ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЯТЕН И ПОР В 24-М ЦИКЛЕ АКТИВНОСТИ

Тлатов А.Г.^{1,2}, Скорбеж Н.Н.¹

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

²*КалмГУ, Элиста, Россия*

CHARACTERISTICS OF SUNSPOTS AND PORES IN THE 24TH ACTIVITY CYCLE

Tlatov A.G.^{1,2}, Skorbez N.N.¹

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

²*Kalmyk State University, Elista, Russia*

A comparative analysis of the sunspot area was performed. For analysis, we used the characteristics of individual spots and pores according to synoptic observations of the Kislovodsk Mountain Astronomical Station in the 24th activity cycle. It is shown that the double-peak distribution pattern is characteristic of sunspots having a maximum area in the group. The first maximum for the area values $S_1 \sim 4\text{--}10$ arr is associated with pores and transient spots, in which the ratio of the area of the entire spot to the area of the nuclei $S_{sp} / S_{um} > 3.5$. The second maximum of $S_2 \sim 120\text{--}180$ mdp is caused by spots with a formed shadow, for which the ratio $S_{sp} / S_{um} < 3.5$, as well as spots with more than 1 core in the common penumbra. Thus, a two-vertex character is a consequence of the existence of pores and spots with developing nuclei, and not a consequence of the existence of spots of various populations.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-361-364

Введение

Солнечные пятна являются наиболее известными проявлениями солнечной активности. На фотосфере они выглядят как объекты с пониженной яркостью и температурой. Солнечные пятна состоят из темной тени (ядра), окруженной более светлой полутенью. При переходе от полутени к тени интенсивность меняется почти скачкообразно, внутри полутени она приблизительно постоянна [1]. Тень в среднем занимает 15–25% общей площади пятна. Яркость тени составляет 5–15% яркости фотосферы, но не зависит от размера тени. Помимо пятен, на фотосфере наблюдаются поры. Порами называются мелкие солнечные пятна, не имеющие полутени. Также существуют переходные пятна, в которых относительная площадь ядра составляет значительно большую площадь, чем в регулярных пятнах [2].

В работе [3] в распределении площадей групп солнечных пятен были обнаружены два максимума. Первый максимум соответствует площадям 8–13 миллионных долей солнечной полусферы (мдп), второй 60–200 мдп. Этот результат был повторен в работе [4], в которой были обнаружены максимумы распределения для значений площади 17 и 174 мпд. Это позволило авторам предположить, что имеется две популяции солнечных пятен “маленьких” и “больших”, распределение которых описывается нор-

мальным (гаусовым) распределениями для логарифма площади групп пятен и пятен с максимальной площадью в группе [4].

В данной работе мы рассмотрим распределения солнечных пятен по площадям, для различных типов солнечных пятен в группах пятен, таких как поры и сформировавшиеся пятна с ядрами.

Данные анализа

Мы использовали данные характеристик отдельных солнечных пятен, полученных на Кисловодской Горной астрономической станции (<http://158.250.29.123:8000/web/grp>). В базе данных представлены характеристики групп солнечных пятен, а также характеристики отдельных пятен, пор и ядер солнечных пятен [6]. Различие между порами и регулярными пятнами состоит в том, что в порах отсутствует полутень, и как следствие, там не выделяются ядра пятен. В период 08.2010 – 10.2018 в базе данных представлены характеристики 47058 пятен и пор, а также 45416 ядер солнечных пятен, представленных в ~12000 группах.

Рис. 1. Распределения площади пятен максимальной площади в группе S_{mx} , а также отдельно для пор (пятен без ядер) и для пятен с ядрами.

На рис. 1 представлены распределения площади для максимального пятна в группе солнечных пятен S_{mx} . Выборка проводилась для групп пятен, среднее удаление от центра диска которых не превышала $0.7R$. Это ограничение устраняет пятна на краю солнечного диска, где выделение пятен может иметь ошибку. Максимум распределения площади для выборки для пор приходится на величину $S_{por} \sim 3.6$ мдп. Для пятен хорошо заметны два максимума в распределении $S_{max}^1 \sim 8-10$ мдп и $S_{max}^2 \sim 120-180$ мдп.

Для остальных пятен и пор в группах, за исключением пятна максимальной площади S_{mx} , вторые максимумы в распределениях площадей отсутствуют. Поры имеют максимум площади $S_{por} \sim 3.6$ мдп, пятна имеют максимум $S_{sp} \sim 10$ мдп. Таким образом, можно сделать вывод, что два максимума в распределениях пятен присутствуют для пятен, имеющих максимальную площадь в группах.

Рассмотрим более подробно свойства пятен максимальной площади в группах. Важным параметром в развитии пятен является отношение площади ядра к площади всего пятна. Отношение не сильно меняется с фазой цикла, за исключением периодов, когда пятен почти нет. Средняя величина составляет $\langle S_{sp}/S_{um} \rangle \sim 3.82$. Эта величина меньше, чем для отношения в группе пятен [5], поскольку в нашем рассмотрении исключены поры. Разделим пятна в зависимости от величины отношения S_{sp}/S_{um} (рис. 2). Для переходных пятен, для которых $S_{sp}/S_{um} < 3.5$ максимум распределения приходится на $S_{mx} \sim 8\text{--}13$ мдп, а для пятен $S_{sp}/S_{um} > 3.5$ $S_{mx} \sim 180$ мдп. Таким образом, использование фильтра по величине S_{sp}/S_{um} позволяет разделить пятна на две группы с различным распределением в зависимости от доли площади ядер в площади всего пятна.

Рис. 2. Гистограммы распределения солнечных пятен максимальной площади в группе для пятен в которых отношение площади всего пятна к площади ядер $S_{sp}/S_{um} < 3.5$ и для пятен в которых $S_{sp}/S_{um} > 3.5$.

Выводы

В данной работе выполнен анализ свойств пятен и пор в 24-м цикле активности по данным полуавтоматического метода обработки на Кисловодской Горной астрономической станции. Основное внимание было уделено объяснению ранее обнаруженного факта существования локальных

максимумов в распределении площади, отличающихся на более чем в 10 раз [3, 4].

Показано, что распределение пятен по площади различаются в зависимости от типа пятен. В частности, свои распределения имеют поры, пятна максимальной площади в группе, пятна за исключением максимального пятна в группе, пятна, содержащие одно ядро, пятна, содержащие более одного ядра, пятна с формировавшейся полутенью и переходные пятна. Максимум распределения вблизи $S_1 \sim 4-10$ мдп имеют поры, пятна за исключением максимального пятна в группе и переходные пятна, для которых отношение площади пятна к площади ядра $S_{sp}/S_{um} > 3.5$.

Для пятен максимальной площади в группе, имеющих более одного ядра или сформировавшееся ядро, при котором отношение $S_{sp}/S_{um} < 3.5$ максимум распределения площади один, и он приходится на значение площади $S_2 \sim 130-180$ мдп.

Два максимума в распределении площади пятен S_1 и S_2 присутствуют в переходных пятнах, которые одновременно являются и максимальными пятнами в группе. В них, как правило, одно ядро, но еще не до конца сформировавшаяся полутень ($S_{sp}/S_{um} > 3.5$).

В данной работе показано, что двухвершинный характер распределения площади относится к существованию пор и переходным пятнам, в которых полутень еще не конца сформировано. Это означает, что двухвершинный характер распределения относится скорее к стадиям развития пятен, а не разным популяциям.

Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ №15-02-03900 и проекта РНФ №15-12-20001.

Литература

1. Vitinsky, Yu.I., Kopecky, M., Kuklin, G.V. in Dagaev, M.M. (ed.), Statistics of Sunspot-Formation Activity, Nauka, Moscow (In Russian) – 1986, 32.
2. Tlatov, A.G., Pevtsov, A.A. // SoPh, 2014, 289, 1143.
3. Dmitrieva, M.G.; Kopecký, M.; Kuklin, G.V. // IAUS, 1968, V. 35, 174.
4. Nagovitsyn, Y.A., Pevtsov, A.A., & Livingston, W.C. // ApJ, 2012, 758, L20.
5. Antalová, A. // BAICz, 1971, V. 22, 352.
6. Tlatov, A.G.; Tlatova, K.A.; Vasil'eva, V.V.; Pevtsov, A.A.; Mursula, K. // AdSpR, 2015, V. 55, p.835.