

УДК: 524.338.6

МЕДЛЕННЫЕ ВОПЫШКИ В ЗВЕЗДНЫХ АГРЕГАТАХ. III

Э. С. ПАРСАМЯН, Г. Б. ОГАНЯН

Поступила 25 апреля 1990

Принята к печати 10 сентября 1990

Проведено исследование медленных вспышек в звездных ассоциациях, скоплениях и окрестности Солнца. Получены зависимости величины амплитуды вспышки от обратной скорости возгорания в лучах U , B , V . Показано, что мощные вспышки чаще происходят в глубоких слоях фотосферы.

Впервые В. А. Амбарцумяном [1] были предсказаны вспышки, отличающиеся длительностью времени возгорания до максимума, названные впоследствии Г. Аро [2] медленными.

1. В работе [3] на основании существующих наблюдательных данных была сделана попытка классифицировать медленные вспышки по форме кривой блеска.

Кривые блеска были разделены на три типа:

I. Кривая блеска начинается с медленного подъема до максимума, после чего наступает затухание.

II. Кривая блеска начинается с медленного подъема, в максимуме блеск звезды может сохраняться несколько десятков минут, испытывая малые колебания порядка десятых звездной величины.

III. Некоторая комбинация свойств кривых блеска медленных и быстрых вспышек.

Распределение медленных вспышек по типам приводятся в табл. 1 [4—7].

Сравнение табл. 1 с аналогичной таблицей из работы [3] показывает, что увеличение количества вспышек произошло за счет вспышек типа I, а вспышки типа II по-прежнему встречаются редко.

Рассмотрим медленные II типа более подробно.

Кривая блеска II типа характеризуется медленным подъемом до максимума, а затем с некоторым колебанием, порядка $0.^m5$, звезда остается

в максимуме блеска, что может длиться больше часа, и затем медленное затухание. Подъем до максимума блеска у вспышек I и II типа протекает одинаково, то есть первоначальный процесс у обоих типов вспышек иден-

Таблица 1

Тип	I	II	III
Агрегат			
Орион	16	7	1
Плосяды	28	2	5
Ясли	2	—	—

тичен. Далее продолжительный постоянный, или почти постоянный, максимум может быть объяснен следующим образом.

Как известно, многие вспышки можно представить как результат суперпозиции нескольких вспышек, происходящих в малом интервале времени с равными или одинаковыми амплитудами [8]. С этой точки зрения, в случае 177 Ori [4], по-видимому, после первого взрыва, дошедшего до максимума через 120 минут, остальные, приблизительно равные по величине энергии медленные вспышки, поддерживали яркость звезды примерно постоянной около 2-х часов. Исходя из сказанного, можно вспышки с плоским максимумом рассматривать как суперпозицию ряда медленных вспышек, имевших место в одном слое, то есть нескольких вспышек, имевших место друг за другом в очень малом интервале времени, результирующая которых и представляет кривую блеска.

Таким образом, вспышки типа II можно рассматривать как редкий случай суперпозиции одинаковых по порядку величины энергии вспышек, имеющий, скорее всего, общий источник. Что касается вспышек типа III, то это те вспышки, которые происходят как под фотосферой, так и над ней, разделенные небольшим промежутком времени порядка десятков минут. Таким образом, становится ясно, что принципиального отличия между вспышками I и II типа нет.

Ранее сделанный вывод о высоком проценте медленных вспышек в ассоциации Ориона [3] сохраняется и с получением новых наблюдательных данных. В настоящее время в имеющихся в нашем распоряжении списках 490 вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона, у которых наблюдались 647 вспышек, медленные составляют 3,5%, а в скоплении Плеяд у 547 вспыхивающих звезд наблюдались 1630 вспышек, среди которых медленные составляют 2,3%. Из табл. 1 следует, что число медленных вспышек типа II в ассоциации Ориона лишь вдвое меньше численности медленных вспышек типа I, а в скоплении Плеяды в 14 раз. И хотя в Плеядах

наблюдалось более чем вдвое больше вспышек, чем в Орионе, лишь у двух звезд наблюдались вспышки типа II. Все это свидетельствует о малой вероятности вспышек типа II. С другой стороны, вспышечная активность, вызывающая картину медленных типа II, возможно связана с более ранней стадией эволюции звезд в скоплениях.

2. На основе новых наблюдательных данных можно попытаться найти зависимость между величиной амплитуды в максимуме блеска Δm и обратной скоростью возгорания $t_m = \frac{t_B}{\Delta m}$, где t_B — время возгорания до максимума, отдельно для медленных вспышек ассоциации Ориона и скопления Плеяды, что из-за малочисленности данных не удалось сделать в работе [3]. Расчеты проведем как для лучей U , так и B , методом наименьших квадратов для медленных I типа.

1) Ассоциация Ориона. Количество вспышек в лучах U —8, в лучах B —5, результат в лучах B —первое грубое приближение.

$$\ln \Delta m_u = -0.05 t_m + 2.3, \quad (1)$$

$$\ln \Delta m_B = -0.02 t_m + 1.5. \quad (2)$$

2) Скопление Плеяды. Количество вспышек в лучах U —8, в лучах B —21.

$$\ln \Delta m_u = -0.04 t_m + 1.9, \quad (3)$$

$$\ln \Delta m_B = -0.05 t_m + 1.6. \quad (4)$$

Коэффициенты корреляции r для приведенных соотношений имеют значения от 0.60 до 0.90.

Полученные зависимости (1)—(4) подтверждают ранее полученные результаты [3] о зависимости величины амплитуды вспышки от глубины h (т. к. t_B зависит от h), где произошла вспышка. Уравнения (1)—(4) также выражают наблюдательный факт о большей амплитуде вспышки в лучах U . Кроме того, как видно из (1)—(4), чем моложе звездный агрегат, где наблюдалась вспышка, тем больше средняя энергия вспышки.

3. Наблюдательные данные не позволяют получить непосредственно зависимость величины максимальной амплитуды от времени возгорания вспышки, т. к. вспышки могут происходить с разными энергиями на одной и той же глубине. Поэтому для того, чтобы составить представление о распределении энергии вспышки с глубиной, рассмотрим известные медленные вспышки в порядке возрастания времени возгорания — t_B , т. е. с глубиной слоя, где происходят медленные вспышки. Для этого построим зависимости Δm от t_m для различных интервалов t_B , то есть для различных

глубин подфотосферных слоев. Для удобства берем интервалы времени возгорания t_B , равные ~ 10 минутам. В каждом рассматриваемом интервале наблюдаются вспышки различных энергий, чем и обуславливаются зависимости $\ln \Delta m$ от t_m . Имеющийся наблюдательный материал позволил рассмотреть следующие интервалы t_B : 30—40, 45—55, 55—80 мин для звезд ассоциации Ориона и скопления Плеяды в лучах U и 16—25, 27—36, 43—64 мин отдельно для Плеяд в лучах B . На рис. 1 приведены зависи-

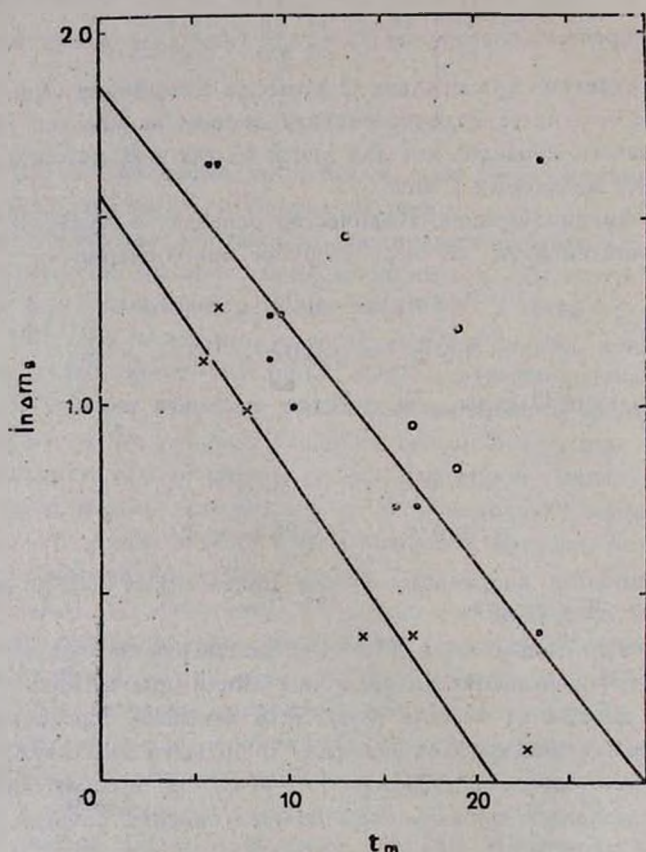


Рис. 1. Зависимости $\ln \Delta m_B$ от t_m для интервалов t_B (скопление Плеяды): 16÷25 мин — крестики, 27÷36 мин — точки, 43÷64 мин — кружочки.

мости $\ln \Delta m_u$ от t_m для интервалов времени возгорания для вспыхивающих звезд скопления Плеяды в лучах B . В результате получается ряд параллельных прямых типа (1)—(4) с угловым коэффициентом $k=0.05$ для лучей U и 0.07 для B . Коэффициенты корреляции r имеют значения

0.80 и 0.95. Параллельность полученных прямых в каждом цвете говорит о том, что диффузия излучения после вспышки происходит по одному и тому же закону. Из уравнений типа $\ln \Delta m = kt_m + \ln \Delta m_0$ следует, что чем больше t_B , тем больше Δm_0 — значение амплитуды вспышки, если бы вспышка произошла вне фотосферы. В табл. 2 проводятся Δm_0 при различных значениях t_B .

Таблица 2

t_B	$\Delta m_0(U)$	$\Delta m_0(B)$
21	—	1.6
32	—	1.8
35	1.8	—
50	1.9	—
70	2.6	—

Из табл. 2 следует, что чем глубже произошла вспышка, тем в среднем она должна быть мощнее, откуда можно сделать вывод, что мощные вспышки больше происходят на глубине.

4. Медленные вспышки встречаются не только в звездных агрегатах, но и у звезд окрестности Солнца. Среди звезд, для которых к настоящему времени суммарное время слежений превышает несколько тысяч часов, нам известны лишь три звезды, у которых наблюдались медленные возгорания в том плане, в котором мы рассматриваем это явление в звездных агрегатах. Это AD Leo, $t_B = 19$ мин, EV Lac, $t_B = 16.5$ мин и ВУ Dra, $t_B = 18$ мин [9—11]. Как известно, среднее время возгорания у звезд ассоциации Ориона больше, чем у скопления Плеяд [3], что обусловлено скорее всего их возрастом: чем моложе, тем протяженнее атмосферы, и больше вероятность медленной вспышки. Возраст AD Leo и EV Lac оценивается порядка или меньше $3 \cdot 10^8$ лет [12] то есть и вероятность медленных вспышек и t_B должны быть меньше, чем в ассоциациях.

Фотографический метод, применяемый к наблюдениям вспышек в скоплениях, не может регистрировать вспышки как медленные, с временем возгорания < 15 мин [13]. В то же время фотоэлектрические регистрации вспышек звезд окрестности Солнца позволили среди кривых блеска выделить относительно медленные. Так, уже вспышки с временем возгорания 5—10 мин были отнесены многими авторами к разряду «медленных» (slow) [14, 15]. Если сравнить это время со временем возгорания быстрых, достигающих максимум блеска за время порядка минуты и

меньше, то следует считать, что действительно они возгорают медленнее. Эти вспышки можно рассматривать как происходящие в самых верхних подфотосферных или в более плотных слоях хромосферы.

Для случая, когда t_m изменяется в пределах $5 \div 10$ мин зависимость $\ln \Delta m$ от t_m имеет следующий вид:

$$\ln \Delta m = -0.17 t_m + 1.27. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции $r=0.80$.

Следует заметить, что «медленные» вспышки звезд окрестности Солнца также могут быть классифицированы по типам I, II, III. Таким образом, переход между быстрыми и медленными, по-видимому, происходит довольно плавно. Можно не сомневаться, что если бы были проведены фотоэлектрические наблюдения вспыхивающих звезд в звездных агрегатах, можно было бы наблюдать медленные вспышки с малыми t_d , подобно тем, которые наблюдаются у звезд солнечной окрестности. С другой стороны, можно уверенно сказать, что вероятность наблюдения медленных с $t_d > 20$ мин у звезд солнечной окрестности очень мала, что, по-видимому, обусловлено эволюционной стадией этих звезд.

5. Согласно предположению Амбарцумяна [16], вероятность появления быстрых и медленных вспышек должна быть пропорциональна толщине соответствующего слоя, где они происходят. Толщина фотосферы, где происходят медленные вспышки, порядка 10^2 км. Малая дисперсия величин t_d также говорит о том, что слой, где происходят медленные вспышки, относительно мал. Толщина слоя над фотосферой, где происходят быстрые вспышки, порядка 10^4 — 10^5 км. Отношение количества быстрых и медленных вспышек должно быть пропорционально толщине слоев, где происходят вспышки, то есть

$$\frac{N_b}{N_m} \sim \frac{h_b}{h_m} \sim 10^2 \div 10^3. \quad (6)$$

Сравним величину $\frac{N_b}{N_m}$ с результатами наблюдений в агрегатах Ориона и Плеяды. Из наблюдательных данных получаем, что отношение количества быстрых и медленных вспышек порядка 10^2 . При этом учитывались и те быстрые вспышки ($\Delta m \leq 1.00$), которые вряд ли могли наблюдаться как медленные, если бы произошли под фотосферой, из-за малой амплитуды. Следовательно, истинное отношение количества быстрых и медленных вспышек $\frac{N_b}{N_m}$ должно быть $> 10^2$. Отсюда еще раз следует, что внутри фотосферы вспышек больших энергий происходит больше, чем следовало ожидать, исходя лишь из величин $\frac{N_b}{N_m}$.

Возможно, что более энергичные вспышки чаще происходят под фотосферой, чем вне.

Авторы приносят глубокую признательность В. А. Амбарцумяну за полезные замечания.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SLOW FLARES IN STELLAR AGGREGATES. III

E. S. PARSAMIAN, G. B. OGANYAN

The study of slow flares in star clusters, associations and Solar vicinity is carried out. The dependence of flare amplitude from the inverse velocity of flare increasing in U, B, V bands are obtained. It is shown that strong flares more frequently take place in the deep layers of the stellar photosphere.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 13, 1954.
2. G. Haro, Stars and Stellar Systems, v. VIII, eds. B. M. Middlehurst, L. H. Aller 1968, p. 141.
3. Э. С. Парсамян, Астрофизика, 16, 231, 1980.
4. Э. С. Парсамян, Астрофизика, 16, 87, 1980.
5. Л. В. Мирзоян, О. С. Чавушян, Н. Д. Меликян, Р. Ш. Нацелишвили, Г. Б. Оганян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, Астрофизика, 17, 197, 1981.
6. Р. Ш. Нацелишвили (Частное сообщение).
7. Э. С. Парсамян, Э. Чавира (Частное сообщение).
8. Л. В. Мирзоян, Н. Д. Меликян, Тр. симпозиума «Вспыхивающие звезды и родственные объекты», Ереван, 1986, стр. 153.
9. K. Ishimura, Y. Shimizu, Tokyo Astron. Bull., № 264, 2999, 1981.
10. К. А. Григорян, М. А. Ерицян, Астрофизика, 7, 303, 1971.
11. П. Ф. Чукайнов, Изв. Крым. астрофиз. обсерв., 76, 54, 1987.
12. E. S. Parsamian, Star Clusters Symp., Budapest, 1977, p. 119.
13. Э. С. Парсамян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 57, 79, 1985.
14. T. Y. Moffett, Astrophys. J. Suppl. Ser., 29, 1, 1974.
15. B. R. Pettersen, K. P. Panov, W. H. Sandmann, M. S. Ivanova, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 235, № 2, 1986.
16. В. А. Амбарцумян, Астрофизика, 7, 557, 1971.