).

Ежемесячные числа полярных факелов за период 1951–1999 гг. можно взять из данных наблюдений обсерватории Митака. Мы построили сводный индекс полярной активности. Для этого ежемесячное количество факелов обсерватории Митака было приведено к площади полярных факелов на широтах выше 70° по данным MDI и SDO (рис. 3). Для сравнения этот индекс совмещен с индексом солнечных пятен. Можно отметить, что форма огибающих полярных циклов и для каждого цикла активности и их амплитуды примерно соответствуют друг другу.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 18-02-00098 –а и проекта РНФ N 15-12-20001.

Литература

1. Чистяков В.Ф. Методы исследования Солнца. – Владивосток, 1986. – 133.
2. Weber, F. // Wochenschr. Astron. Met. Geogr., 1867, **10**, 67, 155.
3. Bumba, V. // Astr. Ins. of Czech., Bulletin, 1990, vol. 41, no. 5, p. 325-332.
4. Sheeley, N.R., Jr. // ApJ, 1991, 374, 386.
5. Makarov, V.I., Makarova, V.V., & Sivaraman, K.R. // Solar Phys., 1989, 119, 45.
6. Makarov, V.I., Makarova, V.V. // Solar Phys., 1996, **163**, 267.
7. Muñoz-Jaramillo A. Sheeley, N.R.; Zhang J., DeLuca, E.E. // Astroph. Journal, 2012, **753**, 146.
8. Tlatov, A.G. // Solar Physics, 2009, V. 260, pp.465-477.