

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 16

ФЕВРАЛЬ, 1980

ВЫПУСК 1

УДК 523.802

ВСПЫШЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ ЗВЕЗДЫ γ Dra

А. С. МЕЛКОНЯН, К. ОЛА, А. В. ОСКАНЯН мл., В. С. ОСКАНЯН

Поступила 14 июля 1979

Пересмотрена 4 декабря 1979

Выполнен анализ вспышечных данных звезды γ Dra, полученных в течение 751 часа (1971—1975 гг.) эффективного патрулирования. Указано, что полученные параметры, характеризующие вспышечную активность звезды γ Dra, вписываются в имеющуюся из данных других вспыхивающих звезд картину вспышечной активности.

Введение. Настоящая работа является результатом пятилетних (1971—1975 гг.) электрофотометрических наблюдений звезды γ Dra, самой яркой из известных вспыхивающих звезд в окрестности Солнца. Существовавшие в начале семидесятых годов наблюдательные данные об этой звезде нельзя было считать достаточными для каких-либо выводов о ее вспышечных характеристиках. Поэтому, в сотрудничестве с обсерваторией Конколи (Венгрия), была организована более продолжительная серия наблюдений, результаты которых приводятся в настоящей работе. Так как в 1971 г. уже было известно, что у γ Dra наблюдается медленное периодическое изменение блеска [1—3], то наши наблюдения были организованы так, чтобы одновременно получалась информация и о медленных изменениях блеска, и о вспышечной активности звезды.

Схема наблюдений была следующая: каждые полчаса в течение 5—6 минут сравнивался блеск звезды γ Dra с блеском двух звезд сравнения. В промежуточном интервале между двумя сравнениями в течение, примерно, 25 минут велось непрерывное патрулирование звезды γ Dra с целью обнаружения вспышек. Таким образом, моменты сравнения блеска были равномерно распределены на весь интервал наблюдений в течение ночи. В Бюраканской обсерватории сравнения блеска выполнялись в 1971 г. и 1975 г. в u , b , v цветах, в 1972 г. в u цвете, а в 1973 г. и 1974 г. в b цвете. В обсерваториях Конколи и Матра (Венгрия) сравнения выполнялись всегда в u , b , v цветах.

Наблюдения велись на телескопах 40-см Бюраканской обсерватории, 60-см обсерватории Конколи и 50-см обсерватории Матра. Значения коэффициентов (ψ , μ , ε) для перехода от инструментальной u , b , v к международной UBV системе приведены ниже:

	ε	μ	ψ
Бюракан	+ 0.016	+ 1.010	+ 1.027
Конколи	- 0.13	+ 1.10	+ 1.07
Матра	+ 0.06	+ 0.89	+ 0.9

Основные данные о звезде BY Dra и использованных нами звездах сравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Звезда	α_{1950}	δ_{1950}	$\begin{matrix} V \\ B-V \\ U-B \end{matrix}$	M_V	SP	π	Литература
BY Dra = HD 234677 = BD + 51.2402	18 ^h 32 ^m 45 ^s	+51°41.0	$\begin{matrix} 8^m44 \\ 1.24 \\ 1.03 \end{matrix}$	7 ^m 47	dK7e	0.064	[3]
HD 172268 = BD + 51.2408	18 35 21	+51 50.0	$\begin{matrix} 7.89 \\ 1.26 \\ 1.31 \end{matrix}$		dK5		[4]
HD 172468 BD + 51.2410	18 36 31	+51 54.1	$\begin{matrix} 7.51 \\ 1.29 \\ 1.15 \end{matrix}$		dK2		[4]

Распределение этих звезд на небе изображено на рис. 1. Бросается в глаза, что звезды BY Dra, HD 172268 и HD 172468 близки как по спектральному типу, так и по видимым величинам, к тому же расположены на

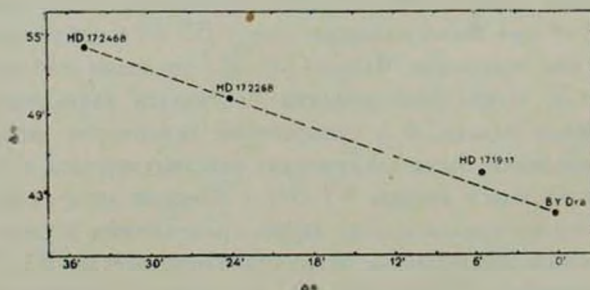


Рис. 1.

одной прямой, образуя видимую цепочку. К сожалению, нет необходимых данных, чтобы ответить на вопрос, образуют ли эти звезды физическую группу или нет. Но нужно сказать, что их собственные движения не говорят в пользу предположения о наличии физической группы.

Наблюдения. В табл. 2 приведены основные данные о наблюдениях.

Таблица 2

Год	Период наблюдений	Число ночей	Эффективное время патрулирования (мин)	
			<i>и</i>	<i>б</i>
1971	11—VII 12—X	51	1152	184
1972	14—IV 5—X	56	9301	514
1973	9—IV 5—X	51		13328
1974	12—V 24—IX	47		9764
1975	8—IV 27—IX	55		10824
	Сумма	260	10453	34614

Эмиссионные линии ионизованного кальция H и K были обнаружены в спектре BY Dra Мюнчем [5]. Наблюдения Джоя и Вильсона [6] подтвердили существование этих эмиссионных линий. Первая вспышка этой звезды наблюдалась в 1953 г. Поппером [7]. В период до 1970 г. было несколько попыток обнаружить вспышки звезды BY Dra, но они были либо безуспешными [8, 9], либо указывали на очень низкий уровень ее вспышечной активности [10].

Имея в виду эти результаты, было решено вести патрулирование в *и* цвете, чтобы увеличить вероятность обнаружения вспышек. Но результаты наблюдений 1971 г. и особенно 1972 г. показали, что, вопреки сравнительно низкой средней частоте вспышек этой звезды, все-таки можно обнаружить достаточное число вспышек, если наблюдательные серии более длительные. Поэтому, начиная с 1973 г., патрулирование велось в *б* цвете, чтобы полученные данные о вспышках могли быть сравнены с имеющимися в Бюраканской обсерватории данными о вспышках других звезд [11].

Результаты наблюдения вспышек приведены в табл. 3, где в последовательных столбцах даны: 1 — дата наблюдения вспышки; 2 — момент UT максимума; 3 — продолжительность возрастания блеска — t_b ; 4 — продолжительность затухания блеска вспышки t_d ; 5 — интенсивность излучения вспышки в максимуме в единицах интенсивности излучения звезды в нормальном состоянии (индекс в заголовках столбцов указывает на цвет, в котором велись наблюдения); 6 — среднее квадратичное отклонение, выраженное в единицах нормального излучения звезды [12]; 7 — интегральная энергия излучения вспышки [12]; 8 — эффективное время патрулирования; 9 — средняя частота вспышек; 10 — вспышечная свети-

Д а т а		UT _{max}	t_b (мин)	t_a (мин)	$\left(\frac{I_{f/m}}{I_s}\right)_a$	$\left(\frac{\sigma}{I_s}\right)_a$
1971	17 VIII	21 11.8	0.1	0.5	0.17	0.018
	17 VIII	21 12.8	0.1	0.2	0.25	0.018
1972	19 VI	21 6.7	3.7	13.3	0.34	0.018
	20 VI	23 19.2	1.3	12.0	0.10	0.017
	3 VII	20 15.2	7.5	39.5	0.31	0.020
	10 VII	19 58.5	2.3	13.5	0.40	0.016
	5 VIII	17 46.0	2.5	19.0	0.99	0.013
	5 VIII	20 16.9	0.4	2.5	0.08	0.011
	6 VIII	17 40.0	0.8	3.0	0.21	0.023
	14 VIII	19 29.9	1.9	10.1	0.67	0.022
1973	21 VI	19 45.8	1.7	18.4		
	22 VI	20 15.4	4.8	12.0		
	24 VI	21 22.8	0.2	0.4		
	27 VI	23 3.8	1.8	11.6		
	21 VIII	22 21.3	0.6	4.5		
	28 VIII	21 51.9	1.3	21.1		
1974	13 VII	21 54.3	5.4	11.5		
	14 VII	20 19.1	27.7	53.9		
	14 VII	22 14.3	0.6	12.0		
	27 VII	00 15.1	8.6	48.9		
	13 VIII	18 51.7	3.7	40.0		
	14 VIII	19 12.7	1.0	7.6		
1975	7 VII	20 21.4	8.8	30.6		
	2 VIII	20 17.4	4.5	15.9		
	14 IX	18 43.8	2.7	9.0		

Σ

Таблица 3

P_a (мин)	T_a (мин)	$\gamma_a \cdot 10^3$ (всп/мин)	$\frac{\Sigma P_a}{T_a} \cdot 10^3$	$\left(\frac{I_{fm}}{I_s}\right)_b$	$\left(\frac{\gamma}{I_s}\right)_b$	P_b (мин)	T_b (мин)	$\gamma_b \cdot 10^3$ (всп/мин)	$\frac{\Sigma P_b}{T_b} \cdot 10^3$	
0.04 0.01	1152	1.736	0.044	—	—	—	184b 1152u 1336			
1.57 0.55				0.052 —	0.18					
7.86 1.50				0.048 0.062	0.91 0.17					
8.50 0.09				0.153 —	0.99					
0.23 2.67				— —	— —	514b 9301u 9815				
	9301	0.860	2.469	0.103	0.31	0.31	9815	0.509	0.261	
				0.840 0.540 0.048 0.080 0.150 0.870	0.012 0.007 0.008 0.007 0.018 0.013	2.80 13.55 0.01 0.47 0.23 5.20	13328	0.450	1.670	
				0.178 0.526 0.397 3.590 1.110 0.220	0.009 0.007 0.011 0.012 0.007 0.005	0.81 12.44 0.96 35.66 7.06 0.59	9764	0.615	5.891	
				0.540 0.380 0.270	0.013 0.005 0.006	6.60 3.13 2.00	10824	0.277	1.082	
23.02				10453		94.04	45067			
				Σ/n	0.957	2.202	0.009		0.444	2.087

Примечания к таблице 3

а) В столбце 11 данные для 1971 г. и 1972 г. вычислены по данным наблюдений в *u* цвете с использованием уравнения $U-B = -1$, дающего связь между *u* и *b* цветами в максимуме вспышки [13]. В столбце опущены данные для вспышек (предполагаемых необнаруживаемыми в цвете *b*), вычисленные амплитуды которых в *b* цвете меньше пятикратного значения среднего значения σ (столбец 12), т. е. меньше 0.047 зв. величин [12].

б) В столбце 13 приведенные значения для 1972 г. подсчитаны по данным P_u для того же года. Значения P_b вычислены с помощью уравнения $P_b = 0.1166 \times P_u - 0.1898$, коэффициенты которого подсчитаны методом наименьших квадратов, с использованием опубликованных значений P_u и P_b для вспышек звезд EQ Peg, UV Cet, YZ CMi, EV Lac, BD + 55.1832, AD Leo и BY Dra, полученных другими авторами при синхронных *u*, *b*, *v* наблюдениях.

в) В столбце 14 для 1971 г. и 1972 г. ко времени патрулирования в *b* цвете прибавлено и время патрулирования в *u* цвете, так как данные, полученные в *u* цвете, пересчитаны в *b* цвет.

мость: 11 — интенсивность излучения вспышки, выраженная в единицах нормального излучения звезды; 12 — среднее квадратичное отклонение [12]; 13 — интегральная энергия вспышки; 14 — эффективное время патрулирования, 15 — средняя частота вспышек; 16 — вспышечная светимость [11].

Обсуждение. Уже неоднократно было показано, что распределение вспышек по времени не противоречит гипотезе о его пуассоновском характере [11, 13, 14]. Поэтому можно предположить, что упомянутая закономерность имеет место и в случае вспышек, происходящих у звезды BY Dra.

Однако интересно попробовать убедиться в точности такого предположения путем анализа полученных нами наблюдательных данных. Из табл. 3 видно, что средний промежуток времени между двумя вспышками порядка 2200 мин. Интервалы времени непрерывного наблюдения, как уже было сказано, были порядка 25 мин. Очевидно, что при таких условиях наблюдений невозможно применить какой-либо критерий согласия. Даже если пренебречь пятиминутными перерывами между интервалами непрерывного патрулирования, то самый большой интервал не будет длиться больше 400 мин, т. е. в шесть раз короче среднего интервала между двумя вспышками, что явно не соответствует условиям, необходимым для применения критериев согласия. Итак, остается косвенным путем искать ответ на этот вопрос.

Из наших наблюдений следует, что средняя частота вспышек в *b* цвете равняется $\nu = 0.000444$ (всп/мин), а в *u* цвете — $\nu = 0.00957$ (всп/мин). Если предположить, что распределение вспышек по времени является пуассоновским, то, исходя из вышеприведенных значений для средних частот, можно подсчитать, что вероятность появления двух вспы-

шек в интервале двух часов равняется 0.001 для b цвета и 0.006 для u цвета. Из табл. 3 видно, что такие маловероятные события осуществлялись один раз при наблюдениях в b цвете и два раза при наблюдениях в u цвете. Таким образом, из двадцати пяти вспышек шесть (24%) осуществлялись в маловероятных комбинациях. Этот факт позволяет заподозрить некоторую тенденцию к группированию вспышек, т. е. некоторое отклонение от пуассоновского распределения. Поэтому можно сказать, что у звезды BY Drg существуют некоторые признаки, позволяющие заподозрить наличие тенденции к группированию вспышек, которая может быть вызвана, например, существованием активных областей на звезде — подобно активным областям на Солнце — способных порождать «симпатетические» вспышки.

Из данных столбцов 15 и 16 видно, что как средняя частота вспышек, так и вспышечная активность имеют максимальное значение в 1974 г. Интересно отметить, что энергия, излученная всеми вспышками, обнаруженными в 1974 г. за 162.7 часов наблюдений, составляет 61% энергии, излученной всеми вспышками, обнаруженными за все время (751 час) наблюдений. Более того, количество энергии, излученной только одной вспышкой 27 июля 1974 г., составляет 37% энергии, освобожденной всеми вспышками вместе. Все это дает право заподозрить, что вспышечная активность звезды BY Drg подвержена колебаниям такого типа, как изменения уровня солнечной активности, и что 1974 г. был годом максимума активности этой звезды.

Изменение уровня вспышечной активности звезды BY Drg нельзя считать доказанным, но и нельзя исключить из-за совпадения интервала наивысшей частоты с интервалом наибольших амплитуд. Напомним, что подобное совпадение было обнаружено В. С. Осканяном [15] у звезды UV Cet. Так как и на Солнце в интервале максимума активности наблюдается одновременное увеличение частоты и мощности вспышек, то не исключено, что вышеупомянутое совпадение максимальных частот и амплитуд вспышек является признаком существования циклического изменения уровня вспышечной активности звезды.

В заключение отметим, что полученные нами параметры вспышечной активности звезды BY Drg вписываются в картину, являющуюся результатом анализа данных других вспыхивающих звезд [11, 16].

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность академику В. А. Амбарцумяну за ценные указания и замечания, сделанные им при обсуждении статьи.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория
Обсерватория им. Конколи,
Будапешт

FLARE ACTIVITY OF BY Dra

A. S. MELKONIAN, K. OLAN, A. V. OSKANIAN jr., V. S. OSKANIAN

The analysis of flare data of BY Dra, obtained during 751 hours (1971—1975) of effective patrol observations is accomplished. It has been pointed out that different parameters characterizing the flare activity of BY Dra complement the general picture of flare activity obtained from other flare stars.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. F. Chugainov, IBVS, 122, 1966.
2. W. Krzeminski, R. P. Kraft, A. J., 72, 307, 1967.
3. W. Krzeminski, Low-Luminosity Stars, ed. S. S. Kumar, Gordon and Breach Science Publishers, London, 1969, p. 57.
4. S. Vogt, Ap. J., 199, 418, 1975.
5. G. Münch, Ap. J., 99, 273, 1944.
6. A. H. Joy, R. E. Wilson, Ap. J., 109, 231, 1949.
7. D. Popper, PASP, 65, 278, 1953.
8. W. Wenzel, Mitt. Veränderliche Sterne, 210, 1955.
9. П. Ф. Чукайнов, Изв. КрАО, 26, 171, 1961; 28, 150, 1962.
10. S. Cristaldi, M. Rodonó, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 2, 223, 1970.
11. В. С. Осканян, В. Ю. Теребиж, Астрофизика, 7, 83, 281, 1971.
12. A. D. Andrews, P. F. Chugainov, R. E. Gershberg, V. S. Oskanian, IBVS, 326, 1969.
13. W. E. Kunkel, An Optical Study of Stellar Flares, dissertation, The University of Texas, Austin, Texas, 1967.
14. C. Lacy, T. J. Moffett, D. S. Evans, Ap. J. Suppl. ser., 30, 1976, p. 85.
15. В. С. Осканян, Нестационарные звезды, ред. М. А. Аракелян, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1957, стр. 17.
16. В. С. Осканян, Вспыхивающие звезды, ред. Л. В. Мирзоян, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1977, стр. 11.