

УДК: 524.338.6:520.824

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ДВУХЦВЕТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ
ЗВЕЗДНЫХ ВСПЫШЕК С ВЫСОКИМ
ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Г. М. ТОВМАСЯН, В. П. ЗАЛИНЯН

Поступила 6 июля 1987

Принята к печати 20 октября 1987

Приведены результаты синхронных двухцветных (U , B) электрофотометрических наблюдений вспышек звезд EV Lac и BY Dra с постоянной времени интегрирования 0.1 с. Показана корреляция между амплитудой ΔU в максимуме вспышки и показателем цвета $U-B$ в тот же момент. Полученные результаты создают серьезные трудности в объяснении природы звездных вспышек.

Изучение феномена вспышек звезд весьма важно для понимания процесса образования и эволюции звезд. После того, как В. А. Амбарцумяном [1] было предсказано, что почти все звезды молодого скопления Плеяды должны быть вспыхивающими, что в дальнейшем было подтверждено наблюдениями, стало ясно, что фаза вспышечной активности звезд является неизбежной на ранних стадиях их эволюции.

Из этого следовало, что любая гипотеза по происхождению и развитию звезд должна предусмотреть эту фазу вспышечной активности. Существующие гипотезы вспышек звезд (обширный обзор которых дан Р. Е. Гершбергом [2, 3]) встречаются с затруднениями даже без учета этого требования. С другой стороны обнаруженная вспышечная активность у молодых звезд находит естественные толкования в рамках концепции В. А. Амбарцумяна [4], согласно которой вспышки обусловлены освобождением энергии при взрывах в верхних слоях атмосферы звезд сгустков сверхплотной протозвездной материи. Естественно при этом, что чем моложе звезда, тем больше у нее может быть запасов этих сгустков, следовательно, тем чаще у нее могут наблюдаться вспышки. При этом, чем выше слой атмосферы, где происходит взрыв сгустка протозвездной материи, тем более скоротечной может оказаться наблюдаемая вспышка. С этой точки зрения весьма примечательно, что в последние годы разными наблюдателями были обнаружены короткие вспышки типа всплесков с длительностью около секунды и меньше [5—13]. Такие вспышки,

вполне возможные по представлениям В. А. Амбарцумяна, поставили бы дополнительные трудности для других моделей вспышек звезд. Однако реальность таких вспышек всегда остается под сомнением, поскольку они вполне могут иметь аппаратное или атмосферное происхождение и, тем самым, не иметь ничего общего с повышением яркости наблюдаемой звезды. Учитывая важность установления достоверности таких коротких вспышек, а также важность изучения их кривых блеска для понимания самой природы вспышек, в Бюраканской астрофизической обсерватории нами был создан двухканальный электрофотометр, регистрирующий вспышки одновременно в двух цветах, U^* и B^* , с высоким временным разрешением [14]. (В качестве фильтров использованы цветные стекла, которые дают цветовую систему, близкую к стандартной U, B). Этот электрофотометр является усовершенствованным вариантом одноканального электрофотометра на базе микро-ЭВМ, в котором запись сигнала с постоянной времени интегрирования до 0.01 с производится только во время вспышки. Иными словами, система регистрации включается автоматически только при превышении сигнала в цвете U^* среднего уровня флуктуаций на заданную величину (более 5σ). Средний уровень сигнала от звезды (вместе с фоном неба и собственными шумами фотоумножителя) определяется подключенной к электрофотометру микро-ЭВМ «Электроника 60» по 100 отсчетам, предшествующим вспышке.

Уже первые наблюдения на 40-см телескопе типа Кассегрена Бюраканской астрофизической обсерватории с использованием упомянутого электрофотометра обнаружили несколько вспышек звезд, продолжительностью менее одной секунды [15].

Результаты двухцветных наблюдений вспыхивающих звезд EV Lac и VY Dra с постоянной времени интегрирования 0.1 с и порогом

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАБЛЮДЕННЫХ ВСПЫШЕК
ЗВЕЗДЫ EV Lac

Дата	UT_{\max}	$D_{\text{сек}}$	Δm_U	Δm_B	$U^* - B^*$
1985					
1, 6 августа	22 ^h 17 ^m 53 ^s *	0.4	2.86	1.36	-0.40
2, 7 "	23 17 34	0.7	4.94	1.50	-2.34
3, 9 "	23 50 06	0.3	1.79	0.82	0.13
4, 28 октября					
а	19 06 29	5.3	1.53	0.86	0.43
б	19 06 33	4.0	1.68	0.91	0.33

срабатывания системы 5σ приведены в табл. 1 и 2, где в первом столбце указаны даты наблюдений, во втором — моменты максимумов вспышек

по всемирному времени; в третьем—длительности вспышек в цвете U^* ; в четвертом—амплитуды вспышек в цвете U^* ; в пятом—амплитуды вспышек в цвете B^* ; в шестом—цвета звезд в максимуме вспышки. Полное время двухцветных наблюдений звезды EV Lac составило 16 часов, а для VY Dra—9 часов. Кривые яркости некоторых из этих вспышек приведены на рис. 1 и 2.

Таблица 2
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАБЛЮДЕННЫХ ВСПЫШЕК
ЗВЕЗДЫ VY Dra

Дата	UT_{\max}	$D_{\text{сек}}$	Δm_U	Δm_B	$U^* - B^*$
1986					
1, 9 июля	21 ^h 55 ^m .39 ^s	0.2	1.03	0.24	0.21
2 "	21 59 53	0.2	0.95	0.44	0.49
3 "	22 03 22	0.2	1.11	0.15	0.04
4 "	22 08 04	0.2	1.06	0.0	-0.06
5 "	22 09 43	0.2	1.13	0.30	-0.10
6 "	22 13 16	0.2	1.17	0.0	-0.17
7 "	22 14 51	0.2	0.93	0.20	0.09
8, 23 "	19 25 17	4.0	1.85	0.75	0.10

Если исходить из предположения, что плотность фонового излучения постоянна во времени, то вероятность ложного обнаружения одного всплеска одновременно в двух каналах при определенном времени наблюдения T и заданном пороге обнаружения M можно определить по формуле [14]:

$$P = 1 - [1 - F^2 \{2\sqrt{\bar{N} \cdot \tau} - 2\sqrt{M+1}\}]^k,$$

где F —функция нормального распределения, \bar{N} —среднее число фотоимпульсов за единицу времени, M —определяется как $M = \bar{N} + m\sqrt{\bar{N}}$, k —количество отсчетов, определяющее продолжительность наблюдений $T = \tau \cdot k$, τ —постоянная времени интегрирования, m —коэффициент, принятый в наших наблюдениях равным 5.

В соответствии с этой оценкой, одна ложная вспышка одновременно в двух каналах может быть зарегистрирована за $3 \cdot 10^6$ часов наблюдений.

Такая же оценка вероятности ложной вспышки получается и при подсчете по формуле

$$P = \frac{(\bar{N} \cdot \tau)^N}{N!} e^{-\bar{N} \cdot \tau}.$$

Так, при $\bar{N}=250$ имп/с, $\tau=0.1$ с, $m=3$ и соответствующем пороге обнаружения $M=40$, $P=3 \cdot 10^{-6}$, одно ложное обнаружение может произойти за $\sim 10^6$ непрерывных измерений (отсчетов) или за 28 часов при двухканальном режиме работы. А если принять $m=5$, как при наших наблюдениях, то ложный отсчет, принимаемый за вспышку, будет иметь место за более чем 10^6 часов.

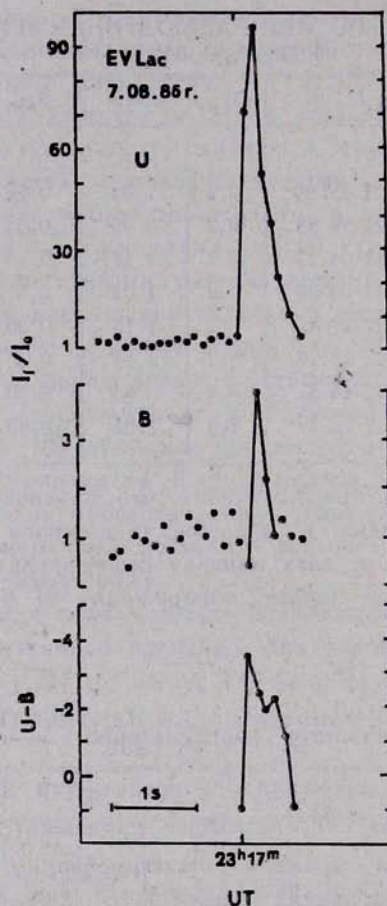


Рис. 1. Вспышка звезды EV Lac, зарегистрированная 7 августа 1986 г.

По приведенным формулам определяется вероятность только одного ложного всплеска. Очевидно, что вероятность ложного обнаружения нескольких следующих друг за другом отсчетов, как при обнаруженных вспышках, практически сводится к нулю.

При такой оценке, естественно, не учитывается цвет предполагаемой ложной вспышки. В действительности же имеется определенная корреля-

ция между амплитудой ΔU в максимуме вспышки и показателем цвета $U-B$ в тот же момент времени [16]. И весьма примечательно, что соответствующие величины обнаруженных нами вспышек (с постоянной времени 0.1 с) достаточно хорошо удовлетворяют этой зависимости (рис. 3). Очевидно, что при случайных шумовых пичках на записи наблюдений эти параметры шумовых всплесков не удовлетворяли бы данной зависимости. Кроме того, это исключает также атмосферное происхождение регистрируемых нами всплесков.

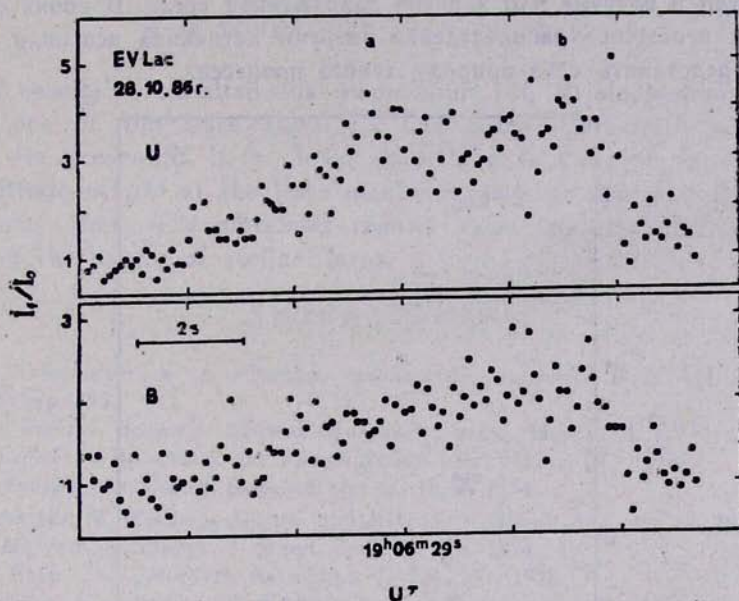


Рис. 2. Вспышка звезды EV Lac, зарегистрированная 28 октября 1986 г.

До использования в реальных наблюдениях система регистрации прошла лабораторные испытания для исследования возможности регистрации всплесков, вызванных колебаниями квантового выхода фотоумножителей. За время испытаний, общей длительностью 20 часов, не было зарегистрировано одновременно в двух каналах ни одного отсчета, превышающего 3σ .

Кратковременность обнаруженных вспышек ставит серьезные трудности в объяснении природы вспышек. Действительно, в случае вспышки, представленной на рис. 1а, яркость звезды возросла почти в сто раз за время порядка 0.2 с, а в других случаях, возможно, и за время меньше 0.1 с, т. к. по двум точкам на кривой нарастания яркости нельзя уверенно говорить об истинной длительности фронта нарастания яркости.

Если допустить, что внешняя граница области вспышки распространяется через атмосферу звезды со скоростью даже в 5000 км с^{-1} , то диаметр этого объема достигнет за 0.2 с лишь 2000 км ; или же меньше, если длительность фронта нарастания вспышки менее 0.1 с . Диаметр самой звезды при этом порядка $5 \cdot 10^5 \text{ км}$ [17]. Следовательно, чтобы объяснить наблюдаемое увеличение яркости звезды, необходимо, чтобы поверхностная яркость области, обуславливающей вспышку, была бы, как минимум, в $6 \cdot 10^6$ раз больше поверхностной яркости фотосферы звезды. Другой возможностью является расширение облака релятивистских частиц в вакууме или в очень разреженной среде. В обоих случаях требуется необычное распределение энергии источника вспышки. Очень трудно представить себе природу такого процесса.

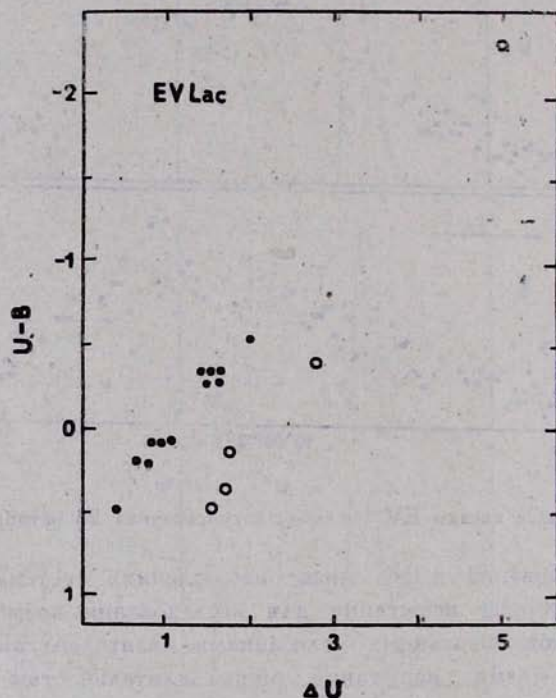


Рис. 3. Зависимость между ΔU_{max} и $U-B$ вспышек EV Lac; ○ — наблюдения авторов, ● — данные работы [17].

Решение проблемы может быть найдено при привлечении гипотезы В. А. Амбарцумяна о существовании сверхплотной протозвездной материи и ее взрывах в верхних слоях атмосферы звезд [4]. Возможно, что с процессами освобождения энергии протозвездного вещества связаны и обнаруженные миллисекундные вспышки в радиодиапазоне [18], которые, очевидно, происходят в звездных коронах.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за постоянный интерес к работе и ценную дискуссию.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SIMULTANEOUS TWO-COLOUR OBSERVATION OF STELLAR FLARES WITH A HIGH TIME RESOLUTION

H. M. TOVMASSIAN, V. P. ZALINIAN

The results of simultaneous two-colour (U , B) electrophotometric observations of the flare stars EV Lac and BY Dra with 0.1 s time constant are presented. It is shown that there is a correlation between the amplitude of ΔU at the flare maximum and the colour index $U-B$ at the same time. The obtained results raise essential difficulties in explaining the nature of stellar flares.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, в сб. «Звезды, туманности, галактики», Изд. АН Арм.ССР, 1969, стр. 283.
2. Р. Е. Гершберг, Вспышки красных карликовых звезд, Наука, М., 1970.
3. Р. Е. Гершберг, Вспыхивающие звезды малых масс, Наука, М., 1978.
4. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 13, 3, 1954.
5. S. Cristaldi, M. Rodono, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 10, 47, 1973.
6. T. J. Moffett, Astrophys. J. Suppl. Ser., 29, 273, 1974.
7. B. W. Vopp, T. J. Moffett, Astrophys. J., 185, 239, 1973.
8. K. Kodaira, K. Ishimura, S. Nishimura, Publ. Astron. Soc. Jap., 28, 665, 1976.
9. Д. Е. Эванс, в сб. «Вспыхивающие звезды», Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1977, стр. 35.
10. A. N. Jarret, J. van Rooyan, IBVS, No. 1612, 1979.
11. М. К. Тsvetkov, А. Р. Antov, А. Г. Тsvetkov, Eruptive Phenomena in Stars, Budapest, 1986.
12. М. К. Тsvetkov, А. Р. Antov, А. Г. Тsvetkov, IBVS, No. 2972, 1986.
13. В. П. Залинян, Г. М. Товмассян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 58, 87, 1986.
14. А. Д. Верекин, В. Г. Коваленко, Б. В. Поленов, М. А. Сабиров, М. В. Соловьев, в сб. «Изучение гамма-всплесков автоматическими станциями», Наука, М., 1983, стр. 42.
15. V. P. Zaltinian, H. M. Tovmassian, IBVS, No. 2992.
16. Г. А. Гурадян, Звездные вспышки, Наука, М., 1985.
17. B. W. Vopp, R. D. Gehrz, J. A. Hackwelle, Publ. Astron. Soc. Pasif., 86, 933, 1974.
18. K. R. Lang, R. F. Wilson, Astrophys. J., 305, 353, 1986.