

А. С. МЕЛКОНЯН

U и H₃ ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ВСПЫШЕК ЗВЕЗДЫ EV Lac. ПОИСК ПЕРЕМЕННОСТИ МАЛОЙ АМПЛИТУДЫ

Представлены результаты квазисовременной U и H₃ электрофотометрии вспышек EV Lac.

Обнаружены колебания блеска с периодом 3^d 33 и амплитудой 0^m 015.

Введение. Как известно, во время вспышек красных карликовых звезд, помимо непрерывного излучения, усиливается также излучение в линиях бальмеровской серии водорода, пониженного кальция и в некоторых других линиях [1—7]. Согласно Боппу и Моффетту [8, 9], в течение пик-фазы свет вспышки относится к непрерывному спектру, в то время как в медленной фазе наблюдается линейчатая эмиссия. Относительный вклад этих двух составляющих вспышки в каждой отдельной вспышке может быть различным. Вблизи максимума вспышки линейчатая эмиссия дает лишь 5—10% общего излучения вспышки в полосе В, но к фазе медленного угасания эта доля возрастает до 16—28%.

Согласно Моффетту и Боппу [9], в семи вспышках на четырех звездах типа UV Cet максимум эквивалентной ширины линии H₃ наступал через 1—9 мин, а максимум эквивалентной ширины линии K CaII—через 4—52 мин после максимума непрерывного излучения, причем, с переходом от слабых к абсолютно более ярким звездам это время запаздывания систематически возрастало.

Эти факты дают основание для проведения узкополосной электрофотометрии с интерференционными фильтрами в определенных спектральных линиях. Из опубликованных работ такого рода, можно, например, упомянуть работы [10—13]. Особенно следует отметить работу Моффетта и Эванса [10], где приводятся результаты одновременных U и H₃ наблюдений вспышек звезды UV Cet. В одном случае H₃ вспышка длилась примерно в 30 раз дольше, чем U вспышка и имела намного большую амплитуду.

Существующие наблюдательные данные кажутся пока недостаточными для построения теории звездных вспышек.

Целью настоящей работы было получение и сравнительный анализ наблюдательных данных о вспышках EV Lac в U и H₃ полосах. Кроме того, нас интересовал вопрос о медленных колебаниях блеска EV Lac, у которой Петерсен [18], Петерсен и др. [19] обнаружили периодические колебания блеска с периодом 4^d 375 и амплитудой 0^m 08.

Возможности рабочего фильтра H₃. Если профиль спектральной линии и кривую пропускания фильтра H₃ аппроксимировать равнобедренным треугольником, то, аналогично работе [13], для амплитуды H₃ вспышки, которая наблюдалась бы нашей аппаратурой, получим [13]:

$$\Delta H_{\beta} = 2.5 \lg \frac{18 + k \cdot \Delta \lambda (3 - 0.167 \Delta \lambda)}{18 + k_0 \Delta \lambda_0 (3 - 0.167 \cdot \Delta \lambda_0)},$$

где $\Delta \lambda$ — ширина спектральной линии, k — ее центральная относительная интенсивность, а полуширина полосы пропускания фильтра H_{β} и его максимальная прозрачность равны 6 Å и 0.38, соответственно. Индексом «0» обозначены параметры спокойного состояния звезды. Знаменения $\Delta \lambda$ и « k » можно взять из работы Гершберга и Чугайнова [1]. Например, при $\Delta \lambda = 6$ Å и $k = 3$, получим $\Delta H_{\beta} = 0.08$ ($\Delta \lambda_0 = 3$ Å, $k_0 = 1$).

Наблюдения. Наблюдения проводились на телескопе АЗТ-14А Бюраканской обсерватории, на котором установлен одноканальный электрофотометр с фотоумножителем типа ФЭУ-79. Постоянная времени аналоговой аппаратуры примерно 0.5 с. Фильтры менялись вручную.

Велась непрерывная запись сигнала от EV Lac в фильтре U, раз в десять минут измерялся фон и сигнал в H_{β} , затем — фон в U. В случае вспышки после максимума блеска несколько раз измерялся H_{β} сигнал.

Когда звезда находилась близко от меридиана, в режиме счета фотонов проводились три поочередных сравнения блеска EV Lac в В и V джонсоновских полосах относительно двух звезд сравнения. Время интегрирования для звезд было равно 60 с, а для фона — 20 с.

Полученные данные. За 40 ч патрулирования у звезды EV Lac было зарегистрировано 7 вспышек (если вспышку № 1 считать одной вспышкой). Параметры этих вспышек приведены в табл. 1, где в последовательных столбцах даны: 1 — номер вспышки; 2 — дата наблюдения вспышки; 3 — момент максимума UT; 4 — амплитуда вспышки; 5 — среднеквадратическое отклонение одного измерения (время интегрирования 10 с); 6 — интегральное время излучения вспышки в минутах [16]; 7 — продолжительность вспышки в минутах; 8 — скорость возгорания вспышки в звездных величинах за секунду; 9 — скорость затухания блеска вспышки.

Таблица 1

Параметры вспышек

№	Дата	UT _{max}	Δm_u	σ_u	P	Δt	V_a	V_b
1	12.08.85	18 7.5	0.66	0.07	2.85	3.00	0.3800	0.0095
2	27.08.85	00 35.0	0.50	0.08	1.82	5.00	0.0080	0.0020
3	27.08.85	17 58.3	1.51	0.08	25.30	31.00	0.0034	0.0013
4	2.09.85	21 35.2	0.58	0.07	0.58	1.00	0.1450	0.0100
5	19.09.85	21 5.0	0.84	0.08	3.30	4.67	0.2100	0.0040
6	19.09.85	21 58.3	0.71	0.09	1.70	4.00	0.0290	0.0036
7	7.10.85	00 33.3	1.63	0.09	2.40	3.25	0.4100	0.0080

В случае трех вспышек (№ 4, 5, 6) H_{β} сигнал не измерялся. В трех других случаях (№ 1, 2, 7) увеличение H_{β} сигнала зарегистрировано не было. Лишь в одном случае (вспышка № 3) с трудом удалось обнаружить увеличение H_{β} сигнала. Амплитуду этого увеличения невозможно было оценить из-за того, что до вспышки уровни сигнала и фона в фильтре H_{β} были равны. Усиленный H_{β} сигнал продолжался более 45 мин.

С 10.08.85 по 14.10.85 EV Lac наблюдалась по программе поиска переменности малой амплитуды. За 24 ночи было сделано 64 сравнения. В подавляющем большинстве случаев за ночь проводились три

сравнения. На кривых блеска рис. 1 каждая точка представляет усредненную за ночь разностную звездную величину.

Анализ полученных данных. Из анализа данных табл. 1 и рис. 2 и 3 видно, что зарегистрированные вспышки сильно отличаются друг от друга. Например, максимальная (вспышка № 7) и минимальная (вспышка № 3) скорость возгорания отличаются более чем в 100 раз. Очень важно отметить, что повышение II сигнала наблюдалось именно при самой медленной вспышке. Следуя Амбарцумяну [14, 15], это явление можно объяснить тем, что при медленных вспышках энергия высвобождается в более глубоких слоях атмосферы звезды и, следовательно, переработанного излучения бывает больше, чем при быстрых вспышках, которые, по-видимому, происходят в более высоких слоях атмосферы звезды.

Чрезвычайно интересна вспышка № 1. Между двумя, почти одинаковыми, всплесками с амплитудами $0^m.6$ и $0^m.7$ наблюдалось понижение яркости по отношению к нормальному блеску звезды на $0^m.2$ продолжительностью 4 мин. Известно много примеров так называемых отрицательных предвспышек, зарегистрированных в разных областях спектра, но такое явление встречается, насколько нам известно, впервые. Мы затрудняемся дать этому явлению какое-нибудь объяснение.

Таблица 2

Усредненные данные сравнений

Параметр	(E-I)v	(E-II)v	(I-II)v	(E-I)в	(E-II)з	(I-II)в
Δm	0.4030	-0.4400	-0.8430	0.5720	0.9140	0.3430
Δm	0.0240	0.0260	0.0190	0.0350	0.0310	0.0200
Δm	0.0031	0.0036	0.0024	0.0045	0.0040	0.0025
N	63	61	63	60	59	63

В табл. 2 приведены данные, полученные по программе поиска переменности малой амплитуды. В первой строке этой таблицы приведены средние значения разности звездных величин, во второй—среднеквадратическое отклонение одного измерения, в третьей—среднеквадратическая ошибка средних разностных звездных величин (приведенных в первой строке), в четвертой—число измерений. Столбцы соответствуют разностям между EV Lac, первой и второй звездами сравнения.

Сравнение среднеквадратических ошибок по критерию Фишера (см., например, [17] с. 131) выявило переменность EV Lac в В полосе. Действительно, пользуясь данными табл. 2, получим:

$$\frac{\sigma^2(E-I)_B}{\sigma^2(I-II)_B} = 3.1 \quad (1.6, 1.9) \quad \frac{\sigma^2(E-II)_B}{\sigma^2(I-II)_B} = 2.4,$$

$$\frac{\sigma^2(E-I)_V}{\sigma^2(I-II)_V} = 1.6 \quad (1.6, 1.9) \quad \frac{\sigma^2(E-II)_V}{\sigma^2(I-II)_V} = 2.2.$$

В скобках приведены значения квантилей распределения Фишера для соответствующих значений степеней свободы и доверительной вероятности, равной 0.99 и 0.999 соответственно.

Анализ (B-V) цвета EV Lac показал;

$$\frac{\sigma^2[(B-V)_E - (B-V)_I]}{\sigma^2[(B-V)_I - (B-V)_II]} = 2.4 \quad (1.6, 1.9) \quad \frac{\sigma^2[(B-V)_E(B-V)_II]}{\sigma^2[(B-V)_I - (B-V)_II]} = 2.3,$$

то есть, с доверительной вероятностью 0.999 яркость и цвет EV Lac меняются.

На рис. 4 приведены спектральное окно и спектр мощности для (I-II)_B. На рис. 5 приведены спектры мощности для (E-I)_B и (E-II)_B. Как видно, максимальной амплитудой обладает частота $\nu = 0.3$ день⁻¹ в спектре мощности (E-I)_B. Таким образом, у EV Lac обнаружена переменность в В полосе с периодом 3^d 33 и амплитудой 0^m 015. Значение амплитуды определялось из рис. 1.

Выводы. Из-за малой чувствительности нашей аппаратуры, данные, полученные с помощью H_β фильтра, так скудны, что почти ничего нельзя сказать относительно H_β вспышек. Единственно возможное утверждение, основанное на факте увеличения H_β сигнала во время вспышки № 3, состоит в том, что во время медленных U вспышек можно наблюдать более длительные H_β вспышки.

По всей вероятности, явление понижения яркости между двумя максимумами вспышки № 1 отличается от явления отрицательных вспышек. При относительно малой амплитуде максимумов понижение яркости имеет сравнительно большую амплитуду и длительность. Это понижение яркости наблюдается в полосе U, что трудно объяснить в рамках существующих теорий отрицательных вспышек.

Таким образом, можно предположить, что наблюдается новое явление.

У EV Lac наблюдается переменность малой амплитуды. Период этой переменности, полученный с помощью Фурье-анализа, равен 3^d 33 и отличается от значения, найденного Петерсеном и др. в работе [19]. Как было отмечено выше, они для периода нашли значение 4^d 375.

Автор выражает свою признательность Л. В. Мирзояну и В. С. Осканяну за детальное обсуждение настоящей работы и сделанные замечания.

9 июля 1987 г.

Ա. Ս. ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ

EV Lac ԱՍՏՂԻ ԲՈՒԿՈՒՄՆԵՐԻ Ս ԵՎ H_β ԷԼԵԿՏՐԱԼՈՒՍԱԶՍՓՈՒԹՅՈՒՆ:
ՊԱՅՑԱՌՈՒԹՅԱՆ ԴԱՆԴԱԿ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՐՈՆՈՒՄ

Ներկայացված են EV Lac աստղի բոկոմաների U և H_β էլեկտրալուսաչափության արդյունքները: Դիտումները վկայում են, որ այս աստղի պայծառությունը ենթակա է պարբերական սատանումների 3^d 3 պարբերությամբ և շուրջ 0^m 015 ամպլիտուդայով:

A. S. MELKONIAN

U AND H_β ELECTROPHOTOMETRY OF FLARES OF EV Lac. THE SEARCH OF MINOR AMPLITUDE VARIABILITY

The results of quasisimultaneous U and H_β electrophotometry of flares of EV Lac are presented. The periodic light variations with the period of 3^d 33 and the amplitude of 0^m 015 are found.

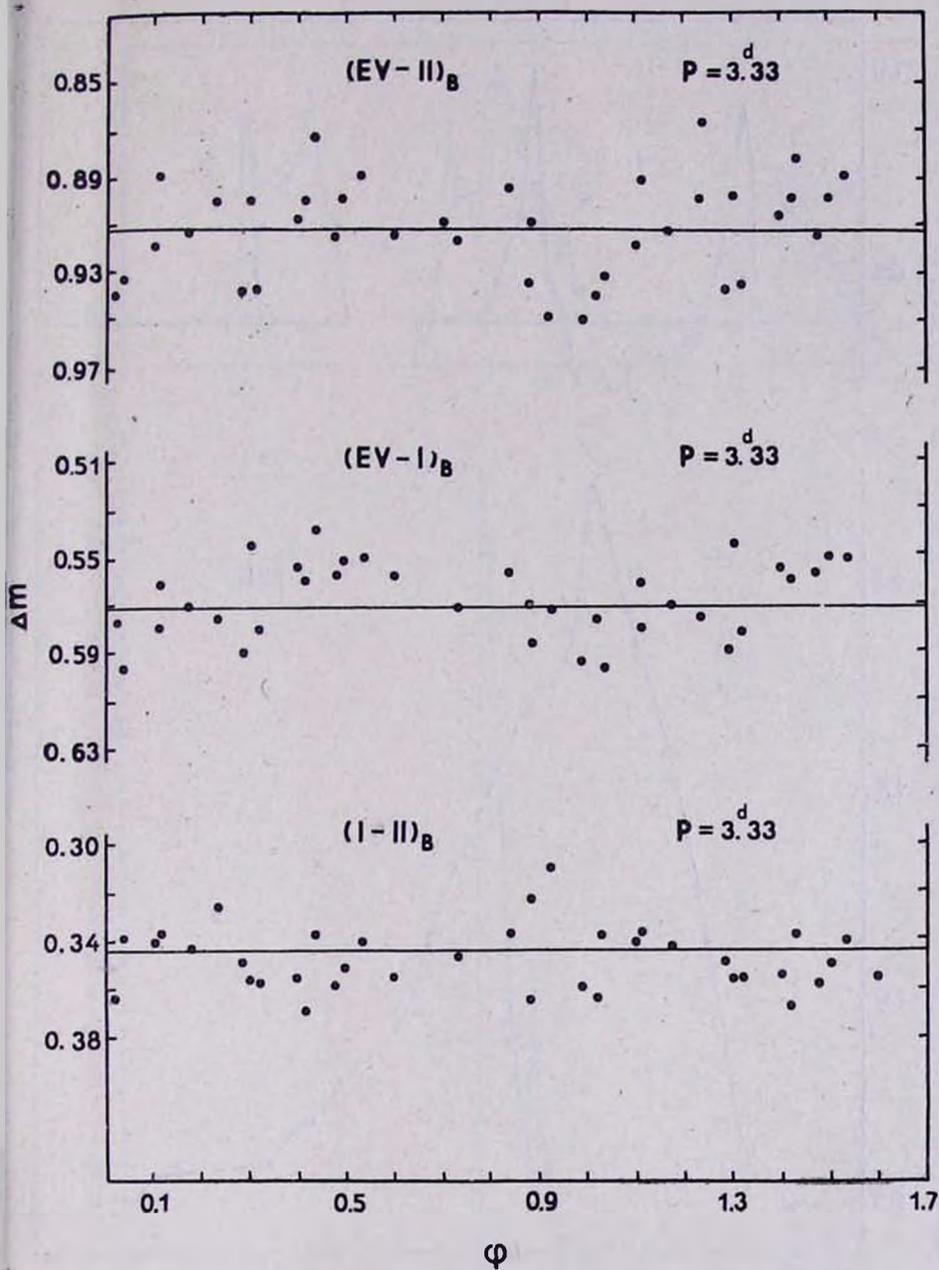


Рис. 1

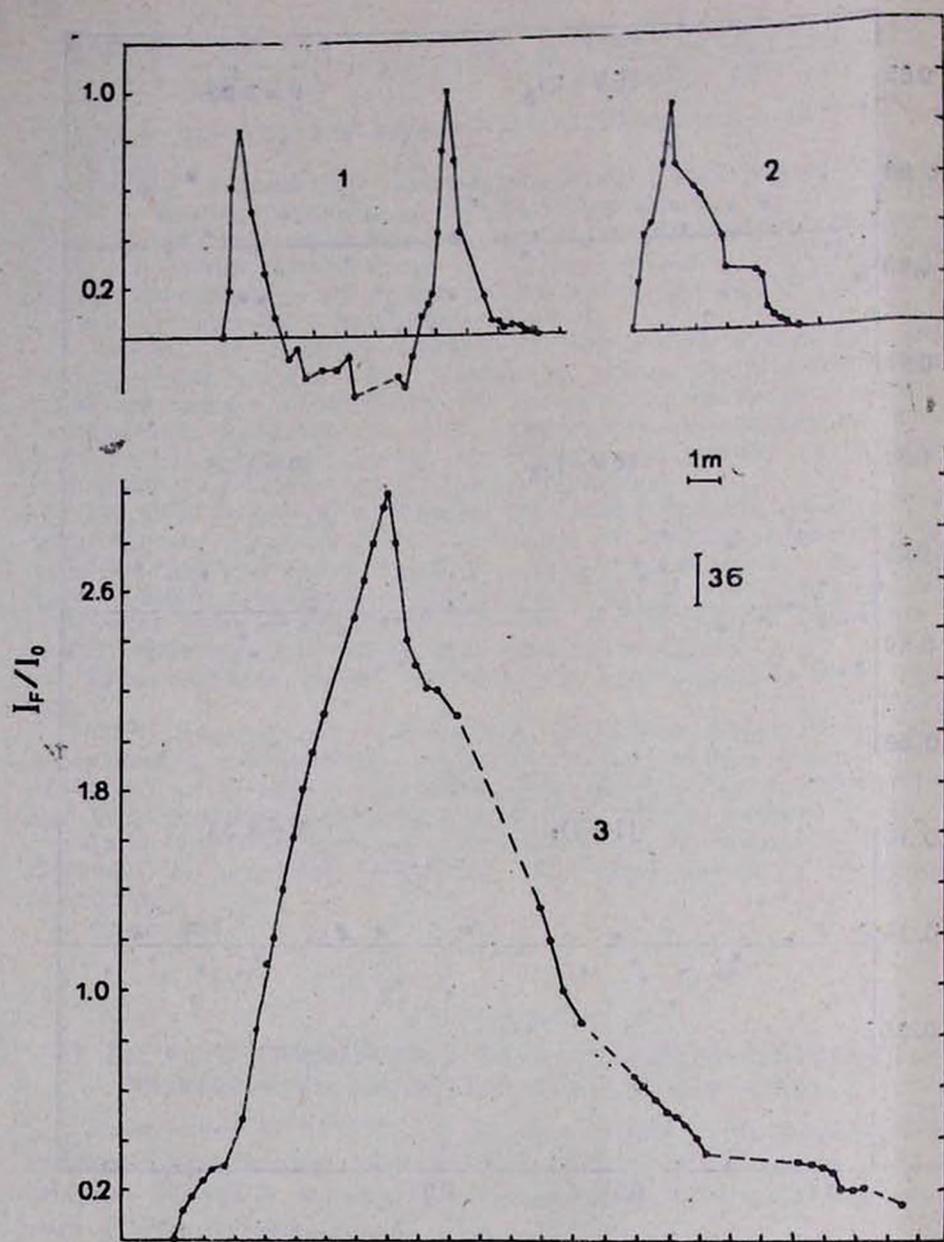


Рис. 2

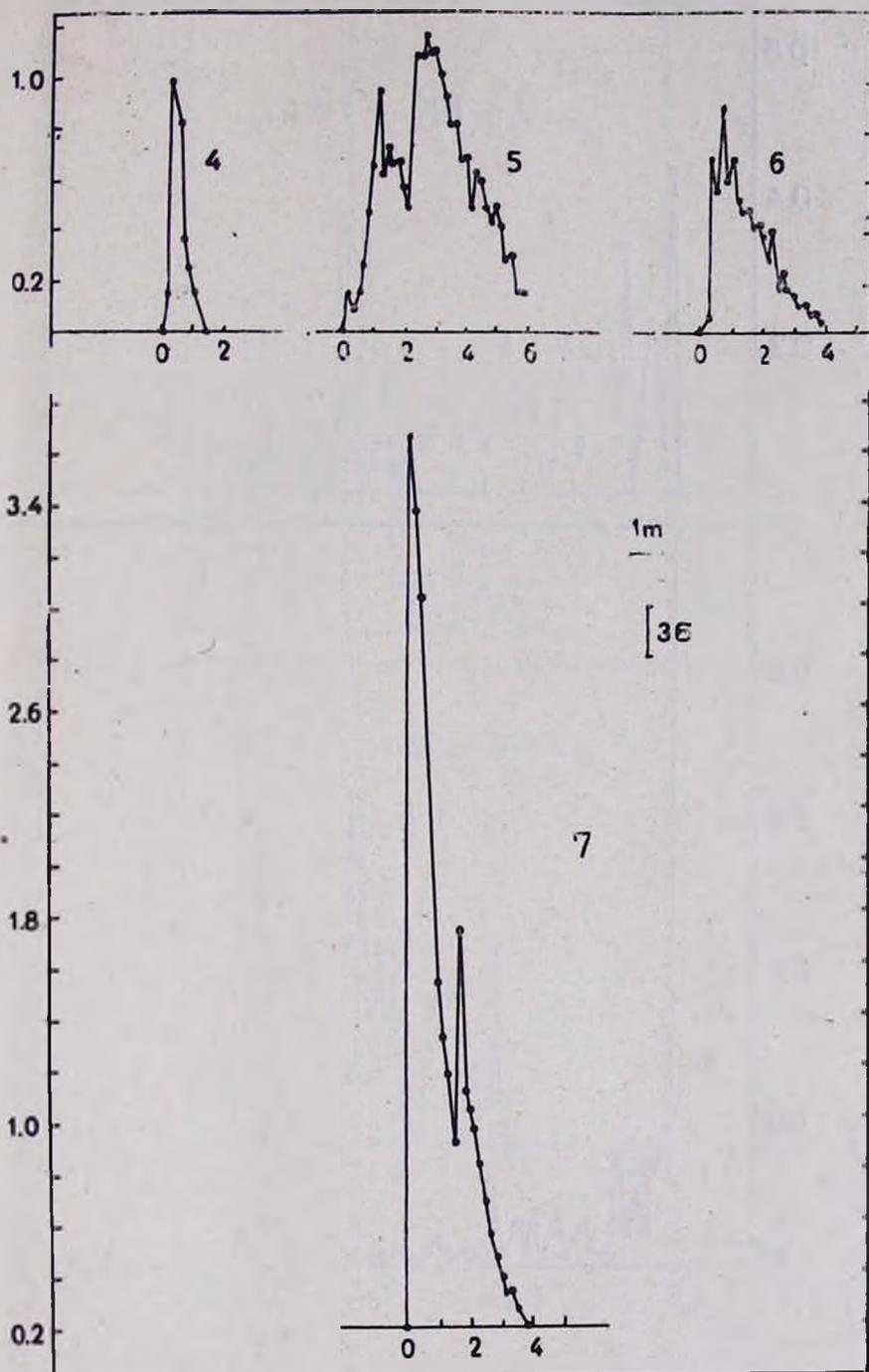


Рис. 3

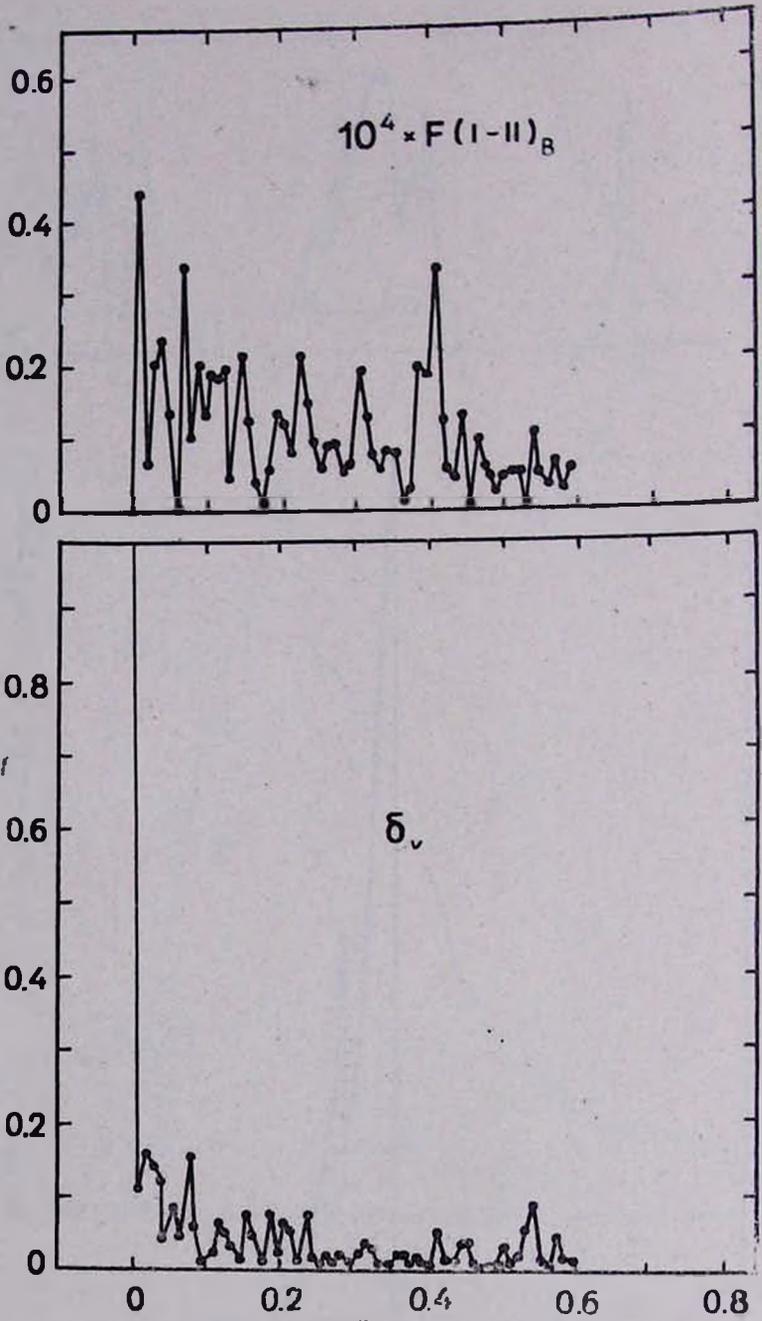


Рис. 4

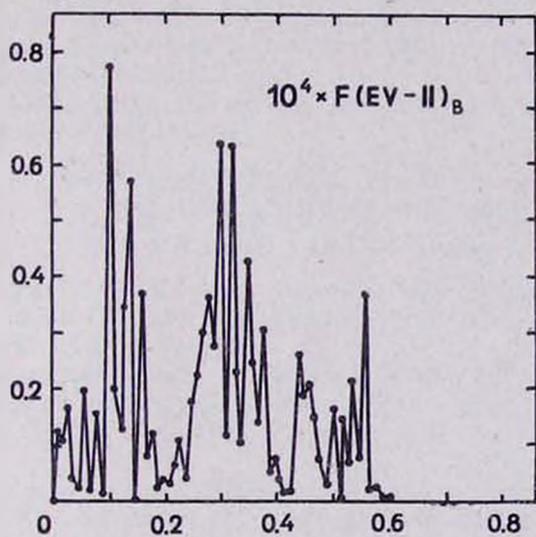
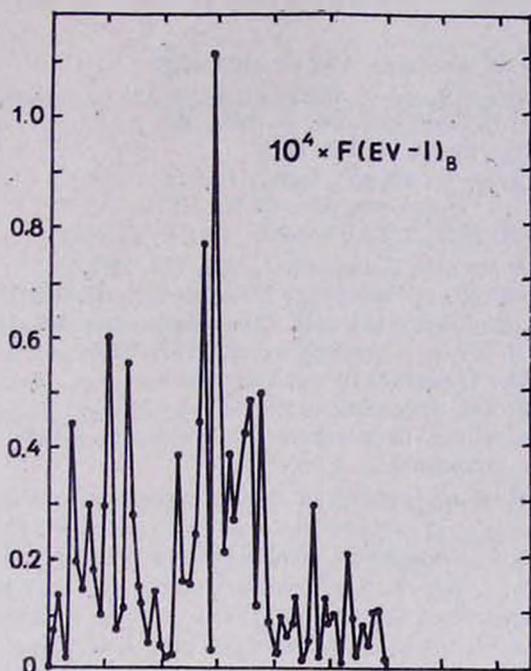


Рис. 5

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Е. Гершберг, П. Ф. Чугайнов, АЖ. 43, 1168, 1966.
2. W. Kunkel, An Optical Study of Stellar Flares, Texas University, Austin, 1967.
3. П. Ф. Чугайнов, Р. Е. Гершберг, АЖ. 44, 260, 1967.
4. П. Ф. Чугайнов, Изв. КрАО, 38, 200, 1967.
5. W. Kunkel, Astrophys. J., 161, 503, 1970.
6. Р. Е. Гершберг, Н. И. Шаховская, АЖ. 48, 934, 1971.
7. Н. И. Шаховская, Канд. дис., КрАО, 1973.
8. B. W. Vopp, T. J. Moffett, Astrophys. J., 185, 239, 1973.
9. T. J. Moffett, B. W. Vopp, Astrophys. J. Suppl. Ser., 31, 61, 1976.
10. T. J. Moffett, D. S. Evans, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 178, 149, 1977.
11. S. W. Mochacki, H. Zirin, Astrophys. J., 239, L27, 1980.
12. B. R. Pettersen, The Observatory, 100, 198, 1980.
13. А. С. Мелконян, Сообщ. Бюраканской обс., 54, 15, 1983.
14. П. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюраканской обс., 13, 3, 1954.
15. В. А. Амбарцумян, Астрофизика, 7, 557, 1971.
16. A. D. Andrews, P. F. Chugainov, R. E. Gershberg, V. S. Oskanian, IBVS, No. 326, 1969.
17. Е. И. Пустильник, Статистические методы анализа и обработки наблюдений, М., 1968.
18. B. R. Pettersen, Astron. J. 85, 871, 1980.
19. B. R. Pettersen, Kern G. A., D. S. Evans, Astron. Astrophys., 125, 184, 1983.