

УДК 523.98

**Вспышки в тенях солнечных пятен****В. П. Максимов**

Систематизированы и обобщены основные закономерности появления и развития вспышек, возникающих в тенях солнечных пятен и в процессе своей эволюции не покидающих их.

*FLARES IN SUNSPOT UMBRAE, by Maksimov V. P.* — The main regularities of appearance and development of flares arising in sunspot umbrae and not leaving them in the course of their evolution are systematized and generalized.

**Введение.** Из наблюдений известно, что в ряде случаев солнечные вспышки затрагивают тени солнечных пятен. Такие вспышки характеризуются рядом морфологических и физических особенностей, которые побуждают выделить их в особую разновидность вспышечных событий. При этом покрытие тени пятна может осуществляться двумя различными путями: I — эмиссия проникает в пятно в результате развития большой вспышки; II — эмиссия возникает в самой тени и в процессе развития не покидает ее. Вспышки первого типа давно привлекли внимание исследователей и уже имеется достаточно большой материал об особенностях их поведения в оптическом, рентгеновском и микроволновом диапазонах [17]. Вспышки второго типа обнаружены сравнительно недавно и, по-видимому, являются довольно редкими событиями, чем и обусловлена скудость существующих наблюдательных данных.

Изучение этих событий представляет интерес с точки зрения развития наших представлений о механизмах накопления и выделения энергии во вспышках. Вторичные эффекты таких вспышек, в отличие от вспышек, не покрывающих тени пятен, происходят в других физических условиях — в хромосфере над пятном. Возможно, с этим и связаны наблюдаемые особенности поведения таких вспышек в оптическом, рентгеновском и микроволновом диапазонах. Кроме того, изучение вспышек в тени пятен представляет несомненный интерес и для исследования структуры самих солнечных пятен.

Целью данной работы является систематизация и обобщение существующих наблюдательных данных о вспышках в тени пятен II типа.

**Наблюдательные данные.** Наблюдательные данные о вспышках в тени пятен суммированы в таблице. В столбце «класс» указан класс вспышки по морфологической классификации [3, 15]:

II А. Вспышка состоит из двух малых лент, одна — в тени пятна, другая — в факельной площадке вне пятна.

II В. Вспышка состоит из одного очага в тени без сопряженного очага вне тени.

II С. Очаг в тени пятна, появляющийся во время большой вспышки. Вблизи пятна сопряженного очага нет.

В столбце «балл» указан балл сопутствующего очага вспышки вне тени, если он существует. Для каждой даты в первой строке приводятся данные об очаге вспышки в тени пятна и во второй строке — данные о сопутствующем очаге вне тени. Данные об излучении в микроволновом и рентгеновском диапазонах брались из разных выпусков Solar Geophysical Data.

Из анализа данных таблицы следует, что вспышки класса II А и II В, как правило, не сопровождаются рентгеновским излучением. В моменты времени, близкие к началам вспышек 16 и 18 класса II А, когда были зарегистрированы рентгеновские всплески, на диске наблюдались

вспышки в других активных областях. Поэтому нельзя с уверенностью утверждать, что всплески относились именно к вспышкам рассматриваемого класса.

Радиовсплески сопровождали 6 из 8 вспышек класса II A. Спектральный диапазон всплесков занимает область от сантиметров до дециметров, но поток радиоизлучения во всех событиях слабый.

Большинство вспышек класса II C сопровождалось рентгеновским и микроволновым излучением.

#### Данные наблюдений о вспышках

Номер вспышки	Дата	Время UT			Класс	Балл	Литературный источник	Диапазон	
		Начало	Максимум	Конец				радио-	рентген.
1	17.11.71		1912		II A		[18]	нет	нет
2	22.10.72		1726		II A		[18]	да	нет
3	29.10.72		1950		II C	2B	[18]	да	да
4	29.10.72	2300		0700*	II B		[14]	нет	нет
5	05.07.73		1915		II A		[18]	да	
6	29.06.75		2125		II A		[18]	нет	
7	01.03.78	1003 1000		1110 1100	II C		[19]	да	
8	05.10.79	1038 1038	1041	1100	II C	1B	[9]		
9	06.04.80	0419 0407	0410	0455	II C	1B	[10]	да	да
10	06.04.80	0955 0934	1000	1114	II C	SB	[10]	да	нет
11	07.04.80	0541 0522	0537	0630 0619	II C	2B	[10]	да	да
12	09.04.80	0957 0957	1002 1002	1009 1009	II A	SN	[10]	да	нет
13	25.05.80	0543	0554 0604	0725	II A		[7]	да	нет
14	26.05.80	0349	0351		II B		[10]	нет	нет
15	26.05.80	0835	0844		II B		[10]	да	нет
16	27.05.80	0800 0800	0812	0835	II A		[10]	да	да?
17	28.05.80	0217 0214	0217		II C	2B	[10]	да	да
18	29.05.80	0506		0753	II A		[10]	да	да?

\* 30 октября 1972 г.

К сожалению, данные о временах начала, максимума и конца вспышек в тени и сопровождающих их вспышек вне тени очень неполны. Тем не менее отметим, что во вспышках класса II A очаг вне тени и очаг в тени загораются почти одновременно. Во вспышках класса II C очаг в тени, как правило, загорается позже, чем основная вспышка.

Перейдем теперь к наблюдательным особенностям поведения вспышек в тени пятен класса II.

1. Пятно имеет сложную структуру тени, состоящую из нескольких ядер [1, 2, 4, 8]. Отсутствуют вкрапления магнитного поля противоположной полярности [4, 7, 19], а также мосты в тени и заливы полутени [18].

2. Заметные движения ядер тени наблюдались для вспышек в мае 1980 г. [2]. Анталова [8] показала возможность существования враща-

тельных движений деталей тени. В процессе эволюции пятен отмечается слияние ядер [1, 4].

3. Эмиссия, по-видимому, локализована на границах ядер [1, 2, 4], причем при повторном возникновении вспышки в том же самом пятне места локализации вспышечной эмиссии не перекрываются [7].

4. Во вспышках в тени выделяются два режима свечения, которые можно представить следующим образом: существует длительное (порядка многих часов) слабое поярчание в  $H_{\alpha}$ , на фоне которого появляются вспышки в тени [2, 4, 7, 8, 18].

5. Для вспышек класса II A отмечается синхронность изменений интенсивности свечения в  $H_{\alpha}$  в очаге в тени пятна и в очаге вне тени [2, 7].

6. Спектроскопические исследования вспышек в тени II класса крайне малочисленны. В работе [14] исследованы профили линий  $H_{\alpha}$ — $H_{\beta}$ ,  $D3$  He I,  $H$  и  $K$  CaII во вспышке класса II B 29 октября 1972 г. Характерной особенностью профилей является сдвиг в красную сторону, который соответствует скорости падающего вещества  $\sim 200$  км/с. В работе сделан вывод, что уширение линий вызвано тепловыми и нетепловыми движениями плазмы, а не самопоглощением и эффектом Штарка, и определена скорость нетепловых движений  $\sim 1,5$  км/с.

Событие, изученное в работе [5], по-видимому, можно причислить ко вспышкам в тени пятен класса II, хотя полной уверенности в этом из-за отсутствия данных в  $H_{\alpha}$  нет. В период с 2304 UT 25 июня по 0053 UT 26 июня 1977 г. над лидирующим пятном группы MacMath № 14822 наблюдалась яркая эмиссия в линиях  $H_{\beta}$  и  $H$  и  $K$  CaII. Яркость эмиссии в  $H$  и  $K$  CaII в 4—5 раз превышала обычное для тени пятна эмиссионное обращение. Линии  $H$  и  $K$  во вспышке были узкими. Оцененные нетепловые скорости составляли 2—3 км/с. Сделан вывод о большой оптической толщине эмиссионного образования. Среднее значение  $\Delta\lambda_D$  для линии  $H_{\beta}$  составило  $\sim 0.0045$  нм.

В работах [2, 6, 7] исследовались профили  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  для вспышек класса II A, имевших место в HR 16862—16864 в период 21—29 мая 1980 г. Профили  $H_{\alpha}$  воспроизведены по фильтрограммам, полученным с помощью ИПФ фирмы «Оптон» при сканировании по спектру от +0.1 до —0.1 нм через 0.02 нм. Контуры линий не являются гладкими, гауссовыми. Обнаружено сильное изменение крыльев контура  $H_{\alpha}$  со временем по сравнению с относительно небольшими вариациями в ядре линии. Н. С. Шилова [6] пришла к заключению, что  $H_{\alpha}$  свечение указанных вспышек формируется из свечения нескольких объемов, имеющих различные скорости по лучу зрения.

Единственная существующая оценка энергии вспышки в тени пятна класса II A [7] дает значение энергии  $\sim 3,4 \cdot 10^{22}$  Дж.

**Обсуждение и заключение.** Таким образом, можно считать, что вспышки класса II возникают на границах ядер одинаковой полярности в тенях пятен, характеризующихся сложной структурой и заметными движениями. Важное значение существования в тени нескольких ядер и их движений для появления вспышки в тени видно из сравнения результатов работ [1] и [8]. Лидер группы 16862 при появлении на диске 21 мая 1980 г. имел, по крайней мере, несколько ядер одной полярности, в которых наблюдались вращательные движения. С 24 мая тень состояла только из двух ядер. Тень лидера группы 16863 при появлении на диске 21 мая состояла из 7 близко расположенных ядер, и их движения были более сильными, чем для лидера предыдущей группы. В последующие дни тень становилась более компактной и ее структура упрощалась. И, наконец, лидер группы 16864 имел сложную тень, но сохранял свою структуру в течение всего прохождения по диску, причем вращательных движений в тени не наблюдалось. В период с 22 по 28 мая в тени лидера 16862 наблюдалось 5 вспышек, в тени

лидера 16863 — 18 вспышек и в тени лидера 16864 — только одна вспышка.

Мур [16] отнес вспышки в тени к аperiodическим явлениям, вызванным внешней по отношению к пятну причиной. Исходя из вышеизложенного, это нельзя признать справедливым для вспышек класса II A и II B. Такое определение скорее можно отнести к вспышкам класса I, хотя, как показано в работах [11, 12], очаги вспышек этого класса локализованы над мостами тени или заливами полутени, генетически связанными с конвективной сеткой, что не исключает участия в событиях такого рода и внутренних причин.

Очень важным для построения моделей вспышек в тени следует считать два режима свечения:  $H_\alpha$  — вспышка возникает на фоне очень продолжительного слабого поярчания в тени. Заслуживает внимания и слабая продуктивность вспышек класса II A и II B в рентгеновском и микроволновом диапазонах, что можно трактовать как преобладание преобразования магнитной энергии в этих вспышках в тепловую и гидродинамическую энергию плазмы над переходом в энергию ускоренных частиц. Это, по-видимому, существенным образом отличает данные вспышки от вспышек в тени класса I, а возможно, и от II C.

Не менее важным представляется и синхронность измененной интенсивности свечения в  $H_\alpha$  для очагов вспышки в тени и вне ее (класс II A), что может свидетельствовать о существовании единого источника энергии для обоих очагов [2, 7]. На это указывает и почти одновременное загорание очагов для данного класса вспышек.

Следует признать, что вспышки в тени пятен изучаемого класса исследованы еще очень слабо. Детально не известны изменения положения и формы ядер в результате вспышки, взаимное расположение очага вспышки и области слабой эмиссии до вспышки и после нее. Требуется дальнейшего изучения зависимости возникновения вспышки от структуры тени и движения ядер. Плохо изучено распределение вспышек в тени по временам жизни и временной сдвиг между появлением, максимумом и концом вспышки в тени и вне ее для типов II A и II C. Практически отсутствуют данные о физических условиях в этих вспышках. Поэтому для построения модели требуются дальнейшие усилия по изучению как морфологии, так и физических параметров вспышек в тени пятен.

В заключение остановимся на существующей интерпретации вспышек в тени пятен. В работах [14, 19] на основе механизма Хайдера [13] предполагается, что поярчание в тени вызвано падением вещества из короны в тень пятна, причем падение обусловлено активизацией волокна. Возможная роль активизации волокна в появлении вспышек в тени отмечается и в работах [2, 7]. Однако во вспышках 14 и 15 активизация волокна не наблюдалась [10]. В работе [4] появление вспышки объясняется резким поглощением МГД-волн и солитонов в неоднородном магнитном поле в местах разделения ядер тени пятен. В такой модели можно объяснить слабость микроволнового и рентгеновского излучений во вспышках в тени. Наконец, в работах [3, 15] указано на возможность возникновения вспышки в тени в результате аннигиляции азимутальных магнитных полей силовых трубок, составляющих ядра тени.

1. Июшпа Б. А., Ишков В. Н., Могилевский Э. И. и др. Эволюция комплекса активных областей HR 16862—16864 в мае 1980 года.— В кн.: Год солнечного максимума. М.: ИЗМИРАН, 1981, т. 2, с. 134—150.
2. Макарова Е. А., Делоне А. Б., Кирюхина А. И. и др. Некоторые характеристики предвспышечных ситуаций в комплексе HR 16862, 16864 23—29 мая 1980 г.— Там же, с. 162—169.
3. Максимов В. П. О положении очагов вспышек в тенях солнечных пятен.— Исслед. по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца, 1983, вып. 65, с. 190—194.
4. Могилевский Э. И. Гомологичные  $H_\alpha$ -вспышки в ядрах комплекса активных областей MM-16862-3 в мае 1980 года.— В кн.: Год солнечного максимума. М.: ИЗМИРАН, 1981, т. 2, с. 151—161.

5. *Фирстова Н. М.* Явление яркой эмиссии в линиях  $H$  и  $K$   $\text{CaII}$  в тени пятна. — Солнеч. данные, 1978, № 9, с. 77—86.
6. *Шилова Н. С.* Особенности контуров  $H\alpha$  в солнечных субвспышках. — В кн.: Год солнечного максимума. М.: ИЗМИРАН, 1981, т. 2, с. 189—192.
7. *Шилова Н. С., Бабин А. Н., Делоне А. Б. и др.*  $H\alpha$ -вспышки в тени пятен в конце мая 1980 г. — Там же, с. 180—188.
8. *Antalova A.* The motions of the umbras in Hale active regions 16862 and 16863. — Bull. Astron. Inst. Czech., 1983, 34, p. 96—99.
9. *Bhatnagar A., Jain R. M., Shelke R. N.* Homologous flares during SERF interval of October 4—9, 1979. — В кн.: Год солнечного максимума. М.: ИЗМИРАН, 1981, т. 2, с. 90—96.
10. *Bhatnagar A., Jain R. M., Shelke R. N.* H-alpha solar observations during SERF and FBS intervals of April 6—12 and May 22—28, 1980. — Там же, с. 202—214.
11. *Bumba V., Heina L.* Some peculiarities in the development of the large August 1972 sunspot group. — Bull. Astron. Inst. Czech., 1980, 31, p. 257—267.
12. *Bumba V., Suda J., Ishkov V. N.* Links of  $H\alpha$ -emission features with the underlying elements of sunspot fine structure in some flares. — Ibid., 1981, 32, p. 286—291.
13. *Hyder C. L.* A phenomenological model for dispartitions brusques followed by flare-like chromospheric brightenings. I. The model, its consequences, and observations in quiet solar regions. — Solar Phys., 1967, 2, p. 49—74.
14. *Kubota J., Tamenaga T., Kowaguchi J., Kitao R.* The brightening of sunspot umbra observed on 29 October, 1972. — Ibid., 1974, 38, p. 389—398.
15. *Maksimov V. P.* The positions of flare seats in sunspot umbrae. — Publ. Debrecen Heliophys. Observ., 1983, 5, p. 567—573.
16. *Moore R. L.* Dynamic phenomena in the visible layers of sunspots. — Space Sci. Revs., 1981, 28, p. 387—421.
17. *Svestka Z.* Solar flares. — Dordrecht: Reidel, 1976.—399 p.
18. *Tang F.* Umbral flares. — Solar Phys., 1978, 60, p. 119—122.
19. *Vazquez M., Herrera F.* An umbral brightening associated with a two-ribbon flare. — Ibid., 1979, 64, p. 329—331.

Сиб. ин-т зем. магнетизма, ионосферы,  
и распространения радиоволн  
Сиб. отд-ния АН СССР, Иркутск

Поступила в редакцию 16.07.84,  
после доработки 31.08.84

## РЕФЕРАТ ПРЕПРИНТА

УДК 524.3—325.2

### НОВОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ СЛАБЫХ ЗВЕЗД СО СКЛОНЕНИЯМИ ОТ $+90^\circ$ ДО $-20^\circ$ / Яцкив Я. С., Положенцев А. Д.

(Препринт / АН УССР, Ин-т теорет. физики; ИТФ—84—151Р).

Выполнено новое определение собственных движений фундаментальных слабых звезд, в котором, по возможности, учтены недостатки метода вывода собственных движений этих звезд в каталоге ПФКСЗ-2 и применен новый метод назначения весов индивидуальным каталогам звезд. Полученный каталог собственных движений фундаментальных слабых звезд характеризуется следующими величинами:  $T_\mu$  и  $T_{\mu'}$  — средние эпохи собственных движений по прямому восхождению и склонению соответственно.  $S_\mu \cos \delta$ ,  $S_{\mu'}$  — средние значения средних квадратичных ошибок определения столетних собственных движений по прямому восхождению и склонению.  $T_\mu = T_{\mu'} = 1946$ ,  $S_\mu \cos \delta = \pm 0.24''$ ,  $S_{\mu'} = \pm 0.32''$ . Выполнено сравнение нового каталога собственных движений фундаментальных слабых звезд с каталогами АГКЗР, АГКЗ и GC, на основании которого сделан вывод о высокой точности полученного каталога.