

U и H α . ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ВСПЫШЕК ЗВЕЗДЫ EV Lac

Введение. Проблема выбора оптимальной спектральной полосы для фотоэлектрических наблюдений вспышек звезд спектральных классов M и K обсуждалась Кункелем [1] и, более детально, Шаховской [2]. Исходя из спектральных характеристик непрерывного излучения вспышек, они пришли к выводу, что наблюдения в полосе U системы UVV Джонсона являются оптимальными с точки зрения обнаружения вспышек. Согласно Шаховской [2] исключением являются наблюдения предельно слабых (для данного телескопа) звезд, у которых обнаружение вспышек в полосе В легче, чем в U.

Как известно (Гершберг и Чугайнов [3, 4], Кункель [1, 5], Гершберг и Шаховская [6]), во время вспышек помимо непрерывного излучения усиливается также излучение в линиях бальмеровской серии водорода, ионизованного кальция и в некоторых других линиях. Этот факт дает основу для проведения узкополосных фотоэлектрических наблюдений в определенных спектральных линиях.

В нашем распоряжении был H α -фильтр и мы организовали квази-одновременные U- и H α -наблюдения вспыхивающих звезд с целью сравнения информативности этих полос во время вспышки.

Наблюдения узкополосными фильтрами. По данным работ [3, 4, 7] во время вспышки эквивалентные ширины первых членов бальмеровской серии водорода увеличиваются в несколько раз. Этот факт позволяет надеяться, что если наблюдения вести с узкополосными интерференционными фильтрами, которые из спектра выделяют одну спектральную линию, то относительные изменения сигнала во время вспышки могут достигать довольно больших значений. Это предположение подтверждается работами [8—12]. В этих работах приводятся конкретные результаты наблюдений, выполненных узкополосными фильтрами. Особенно интересны результаты, полученные Осканяном [9]. Он наблюдал звезды с двумя интерференционными H α -фильтрами с полуширинами 6 Å и 60 Å и в полосах U, В системы Джонсона. Во время вспышки звезды Gl 349, спектральный класс которой K3, наибольшая амплитуда наблюдалась в фильтре H α с полушириной 6 Å. В фильтре же H α с полушириной 60 Å амплитуда вспышки была намного меньше, а в полосах U и В никаких изменений не произошло. Очень интересна также работа Моффетта и Эванса [12].

Работы такого рода, к сожалению, очень малочисленны, причем имеющиеся данные показывают, что изменения линейчатого спектра, вызванные вспышкой, весьма разнообразны. Например, Бопп и Моффетт [13] нашли значительные спектральные различия между двумя вспышками звезды UV Cet, отделенными во времени друг от друга всего на 15 мин. Такой вывод следует и из работы Петерсена [11]. Во время U- и H α -наблюдений (полуширина H α -фильтра 115 Å) вспышек звезды Gl 15A из десяти U-вспышек только две сопровождались H α -вспышками. Интересно отметить, что при двух из них, очень сходных по своим фотометрическим характеристикам, в одном случае наблюдалась также H α -вспышка, а в другом—нет.

Возможности рабочего фильтра H_2 . Если профиль спектральной линии и кривую пропускания H_2 -фильтра представить в виде равнобедренного треугольника, то величину сигнала, регистрируемого нашей аппаратурой с этим H_2 -фильтром, можно представить в виде:

$$E = \text{const} \left[2 \cdot \int_0^{\Delta\lambda} 0.6 \frac{12-\lambda}{12} \cdot \left(1 + \kappa \frac{\Delta\lambda-\lambda}{\Delta\lambda} \right) d\lambda + 2 \int_{\Delta\lambda}^{12} 0.6 \frac{12-\lambda}{12} d\lambda \right],$$

где $\Delta\lambda$ — ширина спектральной линии, κ — ее центральная относительная интенсивность, а полуширина полосы пропускания и максимальная прозрачность H_2 -фильтра равны 12 Å и 0.6 соответственно.

Таким образом, зная величины $\Delta\lambda$ и κ до и после вспышки мы можем вычислить амплитуду вспышки, которая наблюдалась бы с нашим фильтром H_2 . Получаем:

$$\Delta m = 2.5 \lg \frac{E_f}{E_0} = 2.5 \lg \frac{7.2 + 0.1 \Delta\lambda \cdot \kappa (6 - 0.167 \Delta\lambda)}{7.2 + 0.1 \Delta\lambda_0 \cdot \kappa_0 (6 - 0.167 \Delta\lambda_0)}.$$

Результаты вычислений, в которых использовались величины $\Delta\lambda$ и κ , взятые из работы [4], приведены в шестом столбце табл. 1. Эти результаты указывают на то, что в нашей фотометрической системе наблюдения вспыхивающих звезд с фильтром H_2 менее эффективны, чем U-наблюдения.

В первом столбце табл. 1 приведены даты и номера спектрограмм, во втором, третьем, четвертом и пятом столбцах — эквивалентные ширины, относительные центральные интенсивности линии H_2 и относительная интенсивность вспышки в фильтре В соответственно. Эти данные также взяты из работы [4]. В восьмом столбце приведены амплитуды В-вспышек в момент получения спектрограмм. Амплитуды соответствующих U-вспышек можно оценить, принимая, что $(U-B) = -1^m 1 \pm 0^m 2$ [2]. Эти данные приведены в седьмом столбце таблицы.

Таблица 1

Дата	№	W_{H_2}	$\Delta\lambda_{0.5}$	κ_{H_2}	I_B	Δm_{H_2}	Δm_U	Δm_B
1	2	3	4	5	6	7	8	9
24.3.1968	3	8.2	5.1	1.3	0.10	0.030	1.203	0.103
13.5.1968	1	12.0	6.6	1.5	3.00	0.168	2.605	1.505
	2	14.0	7.4	1.7	2.00	0.266	2.293	1.193
	3	14.0	7.7	1.5	1.00	0.220	1.853	0.753
	4	12.0	6.6	1.6	1.00	0.197	1.853	0.753
	5	15.0	6.2	2.1	1.00	0.305	1.853	0.753
	6	12.0	6.4	1.7	0.30	0.214	1.385	0.285
18.5.1968	8	20.0	5.4	2.8	0.30	0.400	1.385	0.285
	11	17.0	6.1	2.3	0.25	0.346	1.342	0.242
	12	16.0	5.5	2.1	0.20	0.256	1.298	0.198
	13	15.0	5.1	2.2	0.15	0.248	1.252	0.152
	14	14.0	6.4	1.0	0.10	0.267	1.203	0.103
спок. сост.			5.6	1.1				

Данные, приведенные в работах [3, 4, 7, 8] показывают, что во время вспышек вспыхивающих звезд эквивалентная ширина бальмеровской линии H_β изменяется в более широких пределах, чем эквивалентная ширина линии H_2 . Отсюда можно заключить, что наблюдение вспышек целесообразнее вести с фильтром Н. Особенно сильно это

явление будет выражено у красных звезд. В качестве примера, подтверждающего эффективность H β -наблюдений, можно привести работу Моффетта и Эванса [12].

Наблюдения проводились на телескопе Бюраканской обсерватории АЗТ-14, на котором установлен одноканальный электрофотометр с фотоумножителем типа ФЭУ-79. Постоянная времени аналоговой аппаратуры меньше 0.1 с. Фильтры менялись вручную и, поэтому, наши наблюдения нельзя считать строго одновременными.

В программу наблюдений первоначально входили три звезды—EV Lac, BY Dra и Gl 277A. За 1979 г. у звезды EV Lac было зарегистрировано восемь U-вспышек, в то время как в H α —ни одной, хотя время наблюдений было почти одинаково в обоих фильтрах (1042 мин в U и 1032 мин в H α). Поэтому было решено изменить программу наблюдений. С 1980 г. звезда EV Lac патрулировалась только в фильтре U. При этом каждые десять минут измерялся фон в фильтрах U и H α , регистрировался сигнал от звезды в фильтре H α , а во время вспышек проводилась U- и H α -электрофотометрия. Времена патрулирования звезд в минутах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Название звезды	Δt_u	$\Delta t_{H\alpha}$	Δt_u	$\Delta t_{H\alpha}$	Δt_u	$\Delta t_{H\alpha}$
	1979 г.		1980 г.		1979—1980 гг.	
EV Lac	1042	1032	3290	590	4332	1622
BY Dra	476	—	—	—	476	—
Gl 277A	728	373	—	—	728	373

Полученные данные. За 4332 мин патрулирования у звезды EV Lac наблюдалась 21 U-вспышка. Данные относительно этих вспышек приведены в табл. 3. В первом столбце этой таблицы даны номера вспышек, во втором—даты, в третьем—времена максимумов U-вспышек в UT, в четвертом—амплитуды U-вспышек в звездных величинах, в пятом—полная энергия вспышек P в минутах (за единицу взято количество энергии излучаемое спокойной звездой за одну минуту) [14], в шестом—длительность U-вспышек в минутах. В седьмом столбце в секундах дано через какое наименьшее время после максимума U-вспышки проводилось H α -измерение. В восьмом столбце знаки "+", "—" и "O" соответственно означают, что во время U-вспышек H α -вспышка зарегистрирована, не зарегистрирована и H α -измерение не проводилось. В девятом столбце дана амплитуда U-вспышки в момент H α -измерения. В десятом столбце в звездных величинах даны σ_u для времени интегрирования равного 20 с, в одиннадцатом—то же самое для H α -измерений, в двенадцатом—относительные максимальные интенсивности U-вспышек, в тринадцатом и четырнадцатом—времена возгорания и угасания U-вспышек соответственно (в минутах).

Обсуждение результатов. Из данных табл. 2 и 3 следует, что частоты U-вспышек за 1979 и 1980 гг. различаются в два раза ($\nu_{79+80}=0.2,9$, $\nu_{79}=0.46$, $\nu_{80}=0.24^{ucn/час}$). Как видно из табл. 3, в 1980 г. при четырех U-вспышках удалось зарегистрировать повышение H α сигнала. Это происходило в тех случаях, когда амплитуда U-вспышек превышала одну звездную величину. Таких мощных U-вспышек было всего десять. Во время двух из них в H α измерение не проводилось, в четырех случаях в H α не было зарегистрировано повышение сигнала. Из четырех зарегистрированных H α -вспышек только одна была достоверной. Таким образом, в случае 21 U-вспышек наша аппаратура дала возмож-

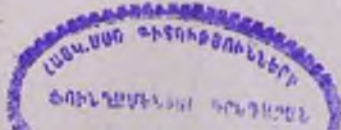
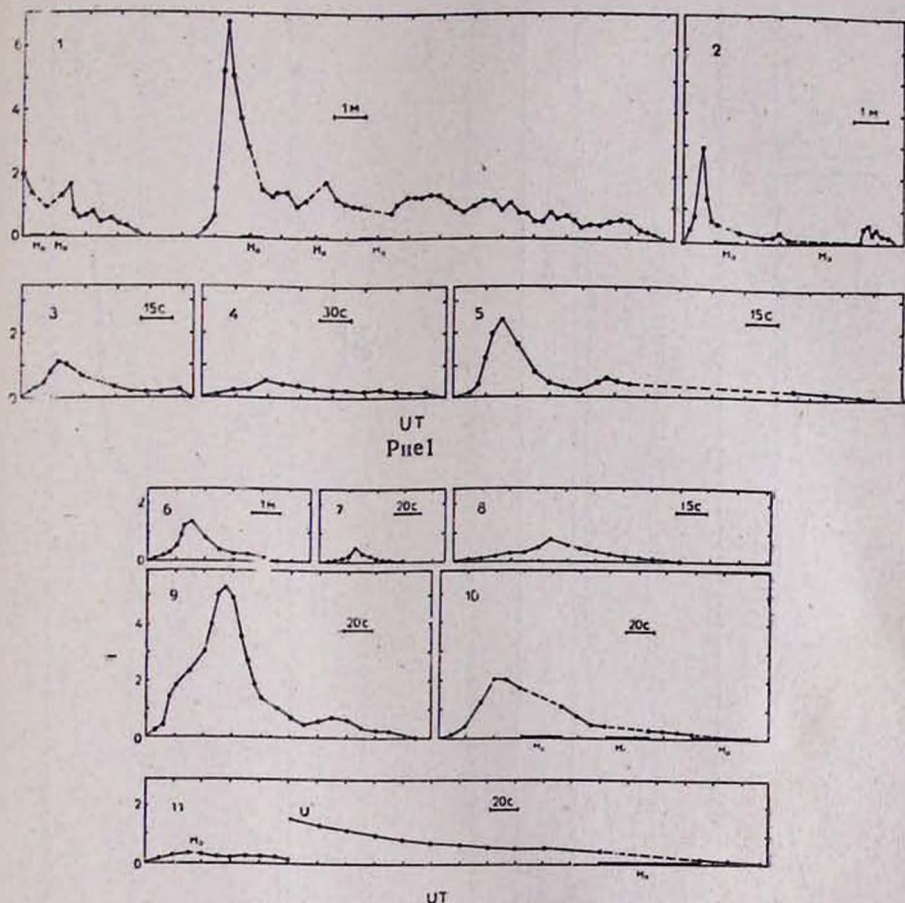


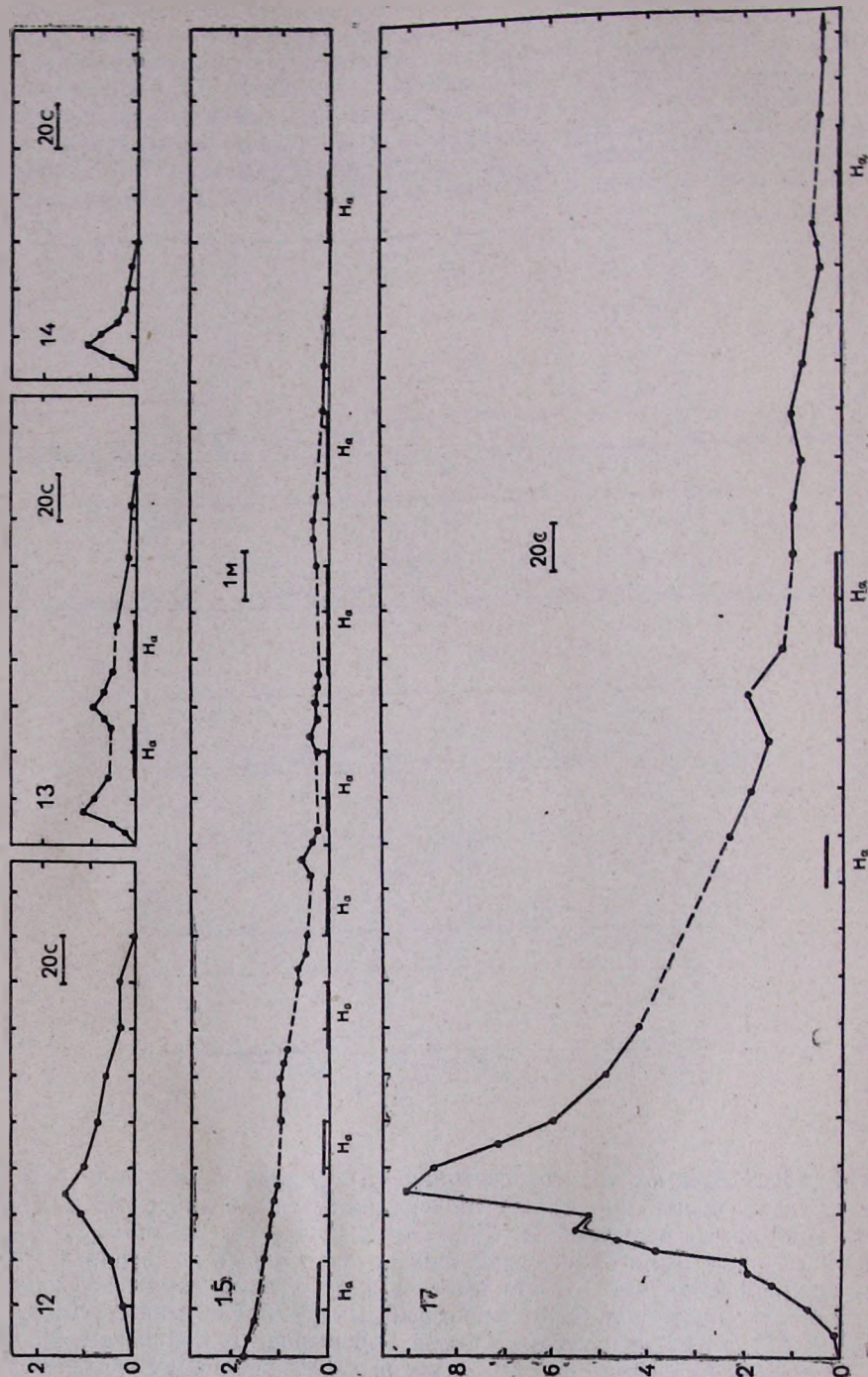
Таблица 3

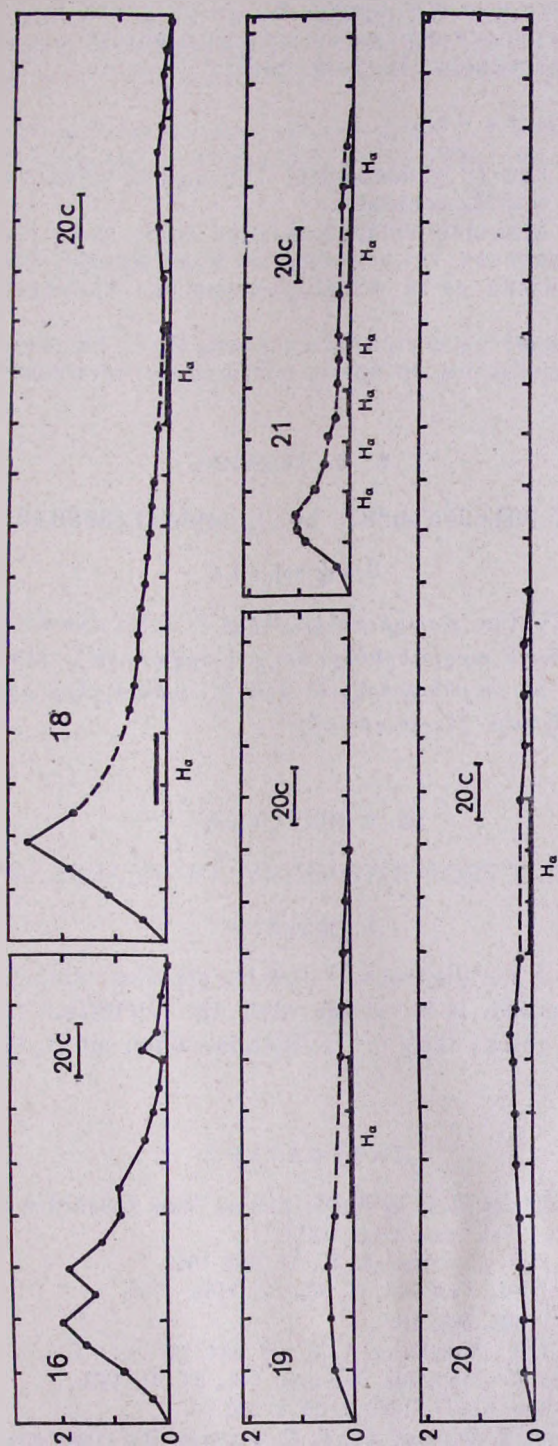
№	Дата	UT _{max}	Δm_U	P	Δt	Δt_{H_2}		$\Delta m'_U$	σ_U	σ_H	l_B	l_b	l_a
1	25.11.79	18 ^h 17 ^m 4	2.00	17.000	15.00	30	—	1.20	0.082	—	6.9	0.87	14.13
2	08.12.79	20 19.7	1.75	1.160	7.00	40	—	0.45	0.053	—	3.1	0.60	6.15
3	10.12.79	16 26.0	0.88	0.531	1.70	80	—	0.15	0.053	—	1.2	0.30	1.20
4	12.12.79	18 07.3	0.55	0.950	3.50	—	0	—	0.060	—	0.6	1.00	2.75
5	12.12.79	18 33.5	1.33	1.473	4.00	99	—	0.40	0.060	—	2.5	0.60	2.65
6	12.12.79	18 50.5	0.93	2.125	1.00	30	—	0.20	0.060	—	1.4	1.50	3.00
7	18.12.79	17 06.5	0.50	0.480	1.00	30	—	0.10	0.045	—	0.6	0.45	0.85
8	20.12.79	17 37.0	0.57	0.475	2.00	99	—	0.00	0.037	—	0.7	0.88	1.00
9	19.07.80	24 02.6	2.00	4.500	3.00	—	0	—	0.113	—	5.3	0.92	2.17
10	10.08.80	23 30.0	1.32	2.000	3.60	20	—	1.00	0.069	—	2.2	0.70	2.90
11	01.09.80	22 34.0	0.92	3.800	8.00	40	+	1.40	0.059	0.045	1.4	?	?
12	09.09.80	25 00.0	0.95	1.670	3.00	—	0	—	0.055	—	1.4	1.17	1.83
13	08.10.80	24 04.3	0.80	1.000	2.50	20	—	0.50	0.074	—	1.1	0.25	2.25
14	09.10.80	18 39.2	0.75	0.240	1.00	—	0	—	0.045	—	1.1	0.25	0.75
15	09.10.80	18 12.0	1.20	21.500	29.00	60	+	1.20	0.045	0.038	1.7	?	?
16	09.10.80	21 20.0	1.15	2.033	4.00	—	0	—	0.045	—	2.2	0.75	3.25
17	09.10.80	25 03.2	2.53	21.250	12.00	120	+	1.32	0.045	0.045	9.2	1.17	10.83
18	29.10.80	20 ^h 18 ^m 0	1.40	9.875	6.00	20	+	1.00	0.051	0.052	2.7	0.75	5.25
19	29.10.80	20 30.0	0.40	0.875	3.50	60	—	0.33	0.051	—	0.5	1.00	2.50
20	29.10.80	20 41.0	0.36	1.000	5.00	50	—	0.20	0.051	—	0.4	2.50	2.50
21	04.11.80	16 15.0	0.75	0.836	3.00	10	—	0.70	0.042	—	1.0	0.30	2.70

ность зарегистрировать только одну достоверную H_α-вспышку. Вид кривых блеска U-вспышек еще раз подтверждает высказанную Мирзояном и др. [15] мысль о сложности и многократности явления вспышки. Это очень хорошо видно на примере вспышек № 13, 16, которые имеют двойной пик. В фазе спада вспышки № 1 блеск звезды сильно колебался. После окончания вспышки № 2 произошло малое возрастание блеска звезды. Необычный вид имеет кривая вспышки № 9—после максимума спад произошел быстрее, чем возрастание блеска до мак-



симула. Несмотря на то, что состояние атмосферы в эту ночь было плохое, такое искажение кривой блеска кажется маловероятным. На крыле возгорания вспышки № 17 заметна задержка. Вспышка № 11, которая сначала была зарегистрирована в фильтре H_α, наверно, была очень мощной в полосе U. Если иметь в виду, что максимум вспышки в фильтре H_α наступает через несколько минут после максимума U-вспышки [7], то экстраполяция кривой U-вспышки дает для ее амплитуды величину большую, чем 2^m. Заметна также тенденция вспышек к группировке (например, вспышки № 1, 2). Наряду со сложностью кривой блеска этот факт, по всей вероятности, является выражением многократности акта вспышки у вспыхающих звезд.





UT
Рис. 4

Кривые блеска вспышек приведены на рисунках 1—4. На этих рисунках горизонтальными отрезками показаны интервалы времени, в течение которых проводилось H_{α} -измерение.

Заклучение.

1. У звезды EV Lac (и у подобных) U-вспышки обнаруживаются намного легче, чем H_{α} -вспышки.
2. В фильтре H_{α} вспышки обнаруживаются легче, чем в H_{α} .
3. Зависимость наличия H_{α} -вспышек от вида кривой блеска U-вспышек не выявлена из-за неинформативности примененного метода наблюдений.

Автор выражает свою признательность В. С. Осканяну за ценные замечания, сделанные им во время обсуждения настоящей статьи.

Ա. Ս. ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ

EV Lac ԱՍՏՂԻ ԲՈՆԿՈՒՄԵՆՐԻ Ս ԵՎ H_{α} ԷԼԵԿՏՐՈՒՍԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Բերված են EV Lac աստղի բոնկումների Ս և H_{α} միաժամանակյա էլեկտրալուսաչափության արդյունքները Ցույց է տրված, որ Ս շերտում բոնկումները ավելի հեշտ են հայտնաբերվում, քան H_{α} գծում, երբ օգտագործվում է $12\text{\AA}$ կիսալայնությամբ H_{α} -լուսազտիչ:

A. S. MELKONIAN

U AND H_{α} ELECTROPHOTOMETRY OF FLARES OF EV LAC

Summary

The results of simultaneous U and H_{α} electrophotometry of flares of EV Lac are presented. It is shown, that the detection of flares in the U band is much easier, than in the H_{α} -line, when an H_{α} -filter of FWHM $=12\text{\AA}$ is used.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. Kunkel, An Optical Study of Stellar Flares, Texas University Austin, 1967.
2. Н. И. Шаховская, Канд. дис., Крым, 1973.
3. П. Ф. Чугайнов, Р. Е. Гершберг, А. Ж., 44, 260, 1967.
4. Р. Е. Гершберг, П. Ф. Чугайнов, А. Ж., 43, 1168, 1968.
5. W. Kunkel, Ap. J., 161, 503, 1970.
6. Р. Е. Гершберг, Н. И. Шаховская, А. Ж., 48, 934, 1971.
7. T. J. Moffett, B. W. Vorp, Ap. J. Suppl. Ser., 31, 61, 1976.
8. П. Ф. Чугайнов, Изв. КрАО., 1968, т. 38, с. 200.
9. А. С. Мелконян, А. В. Осканян мл., В. С. Осканян, Вспыхивающие звезды, флуоры и объекты Хербига—Аро, ред. Л. В. Мирзоян, Изд-во АН АрмССР, Ереван, 1980, с. 76.
10. S. W. Mochnicki, H. Zirln, Ap. J., 239, L5, 1980.

11. *B. R. Pethersen*, The Observatory, 100, 198, 1980.
12. *T. J. Moffett, D. S. Evans*, M. N. RAS, 178, 149, 1977.
13. *B. W. Bopp, T. J. Moffett*, Ap. J., 185, 239, 1973.
14. *A. D. Andrews, P. F. Chugainov, R. E. Gershberg, V. S. Oskanian*, IBVS, No 326, 1969.
15. *Л. В. Мирзоян*, Вспыхивающие звезды, флуоры и объекты Хербига—Аро, ред. Л. В. Мирзоян, Изд-во АН АРСР, Ереван, 1980. с. 45.