ДВЕ ПОПУЛЯЦИИ ГРУПП СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Наговицын Ю.А.^{1,2}, Певцов А.А.^{1,3}, Осипова А.А.¹, Иванов В.Г.¹

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия

³National Solar Observatory, Boulder, CO 80303, USA

TWO POPULATIONS OF SUNSPOT GROUPS: SPACE DISTRIBUTION

Nagovitsyn Yu.A.^{1,2}, Pevtsov A.A.^{1,3}, Osipova A.A.¹, Ivanov V.G.¹

¹Central Astronomical observatory at Pulkovo of RAS, St. Petersburg, Russia

²State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia

³National Solar Observatory, Boulder, CO 80303, USA

Confirmed the existence on the Sun of two populations of sunspot groups Large Long-living Groups, LLG (distributed lognormally) and Small Short-living, SSG (distributed lognormally or Weibull), divided by the lifetime of the group (less and strictly more than 5 days). The relative fraction of LLG varies with a latitude from 0.45 at mid latitudes to 0.25–0.30 at low and high. When constructing a butterfly diagram, the SSG shows a wide variation in latitude than the LLG. The width of the spot formation area for the calculated extreme values per year for the SSG in 97% of cases is greater than that of the LLG for the N-hemisphere, and 96% for the S-hemisphere. The average value of the residual is 7 degrees in the northern and 8 degrees in the southern hemispheres. It is shown that the N-S asymmetry is a common global process to which both the LLG and the SSG are subject. At the same time, the asymmetry of large groups of sunspots shows a somewhat larger variation of oscillations than the asymmetry of SSG.

DOI: 10.31725/0552-5829-2018-311-314

Две популяции групп солнечных пятен. В [1, 2] было показано, что средние характеристики (магнитные поля) солнечных пятен изменяются с 11-летним циклом. Для объяснения этого факта, а также для интерпретации т.н. эффекта Ливингстона-Пенна, в [3] было показано, что солнечные пятна образуют две популяции, каждая из которых обладает своим логнормальным распределением площадей и своим изменением физических характеристик в течение цикла. Заметим здесь, что впервые о существовании двух популяций пятен было заявлено еще в [4]. В дальнейшем в работах [5-9] показано, что группы солнечных пятен образуют две популяции: SSG (Small Short-living Groups): мелкие короткоживущие и LLG (Large Long-living Groups): крупные долгоживущие. Популяции разделяются по времени жизни: меньше и больше 5 дней [5], магнитному полю главных пятен: меньше и больше 2000 Гс [6, 7], вращению: однокомпонентному быстрому и двухкомпонентному быстрому и медленному [8]. Существова-

ние двух различных популяций пятен было также подтверждено в работах [10] по данным КА SDO и [11] по целому комплексу данных.

Два вида индексов солнечной активности. Традиционные индексы СА отражают присутствие в данный день или усредненное за месяц, год число носителей активности или их характеристик (площади, числа Вольфа и пр.). В этом случае вклад каждой группы пятен зависит от времени ее жизни. С практической точки зрения в этом случае мы отслеживаем роль геоэффективных событий. Назовем такой тип индексов «видимыми»: а- (apparent) индексами.

Можно ввести индексы другого типа, когда каждая группа пятен будет представлена только один раз, например, своей максимальной за время жизни площадью. В этом случае мы отслеживаем производительность динамо-процесса. Это «образующие» или g- (generative) индексы. Количество носителей активности и их свойства в данном случае являются репрезентативными характеристиками производительности динамо-процесса [12].

Данные. В работе мы будем использовать до 1976 г. гринвичский ряд RGO, а после – ряд кисловодской Горной станции Пулковской обсерватории KMAS. Возможность конструктивного продолжения ряда RGO рядом KMAS обсуждалась в [11, 13, 14]. Будут использованы исправленные за перспективные искажения площади групп пятен и их гелиографические широты. В качестве индексов выберем g-индексы, а именно, число групп той или иной популяции, а также их суммарную площадь в единицу времени.

Время жизни групп пятен и разделение на две популяции. В [5] приведен ход динамической плотности вероятности групп пятен по наблюдениям Гринвичской обсерватории до 1976 и KMAS – после, а также ее разделение на две популяции по признаку времени жизни ≤ 5 дней (SSG) и > 5 дней (LLG). Добавим к этому динамические гистограммы встречаемости отдельно для SSG и LLG (изолинии) – рис. 1.

Рис. 1.

Далее, если мы говорим об индексах типа g, то мы можем говорить о двух подтипах этих индексов: первые характеризуют частоту появления (количество) групп C^* , вторые – их средние характеристики (например,

площадь) или накопленные – суммарную площадь A^* . Именно индексы S^* и A^* мы будем использовать в этой работе.

В целом, распределение площадей групп пятен двух популяций с аппроксимирующими гауссианами представлено на рис. 2 а). И этот рисунок, и рисунок 1 ясно показывают, что это распределение имеет бимодальный характер. Распределение LLG групп имеет ясный логнормальный вид, а SSG могут быть распределены или логнормально, или по Вейбулу, как утверждается в [14].

На рис. 2 б) приведено изменение относительного числа крупных групп LLG ко всему количеству групп, появившихся на разных широтах Солнца. Мы видим, что эта величина претерпевает сильные изменения с широтой: если на широтах 8–20 градусов почти половина (45%) групп – большие, то на высоких широтах они составляют лишь четверть всех групп. Этот результат соотносится с [5], где показана зависимость относительного числа крупных пятен от фазы цикла.

Рис. 2.

Широтное распределение групп пятен в разных популяциях. Вслед за работой [15] (где рассмотрен разброс по широте для пятен с площадью < 50 и > 50 мдп) рассмотрим разброс по широте для SSG и LLG. Применим ранговый подход. Для каждого года найдем широты, максимальные и минимальные по абсолютной величине в каждой из популяций. Полученные значения сгладим за 3 точки. Оказывается, широтная протяженность области пятнообразования SSG в 97% случаев больше таковой LLG – для N-полушария, в 96% – для S-полушария. Среднее значение невязки – 7 град в северном и 8 град в южном полушариях. Это обстоятельство лишний раз говорит о физическом отличии популяций.

Асимметрия пятнообразования. В качестве параметра асимметрии в этой работе выберем традиционный: $As = (N - S)/(N + S)$, а под N и S бу-

дем понимать накопленные за год значения индексов A^* и C^* . Ход As за 144 года для крупных и мелких пятен в указанных индексах приведен на рис. 3.

Рис. 3.

При рассмотрении этого рисунка бросается в глаза, что As крупных групп пятен показывает больший разброс колебаний (см. также средне-квадратические отклонения, отмеченные пунктиром), но в целом эпизоды экстремальной асимметрии повторяются на всех рисунках. Таким образом, асимметрия – общий глобальный процесс, которому подвержены и LLG, и SSG популяции.

Выводы. Основной вывод нашего исследования: подтверждается, что на Солнце существуют две популяции групп солнечных пятен, различающиеся по своим свойствам.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 16-02-00090, 18-32-00555) и программы Президиума РАН № 28.

Литература

1. Pevtsov A.A. et al. // *Astroph. Journ. Lett.*, 2011, V. 742, Issue 2, L36, 4 pp.
2. Pevtsov A.A. et al. // *Solar Physics*, 2014, V. 289, pp.593-602.
3. Nagovitsyn Yury A., Pevtsov Alexei A., Livingston William C. // *The Astrophysical Journal Letters*, 2012, Vol. 758, Issue 1, L20, 5 pp.
4. Dmitrieva, M.G. et al. / *IAU Symp. no. 35*, p. 174, 1968.
5. Nagovitsyn, Yu.A., Pevtsov, Alexei A. // *Ap.J.*, 2016, V. 833, article id. 94, 6 pp.
6. Nagovitsyn, Yu.A. et al. // *Astron. Lett.*, 2016, V. 42, Issue 10, pp.703-712.
7. Nagovitsyn, Yu.A. et al. // *Astron. Nachrichten*, 2017, V. 338, Issue 1, pp. 26-34.
8. Nagovitsyn, Yu.A. et al. // *Astron. Lett.*, 2018, V. 44, Issue 3, pp.202-211.
9. Osipova, A.A.; Nagovitsyn, Yu.A. // *Geom. Aeron.*, 2017, V. 57, Issue 8, pp.1092-1100.
10. Tlatov, A.G.; Pevtsov, A.A. // *Solar Phys.*, 2014, V. 289, Issue 4, pp.1143-1152.
11. Muñoz-Jaramillo, A. et al. // *Astroph. Journ.*, 2015, V. 800, Issue 1, article id. 48, 19 pp.
12. Charbonneau, P. // *Liv. Rev. Solar Phys.*, 2005, V. 2, Issue 1, article id. 2, 83 pp.
13. Balmaceda, L. et al. // *Mem. Soc. Astron. Italiana*, 2005, V. 76, p. 929.
14. Muñoz-Jaramillo, A. et al. // *Astroph. Journ.*, 2015, V. 804, Issue 1, article id. 68, 12 pp.
15. Kostyuchenko, I.G. // *Geom. Aeron.*, 2017, V. 57, Issue 7, pp.814-820.