ПОЛЯРНАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА И ПРОДОЛЖЕННЫЕ ЦИКЛЫ АКТИВНОСТИ В ПЕРИОД 15–24 ЦИКЛАХ АКТИВНОСТИ

Тлатов А.Г.^{1,2}, Тлатова К.А.¹

¹*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН, Россия*

²*КалмГУ, Элиста, Россия*

POLAR ACTIVITY OF THE SUN AND CONTINUOUS ACTIVITY CYCLES IN THE PERIOD 15-24 ACTIVITY CYCLES

Tlatov A.G.^{1,2}, Tlatova K.A.¹

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

²*Kalmyk State University, Elista, Russia*

An analysis of solar activity at various latitudes according to daily observations of the Kodaikanal, Mount Wilson, Sacramento Peak and Medon observatories in the KCaII line was performed. Elements of activity of various sizes from elements of the chromospheric grid to plages are identified. An integrated database of observation results was created, which provides information on the activity of the Sun in the period 1905–2018. Besides the low-latitude activity that accompanies the appearance of sunspots, on daily images in the KCaII line bright elements at middle and high latitudes were allocated. Activity can be represented as a single process, starting at high latitudes during the decline phase of the previous activity cycle and continuing at low latitudes as sunspot activity. For cycles 14–24, we studied the pattern of activity drift, which is more consistent with the extended solar cycle hypothesis than the notion of two activity waves from mid-latitudes to the poles and the equator, obtained from the processing of torches in white light.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-365-368

Введение

Впервые полярная активность наблюдалась Х. Вебером [1] в 1861–1862 гг., который продолжил наблюдать их визуально в белом свете в течение 20 лет [2]. Вебер отмечал, что в большинстве случаев полярные факелы – малые объекты со временем жизни несколько часов. Он отметил, что полярные факелы появлялись в 1865–1869 гг. на широтах 60°–80° вблизи полюсов, а в период минимума 11 цикла солнечных пятен в 1867 г. активность пятен была исключительно высокой. Так, в августе 1866 г. факелы в области широт $q = 60^\circ$ – 80° располагались почти сплошным поясом [3]. Вебер в 1866 г. высказал предположение, что 11-летний цикл начинается в полярных областях незадолго до минимума солнечных пятен, а затем скачкообразно за один год область активности перемещается на средние широты.

Чистяков [2] проанализировал наблюдения полярных факелов по данным обсерваторий: Гринвича 1880–1955 гг., Лиона 1889–1921 гг., Цюриха 1946–1965 гг., Токио (Митака) 1951–1964 гг., Кисловодска 1970–1977 гг.

Было отмечено, что полярные факелы появляются вблизи минимума, имеют N-S асимметрию, могут иметь несколько максимумов, причем эпохи максимумов могут отличаться на севере и на юге. В период 1880–1955 гг. по данным Гринвичской обсерватории самый низкий уровень активности полярных факелов наблюдался в 1901 г. перед 14-м циклом активности. Самый высокий уровень – в 1944 г. в минимуме 18-го цикла активности. Исследуя широтное распределение факелов, он сделал вывод, что волна “факельной” активности может возникать на низких широтах в эпоху минимума активности.

Волны дрейфа от высоких широт к экватору можно выделить и в индексах, непосредственно связанных с магнитными полями, генерируемыми в цикле активности. Первое выделение таких волн, вероятно, провели Лерой и Ноенс [4] из анализа спектральной короны в линии $5303\text{\AA}$ по наблюдениям обсерватории Пик Дю Миди с 1944 по 1974 годы. Ими были выделены волны, которые начинались на широтах около 60° в эпоху, близкую к максимуму солнечного цикла активности. Во время эпохи минимума волна интенсивности разделялась на две ветви. Одна ветвь дрейфовала к полюсам, другая смещалась к зоне рождения пятен нового цикла и совпадала с “бабочкой” активности. Это позволило им предположить, что длительность цикла солнечной активности составляет около 17–18 лет, а не 11. Наблюдения спектральной солнечной короны оказались одними из самых продуктивных видов наблюдений активности, в которых можно было проследить полярные ветви активности. Позже, исследуя локальные максимумы в спектральной короне, Альтрок [5] также выделил ветви дрейфа к экватору.

Из наблюдательных данных стало ясно, что существуют дрейфы крутильных колебаний и активности от широт $\sim 60^\circ$ к экватору, но в определенное время дрейфа этих волн существует неопределенность и в настоящее время. В своей диссертации К. Харвей [6] сделала обзор наблюдательных данных, свидетельствующих в пользу существования продолженного цикла активности. Она рассмотрела результаты широтного дрейфа по пятнам, магнитным активным областям, магнитным биполям, спектральной короне, наблюдениям в линии кальция и полярным факелам. Она выделила два вида компонент магнитного поля, наблюдаемых на поверхности. Одна из них связана с всплытием магнитных биполярных областей. Вторая – дрейф к полюсам крупномасштабных униполярных полей вследствие распада и диффузии хвостовых частей комплекса активности. Рассмотрение продолженного цикла, как цикла, начинающегося после переполюсовки, является дискуссионным, поскольку не существует непрерывной связи между высокоширотной и низкоширотной активностью [7]. Только всплывающие биполярные области могут быть индикатором нового цикла активности. Такие области появляются спустя 2 года после переполюсовки и за 2.5–3 года до минимума активности на широтах 40° – 60° . Крупные обла-

сти появляются на ~ 1 год позже. Цикл биполярных областей продолжается 14–15 лет. Анализируя флуктуации числа полярных факелов внутри 11-летних циклов [8] пришли к выводу, что эти флуктуации повторяются в площадях пятен следующего цикла активности.

Таким образом, солнечную активность необходимо изучать комплексно, на всех широтах. Особое внимание следует уделять волнам активности, берущим свое начало на высоких широтах. Одним из прикладных аспектов такого анализа может быть введение новых предвестников цикла солнечных пятен для прогностических целей.

Данные

Спектральные наблюдения в этой линии отражают наличие различных типов структур солнечной атмосферы, таких как флоккульные поля, эфемерные области и хромосферная сетка. Вместе с тем наблюдения Солнца в линии кальция являются одними из самых длительных и стабильных наблюдений, по которым можно исследовать солнечный магнитный цикл на различных широтах. В данной работе проведен анализ активности по ежедневным наблюдениям в линии KCaII, полученных с помощью спектрогелиографа обсерватории Кодайканал (Индия) с 1907 по 2006, обсерватории Сакраменто Пик (США) в период 1962–2002 годов, обсерватории Маунт Вилсон 1915–1985 и Медон 1980–2018.

Рис. 1. Распределение ярких элементов по данным наблюдений в линии KCaII площадью более 1000 мдп.

Для выделения структур на ежедневных снимках Солнца была разработана методика и создан комплекс компьютерных программ. В основу анализа была положена методика определения уровня спокойного Солнца

на спектрогелиограммах, которая позволяла учитывать неоднородности плотности на фотопластинках при различных уровнях освещенности и экспозициях, условиях проявления, атмосферных условиях и пр. На рис. 1 представлено распределение ярких элементов, выделенных на изображении в линии KCaII. На диаграмме присутствуют волны дрейфов 10 циклов активности, с 15 по 24. Активность начинается на широтах 60–70°, распространяется к полюсам и движется к низким широтам, переходя в волну активности солнечных пятен.

Выводы

Выполнен анализ активности Солнца на различных широтах по данным ежедневных наблюдений обсерваторий Кодайканал, Маунт Вилсон, Сакраменто Пик и Медон в линии KCaII. Выделены элементы активности различного размера от элементов хромосферной сетки до флоккул. Создана объединенная база данных результатов наблюдений, в которой представлена информация об активности Солнца за период 1905–2018 гг. Помимо низкоширотной активности, которая сопровождает появление солнечных пятен, на ежедневных изображениях в линии KCaII выделены яркие элементы на средних и высоких широтах. Активность можно представить в виде единого процесса, начинающегося на высоких широтах на фазе спада предыдущего цикла активности и продолжающегося на низких широтах в виде активности солнечных пятен. Для циклов 14–24 изучена картина дрейфа активности, которая больше соответствует гипотезе расширенного солнечного цикла, чем представлениям о двух волнах активности от средних широт к полюсам и экватору, получаемая из обработки факелов в “белом” свете.

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

Литература

1. *Weber Heinrich*, Sonnenflecken-Beobachtungen, Gruppen and Flecken // vom Jul ibis, September 1866, Ibid., Bd. 9, S. 1-5.
2. *Chistyakov, V.F.* // Metody Issledovania Solntsa – Vladivostok, 1986. – 133 с.
3. *Weber H.* Sonnenflecken-Beobachtungen, Gruppen and Flecken // December 1866, von Januar-Marz 1867, Ibid., 1867, Bd. 10, S. 67-70; 155-157;
4. *Leroy J.L, Noens J.C.* // Astron. Astrophys., 1983, 150. L1-L2.
5. *Altrock R.C.* Forecasting the maxima of solar cycle 24 with coronal Fe xiv emission // Sol. Phys., 2014, 289, 623.
6. *Harvey, K.L.* Magnetic bipoles on the Sun – 1993, 349 p. ISBN 90-393-0068-2
7. *G.J.D. Petrie, K. Petrovay, K. Schatten.* Solar Polar Fields and the 22-Year Activity Cycle: Observations and Models // Space Sci Rev., 2014, 186:325–357
8. *V.I. Makarov, V.V. Makarova.* Polar faculae and sunspot cycles // Sol. Phys., 1996, 163, 267.