

ЭФФЕКТ ГНЕВЫШЕВА В СУММАРНОЙ ПО ДИСКУ ПЛОЩАДИ ГРУПП ПЯТЕН РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ

Костюченко И.Г.¹, Вернова Е.С.²

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

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

GNEVYSHEV GAP IN THE SUNSPOT AREA INDEX FOR THE SUNSPOT GROUPS OF DIFFERENT AREA

Kostyuchenko I.G.¹, Vernova E.S.²

¹Karpov Institute of Physical Chemistry, Moscow, Russia

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

We have analyzed the behaviour of sunspot area index as a proxy of the local strong magnetic field of sunspots during the phase of the solar 11-year cycle maximum in cycles 12-24. Separately we investigated the behaviour of similar indices, calculated for the large sunspot groups, with area greater than 500 msh and 1000 msh. We found that a temporary decrease in the sunspot area index (Gnevyshev gap) and the corresponding double peak structure of cycle maximum is observed in most of analyzed cycles. In each of the latitudinal hemispheres two maxima of different heights are also observed in most cycles, but they appear asynchronously in the hemispheres and therefore do not form the pronounced double peak structure in sunspot area index. It turned out that the Gnevyshev gap is most noticeable in the evolution of the large sunspot group area and variations in area of such groups contribute mainly to the observed Gnevyshev gap in sunspot area index. We suggest that the presence of the Gnevyshev gap in the sunspot area index is possibly related to the fact that the efficiency of a mechanism responsible for the formation of local strong magnetic fields of sunspots is sensitive to changes in the magnitude of the solar large-scale magnetic field, in which the Gnevyshev gap is well pronounced, and to changes in its configuration during the solar magnetic field reversal.

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2024-181-184>

Введение

Временное ослабление активности в фазе максимума 11-летнего солнечного цикла и, как результат, двухпиковая структура максимума были впервые отмечены Гневышевым в интенсивности корональной линии 530.3 нм в цикле 19 [1]. Наиболее заметно это уменьшение было на гелиоширотах, на которых наблюдаются солнечные пятна. В дальнейшем многочисленные исследования показали, что это явление, названное «провал Гневышева», наиболее ярко проявляется в корональных индексах солнечной активности, в параметрах межпланетной плазмы, интенсивности галактических космических лучей, в крупномасштабном магнитном поле Солнца, но слабо заметно в индексе числа солнечных пятен.

В данной работе анализируются вариации суммарной по солнечному диску площади солнечных пятен, как наиболее адекватный показатель количества сильных локальных магнитных полей, наблюдаемых на поверхности фотосферы. Отдельно анализируется вклад в эти вариации двух категорий крупных групп пятен, а именно, тех, которые за время их наблюдения достигали площади 500 мдп и 1000 мдп.

Результаты и обсуждение

Мы использовали данные о площадях и координатах групп солнечных пятен обсерватории Гринвич <http://solarcyclescience.com/activeregions.html> за 1874–1976 гг., и далее аналогичные данные Кисловодской Горной Станции http://158.250.29.123:8000/web/Soln_Dann/. При подсчёте суммарной площади групп пятен с заданным пороговым значением учитывалась площадь каждой из групп за все время её наблюдения, если площадь этой группы хотя бы в одно из наблюдений достигала порогового значения. Даты переполюсовки магнитного поля взяты из <http://wso.stanford.edu/Polar.html> и [2].

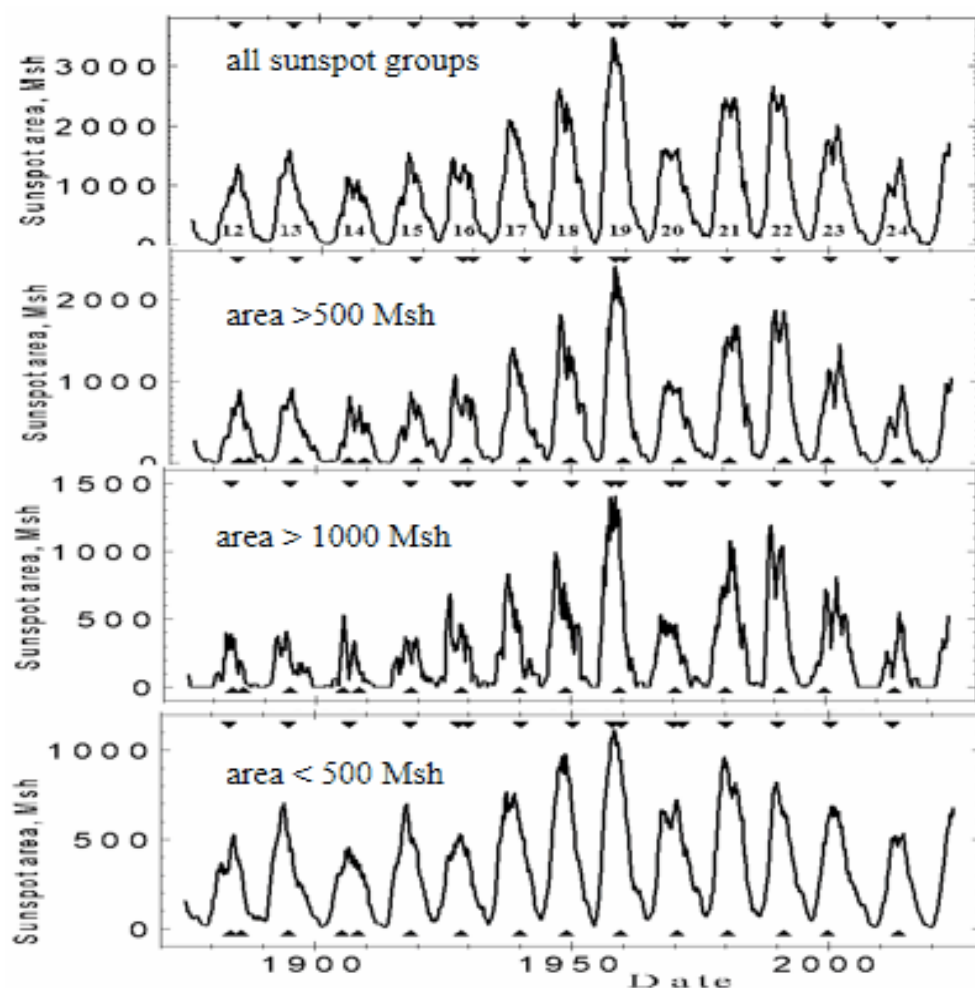


Рис. 1. Сглаженные за 13 месяцев суммарные по диску площади групп пятен разных размеров. На верхнем графике указаны номера циклов; стрелками внизу отмечены моменты переполюсовки магнитного поля в южном полушарии, а вверху – в северном.

Из рисунка 1 и таблицы видно, что провал Гневывшева наблюдается в большинстве циклов за исключением цикла 19. Основной вклад в эффект в суммарной по диску площади всех групп пятен дают вариации площади крупных групп пятен, достигавших за время их наблюдения площади больше 500 мдп. В эволюции площади более мелких групп, с площадью меньше 500 мдп, эффект Гневывшева не наблюдается или проявляется слабо. Аналогичный результат ранее был получен при анализе вклада крупных групп пятен в формирование квази-двухлетних вариаций солнечной активности [3].

Таблица. Отношение значения площади групп пятен в минимуме провала активности к среднему значению двух максимумов до и после провала.

Ncycl	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sgg/Smax avr													
all groups	--	--	0.7	0.75	0.74	--	0.75	--	0.87	0.86	0.87	0.71	0.65
gr>500Msh	0.73	0.8	0.49	0.66	0.59	0.75	0.63	--	0.86	0.84	0.8	0.51	0.43
gr>1000Msh	0.68	0.6	0.16	0.45	0.47	0.61	0.57	--	0.78	--	0.58	0.36	0.17

Эффект Гневывшева существенно заметнее проявляется в эволюции суммарной по диску площади крупных групп пятен, достигавших за время их наблюдения площади больше 500 мдп и больше 1000 мдп. Это соответствует выводам [1, 4, 5] о том, что обсуждаемая вариация более выражена в мощных проявлениях солнечной активности.

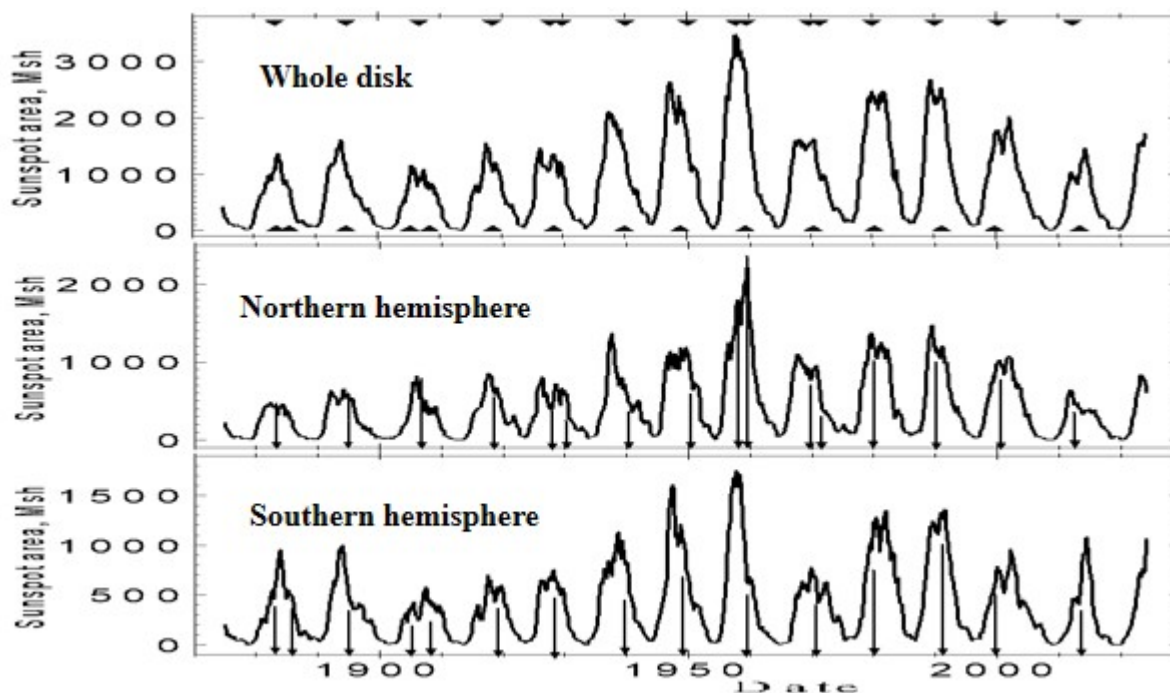


Рис. 2. Сглаженные за 13 месяцев суммарные по диску площади всех пятен (верхняя панель), в северном (средняя панель) и южном (нижняя панель) полушариях. Стрелками указаны даты переполюсовок магнитного поля в каждом из полушарий.

Из рисунка 2 следует, что в большинстве циклов в каждом из широтных полушарий наблюдаются два различных по амплитуде максимума, но отсутствие синхронности, как правило, не приводит к образованию выраженной двухпиковой структуры в суммарной по диску площади пятен. Момент переполюсовки в каждом из широтных полушарий приходится на разные стадии эволюции провала активности, хотя в ряде циклов близок к моменту минимального значения площади. Однако однозначную связь между переполюсовкой магнитного поля Солнца и эффектом Гневывшева в индексе площади солнечных пятен установить трудно. Тем не менее, сам процесс переполюсовки является сложным и продолжительным, в этот период происходит перестройка структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца, с которой связывается [6] возникновение эффекта Гневывшева. Объяснить проявление этого эффекта в эволюции индекса площадей солнечных пятен, особенно ярко выраженного в случае крупных групп пятен, можно, предположив, что эффективность механизма, ответственного за формирование локальных сильных магнитных полей солнечных пятен, очень чувствительна к изменению величины крупномасштабного магнитного поля Солнца и его конфигурации.

Выводы

Эффект Гневывшева наблюдается в индексе площади пятен в большинстве циклов 12–24. Наиболее заметно он проявляется в эволюции площади групп пятен с площадью больше 500–1000 мдп. Именно эти группы пятен дают основной вклад в эффект Гневывшева в суммарной площади пятен.

В двух широтных полушариях вариации площади пятен в фазе максимума циклов не синхронны, различаются по форме и от цикла к циклу, что, как правило, не способствует образованию выраженной двухпиковой структуры в суммарной по диску площади пятен.

Проявление эффекта Гневывшева в индексе площади солнечных пятен, возможно, связано с тем, что эффективность механизма, ответственного за формирование локальных сильных магнитных полей солнечных пятен, чувствительна к изменению величины крупномасштабного магнитного поля Солнца, в котором эффект Гневывшева хорошо выражен, и его конфигурации, изменяющейся в процессе переполюсовки.

Литература

1. *Gnevyshev, M.N.* // Solar Phys., 1967, 1, 107-120.
2. *Makarov, V.I. and Makarova, V.V.* // Solar Phys., 1996, 163, 267-289.
3. *Костюченко, И.Г.* / Тр. «Солнечная и с-з физика-2017», 2017, 199-202.
4. *Gnevyshev, M.N.* // Solar Phys., 1977, 51, 175-183.
5. *Feminella, F. and Storini, M.* // Astron. Astrophys., 1997, 322, 311–319.
6. *Obridko, V.N., Shibalo, A.S., Sokolof, D.D.* // 2024, arXiv:2403.18568v1 [astro-ph.SR]