

ЭВОЛЮЦИЯ ПЛОЩАДИ И СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ПО ДИСКУ КРУПНЫХ ГРУПП ПЯТЕН, НАБЛЮДАВШИХСЯ НА АКТИВНОЙ ДОЛГОТЕ НА СПАДЕ АКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ЦИКЛА 24

Костюченко И.Г.¹, Вернова Е.С.², Илларионов Е.А.^{3,4}

¹Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова,
Москва, Россия

²Санкт-Петербургский Филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁴Горная Астрономическая Станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия

THE EVOLUTION OF THE AREA AND ROTATION RATE OF LARGE SUNSPOT GROUPS OBSERVED ON THE ACTIVE LONGITUDE AT THE DESCENDING BRANCH OF SOLAR CYCLE 24

Kostyuchenko I.G.¹, Vernova E.S.², Illarionov E.A.^{3,4}

¹Karpov Institute of Physical Chemistry, Moscow, Russia

²St. Petersburg Filial IZMIRAN, St. Petersburg, Russia

³Moscow State University, Russia

⁴Mountain astronomical station of the Pulkovo observatory, Kislovodsk, Russia

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-183-186>

The analysis of the rotation rate of individual sunspot groups in the active longitude zone along the solar disk is interesting for the understanding of the active longitude nature. It is usually considered that a long lifetime and a high level of activity of sunspot groups in the active longitude region are caused by a regular arrival of a new magnetic flux. Previously it was found that near the solar cycle minimum the rotational velocity of the active longitude zone exceeded the Carrington one. We analyze the rotation of large long living sunspot groups observed on the active longitude during the end of the descending branch of the solar cycle 24 using the Kislovodsk Mountain Station data which provide more precise and full daily information about sunspot groups than other catalogs. The analysis shows that all these sunspot groups rotate with a velocity close to that of the active longitude one. The only exclusion is the sunspot group S12673 in which the morphology changed continuously due to a series of powerful flares.

Введение

Механизм образования и долговременного существования областей повышенной активности на Солнце (активных долгот, АД) остается непонятым. Считается, что большое количество групп пятен (ГП), наблюдаемых в области АД, и их повышенная активность обеспечиваются непрерывным поступлением в эту область магнитного потока от долгоживущего источника. Ранее [1] было показано, что в период, близкий к минимуму солнечной активности, зона АД и, следовательно, её возможный источник вращаются со скоростью, несколько превышающей Кэррингтоновскую. В этом случае следует ожидать, что ГП на АД, в которые регулярно поступа-

ет новый магнитный поток, должны вращаться со скоростью, близкой к скорости вращения самой АД.

Результаты и обсуждение

В данной работе детально анализируется вращение наиболее крупных и долгоживущих ГП, наблюдавшихся в зоне АД в период спада активности цикла 24, когда, как показывает рисунок 1, выделение этой зоны можно сделать достаточно уверенно.

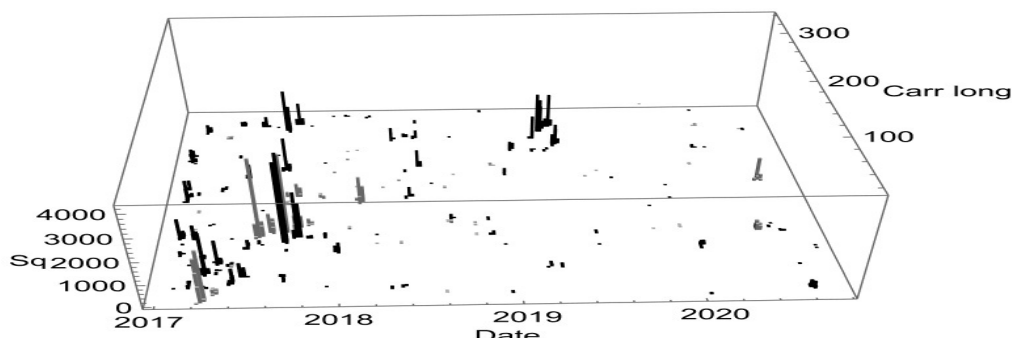


Рис. 1. Долготно-временное распределение площадей групп пятен по данным <http://solarcyclescience.com/activeregions.html> в северном (черный) и южном (серый) полушариях, 2017.2 – 2020.5 г. По оси Z – значения площади групп пятен, суммированные за 3 дня

Видно, что зона активности в Кэррингтоновской системе координат постепенно смещается со временем, следовательно, её скорость вращения (СВ), как и в предыдущих минимумах СА [1], превышает Кэррингтоновскую. Полученное смещение $123.3^\circ/\text{год}$ или $0.335^\circ/\text{день}$ соответствует скорости вращения предполагаемого источника АД 26.6 дней [2].

Для всех ГП, наблюдавшихся в зоне активности не менее 6 дней, была определена их СВ по диску интерполяцией ежедневных значений долготы центра группы [2].

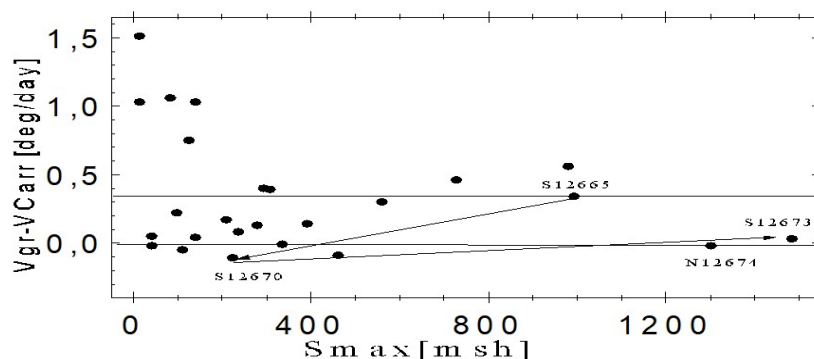


Рис. 2. Зависимость скорости вращения групп пятен в зоне активной долготы от максимально наблюдавшейся площади группы; нижняя горизонтальная линия показывает Кэррингтоновскую скорость, верхняя – скорость вращения АД. Стрелками отмечены 3 рекуррентные группы

Однако значения долготы в использованном каталоге указывается только с точностью до градуса, что приводит к ошибкам определении СВ в дополнение к факторам, указанным в [3]. Из рисунка 2 видно, что у относительно небольших ГП ($S < 400\text{--}500\text{ msh}$) СВ показывают большой разброс, при том что широта всех рассматриваемых ГП находится в узком интервале $6^\circ\text{--}14^\circ$, и зависимости СВ от широты не наблюдалось [2]. Полученные высокие СВ у мелких ГП ($S < 100\text{--}150\text{ msh}$) отмечались в [3, 4], в то время как более крупные ГП имеют СВ близкую к ожидаемой СВ зоны активности. Исключение составляют 2 самых больших ГП: S12673 и N12674. Здесь мы рассматриваем их эволюцию детально, используя каталог Кисловодской Горной Станции [5], где координаты ГП и их площади указаны с лучшей точностью, даны координаты границ каждой ГП и приводится её ежедневное изображение. Оказалось, что ГП S12673 имеет, по-видимому, предшественников на двух предыдущих солнечных оборотах – ГП S12665 и S12670. Кроме того, одновременно с ГП S12673 в северном полушарии наблюдалась ГП N12674. Эволюцию этих ГП мы рассматриваем ниже.

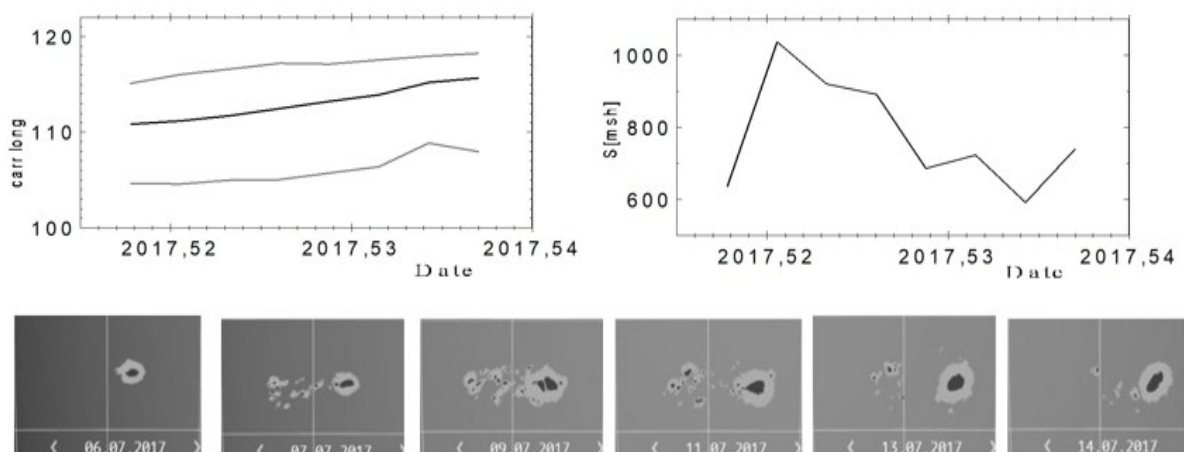


Рис. 3. Эволюция ГП S12665. Верхняя левая панель – изменение Кэррингтоновской долготы центра ГП (черная кривая) и ее границ (серые кривые); Правая верхняя панель – изменение площади ГП; Нижняя панель – ежедневные изображения ГП, цена деления 10° даты внизу.

Из рисунка 3 следует, что за время прохождения по диску Солнца в ГП S12656 как головное пятно, так и хвостовая часть постоянно смещались относительно Кэррингтоновской системы координат, в том числе и в результате поступления нового магнитного потока. С этим связано превышение над Кэррингтоновской скорости ее вращения по диску (рис. 2).

На графике изменения Кэррингтоновской долготы и на изображениях ГП N12674 (рис. 4) видно, что СВ этой ГП превышает Кэррингтоновскую и по более точным данным оказалась близкой к скорости вращения АД (0.3 deg/day). Видно также, что близкая к Кэррингтоновской СВ ГП S12673 связана с постоянной перестройкой её морфологии, вызванной, по-видимому, как поступлением нового магнитного потока, так и серией про-

изошедших в ней мощных вспышек. Отметим также, что изменение площади ГП S12673 и N12674 происходило в противофазе.

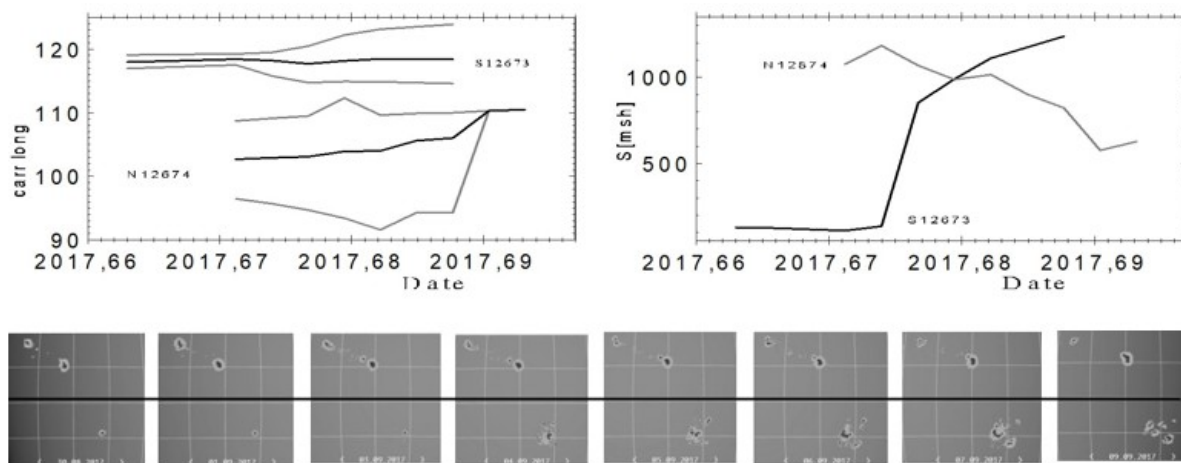


Рис. 4. Эволюция ГП S12673 и N12674, наблюдавшихся на АД одновременно в южном полушарии (S12673) и в северном (N12674). Верхняя левая панель – изменение Кэррингтоновской долготы центра ГП (черная кривая) и ее границ (серые кривые); Правая верхняя панель – изменение площади ГП, черная кривая соответствует ГП S12673, серая – ГП N12674; Нижняя панель – ежедневные изображения, цена деления 10° , даты внизу, черной линией отмечено положение экватора.

Выводы

Анализ скорости вращения по диску наиболее крупных групп пятен, наблюдавшихся на активной долготе в рассмотренный период, проведенный с использованием более точных измерений их координат, показал, что все крупные группы вращаются со скоростью, близкой к скорости вращения зоны активной долготы, в том числе в результате поступления в них нового магнитного потока. Исключение составляет группа S12673, в которой одновременно с поступлением нового магнитного потока быстро изменялась морфология, что было связано с серией происходивших в ней мощных вспышек.

Литература

1. Benevolenskaya, E.E., Kostyuchenko, I.G. // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2014, Vol. 54, No. 8, pp. 1–7.
2. Kostyuchenko I.G., Vernova E.S. // *Geomagnetism and Aeronomy*, be published in No. 8, 2023.
3. Kutsenko, A.S. // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2021, vol. 500, pp. 5159–5166.
4. Nagovitsyn, Y.A., Pevtsov, A.A., and Osipova, A.A. // *Astron. Lett.*, 2018, vol. 44, pp. 202–211.
5. Illarionov, E.A., Tlatov, A.G. // *Sol. Phys.*, 2022 (<https://doi.org/10.1007/s11207-022-01955-0>)