

К ИССЛЕДОВАНИЮ СПЕКТРА RW ВОЗНИЧЕГО

Е. К. ХАРАДЗЕ, Р. А. БАРТАЯ

Поступила 12 октября 1965

Исследовано относительное распределение энергии в непрерывном спектре RW Возничего. Построены монохроматические кривые блеска Δm_{2450} , Δm_{4340} и Δm_{5550} . Рассмотрены изменения $B-V$ и $U-B$ в зависимости от блеска звезды. Результаты указывают на то, что ультрафиолетовая непрерывная эмиссия, в большей или меньшей степени, постоянно сопровождает излучение звезды; в связи с этим блеск звезды во все моменты в участке U больше, чем в B . Переменность же интегрального блеска звезды обусловлена в основном температурным излучением, то есть освобождение энергии происходит в основном в глубоких слоях фотосферы.

Известно, что одной из наиболее сложных и интересных проблем современной астрофизики является проблема об источниках излучения звезды и что представления о ядерных реакциях как о единственном источнике звездной энергии не могут объяснить всех явлений, обнаруживаемых наблюдениями [1, 2]. В этой связи особый интерес представляет собой изучение звезд класса RW Возничего. Исследования В. А. Амбарцумяна, П. Н. Холопова, А. Джоя, Дж. Хербига, Г. Аро весьма заметно продвинули вперед изучение звезд этого класса, но, тем не менее, многое в отношении их пока остается необъяснимым; до сих пор еще не оказалось возможным выработать единое мнение о природе непрерывной ультрафиолетовой эмиссии, наблюдаемой в спектрах этих звезд [3, 4].

Полнота изучения вопроса требует, естественно, выполнения по возможности непрерывных и продолжительных наблюдений над индивидуальными звездами данного класса. Эта необходимость обусловила проведение в 1962 году по инициативе Крымской астрофизической обсерватории кооперативных наблюдений над прототипом класса — звездой RW Возничего силами нескольких обсерваторий Советского Союза.

В Абастуманской обсерватории оказалось возможным накопление достаточно богатого спектрального материала. Он позволил нам получить интересные сведения о характеристиках переменности звезды и коротковолновой непрерывной эмиссии в ее спектре [5]. Однако тогда же была отмечена необходимость продолжать наблюдения над звездой, дабы иметь возможность полнее проследить за изменениями и распространить исследования также и на визуальный участок спектра, не вошедший в первую серию наблюдений.

Настоящая статья содержит результаты последующих наблюдений. Спектральный материал получен на 70 см менисковом телескопе с 8-ми градусной предобъективной призмой (дисперсия 166 \AA на 1 м.м около $H\gamma$; с коротковолновой стороны спектр простирается до 3500 \AA). Использовались, в основном, фотопластинки Кодак ОаО для фотографического и близкого ультрафиолетового участков (λ 4900—3500) и Кодак ОаF — для визуального и фотографического (λ 6600—3800). За 12 ночей получено 26 спектрограмм (табл. 1).

Таблица 1

№	№ негатива	Дата	Юлианские дни	Экспозиция (в минутах)	Среднее зенитное расстояние	Сорт фотопластинок
1	3738	18—19. XI. 1963	2438. . .	35	39°	Кодак ОаО
2	3742	19—20. XI	342.588	30	15	"
3	3743		343.383	37	10	Кодак ОаF
4	3744	20—21. XI	344.314	40	22	Агфа-Астро
5	3745		388	40	12	Кодак ОаF
6	3746		435	60	10	Агфа-Астро
7	3756	21—22. XI	345.407	40	10	"
8	3797	3—4. I. 1964	398.243	30	16	Кодак ОаF
9	3803	6—7. I	401.308	15	11	Кодак ОаО
10	3804		332	30	12	Кодак ОаF
11	3809	8—9. I	403.265	20	11	Кодак ОаО
12	3810		294	25	10	Кодак ОаF
13	3822	9—10. I	404.256	20	12	Кодак ОаО
14	3823		279	25	10	Кодак ОаF
15	3826		339	10	16	Кодак ОаО
16	3837	10—11. I	405.265	20	11	"
17	3838		292	30	10	Кодак ОаF
18	3840		336	10	16	Кодак ОаО
19	3848	11—12. I	406.266	20	15	"
20	3849		292	25	11	Кодак ОаF
21	3850		314	10	12	Кодак ОаО
22	3851		342	24	20	"
23	3858	13—14. I	408.273	20	10	"
24	3859		296	30	11	Кодак ОаF
25	3875	14—15. I	409.257	20	10	Кодак ОаО
26	3876		285	29	11	Кодак ОаF

Обработка спектрограмм осуществлялась в порядке, описанном в [5], с той разницей, что в данном случае кривые распределения энергии объемлют также и визуальный участок спектра.

Табл. 2 содержит данные, характеризующие распределение энергии в непрерывном спектре RW Возничего относительно звезды спектрального класса F6 (звезда „с“ по [5], фото 1).

В [5] были представлены кривые распределения энергии для фотографического и ультрафиолетового участков. Мы сочли излишним повторить их здесь и дали относительные спектрофотометрические градиенты $\Delta\Phi_1$, $\Delta\Phi_2$, $\Delta\Phi_3$ для ультрафиолетового (λ 3970 — 3580), фотографического (λ 4860 — 4030) и визуального (λ 6560 — 5100) участков соответственно (табл. 3). По виду кривых энергии мы нашли возможным охарактеризовать спектрофотометрическим градиентом также и ультрафиолетовый участок.

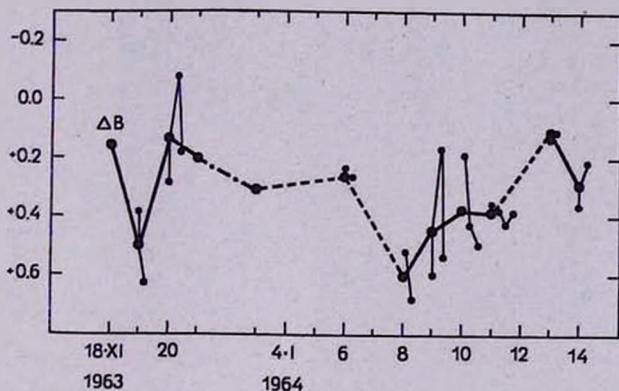


Рис. 1.

Табл. 3 не требует пояснений. Заметим лишь, что монохроматические величины Δm_{3850} , Δm_{4340} , Δm_{5550} (звезда сравнения — типа F6) мы условно приняли за величины ΔU , ΔB , ΔV и по ним составили показатели цвета $\Delta(U - B)$ и $\Delta(B - V)$.

Блеск звезды за период наблюдений не менялся в больших пределах. Это хорошо видно на рис. 1, где представлена кривая монохроматического блеска ΔB — величины, для которой мы имеем наибольшее количество наблюдений (табл. 3). Как видим, в ночи 20.XI.1963, 9.I.1964, 10.I.1964 имели место вспышки, с амплитудой 0.3—0.4 зв. величины за один час.

На рис. 2 и 3 представлены кривые изменения блеска ΔU , ΔB , ΔV и цвета $\Delta(U - B)$, $\Delta(B - V)$ для одних и тех же моментов

ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИ-

λ	Дата № мер. 1/λ	18.XI.1963		19.XI		20.XI			21.XI	3.I.1964	6.I	
		3738	3742	3743	3744	3745	3746	3756	3797	3803	3804	
6562	1.52			-7		+14				-4		0
6400	1.56			9		15				5		-2
6200	1.62			10		14				5		3
6000	1.67			12		12				6		4
5800	1.72			12		12				5		6
5550	1.80			12		12				5		6
5300	1.89			11		10				7		6
5100	1.96			14		6				10		9
4861	2.06			22		5				13		9
4680	2.14	-6	-14	22		5				11	-15	11
4500	2.22	9	12	24	-10	5	-8	-8		11	17	11
4341	2.30	7	12	24	12	4	9	8		12	12	10
4200	2.38	6	15	25	14	4	9	8		12	10	10
4102	2.44	6	15	25	15	4	10	12		12	11	11
4030	2.48	6	15	25	16	4	12	14		10	13	11
3970	2.52	5	14	24	16	3	12	13		10	14	10
3933	2.55	5	13	22	14	3	12	13		10	13	6
3889	2.57	4	12	20	13	4	11	10		9	11	4
3835	2.60	-2	11	18	12	4	11	8		8	9	-1
3798	2.63	+1	10	17	11	4	10	8		6	8	+2
3771	2.65	3	8		10		8	5			5	
3750	2.67	5	5		9		6	4			-1	
3722	2.69	8	3		8		5	-2			0	
3670	2.72	11	0		8		4	0			+2	
3650	2.74	13	+2		9		2	3			3	
3620	2.76	16	4		7		-1	5			4	
3580	2.79	19	7		6		0	7			4	
3550	2.82	22	9		3		+2	12				
3515	2.84	24	10		0		4	14				

(табл. 3). Здесь же для сравнения и полного представления изменения блеска за все время наблюдений мы приводим также и кривые из работы [5] (рис. 2). В первый период (21.XI—28.XII.1962) блеск звезды менялся в интервале $m_{pg} = 10^m 4 - 12^m 1$. Во второй же период (18.XI.1963—15.I.1964) блеск колебался около $m_{pg} = 10^m 3$. Это еще раз указывает на то, что звезда сохраняет, как отмечено П. И. Холоповым [6], преимущественно именно это значение блеска. В дальнейшем, для простоты, мы будем говорить просто о величинах U , V , V и $U - V$ и $B - V$.

Как видим (рис. 2 и 3), B и V находятся в корреляции между собой, однако, U не коррелирует строго с ними. При этом $B - V$ все же меняется в малом интервале и эти изменения более или менее коррелируют с B и V , в то время как $U - V$ меняется, понятно, в относительно больших пределах, не коррелируя с B и V и, можно

Таблица 2

ЧИНЫ $100 \Delta \lg I_{\lambda}$

8.1		9.1			10.1			11.1				13.1		14.1	
3809	3810	3822	3823	3826	3837	3838	3840	3848	3849	3850	3851	3858	3859	3875	3876
	-17		-2			-7			-4				+6		+2
	18		5			6			5				5		+1
	18		6			6			6				3		-2
	20		6			7			7				+1		3
	21		5			9			8				0		4
	21		3			10			8				-1		3
	19		0			9			8				0		3
	22		0			9			8				-3		4
-25	24	-24	5	-22	-11	13	-20	-16	10	-17	-17	-9	8	-15	6
24	28	26	8	26	11	16	20	16	13	20	15	8	7	14	8
21	27	24	6	22	7	16	19	13	12	18	13	5	4	13	6
21	27	24	6	22	7	17	20	14	15	17	15	5	4	14	8
23	29	28	7	26	8	17	24	16	16	16	17	7	6	14	9
24	29	28	6	26	11	15	25	18	17	16	17	7	6	15	9
24	27	27	-4	25	11	14	24	17	16	16	18	8	4	15	8
20	26	23	+1	24	10	10	23	16	15	15	16	4	-1	13	7
18	24	20	6	22	9	8	21	14	13	14	15	3	+2	11	6
17	22	18	13	18	8	5	18	11	11	11	13	-1	4	8	4
17	17	14		14	8	2	15	8	8	8	10	0	6	6	3
14		10		10	6		12	6	5	5	8	+1	7	3	2
12		8		7	4		9	5		2	5	3	9	-1	1
11		6		6	-1		7	5		-1	3	3		0	
10		4		4	0		6	4		0	2	4		+2	
8		-2		-1	+3		5	2		+2	1	5		4	
8		0		+2	4		5	-1		4	-1	5		4	
6		+3		4	5		4	+1		5	0	6		5	
5		7		5	5			3		7	-1	8		5	
5										8	1				
										9					

сказать, также и с U . По-видимому, изменения блеска звезды во всех участках спектра обусловлены в основном все же температурным излучением, то есть освобождение энергии происходит в глубоких слоях фотосферы. Роль нетеплового ультрафиолетового излучения в этом случае относительно мала [5]. В то же время, это последнее действует как бы самостоятельно и этим вызывается то, что величина $U - B$, изменения которой обусловлены в основном именно коротковолновой непрерывной эмиссией, не находится в корреляции с общей переменностью блеска. Коротковолновая эмиссия, в большей или меньшей степени, всегда сопровождает излучение звезды и поэтому блеск звезды в участке U во все моменты больше, чем в B (рис. 2).

В нашей статье [5] мы указывали на то, что именно в момент максимума блеска исчезла коротковолновая эмиссия, возросла величина $U - B$. Впрочем, в ту же ночь последние предутренние наблюдения уже показали появление коротковолновой эмиссии и ее постепенное усиление.

Учитывая высказывания К. К. Чуваева [7] о возможном западывании выхода ультрафиолетового излучения из глубоких слоев фотосферы по отношению к фотографическому, исчезновение коротковолновой эмиссии в начале максимума блеска следовало бы приписать не собственно ослаблению эмиссии, а усилению блеска в фотографических лучах, предшествующему коротковолновому усилению. Другими словами, исчезновение эмиссии можно рассматривать лишь как кажущееся явление.

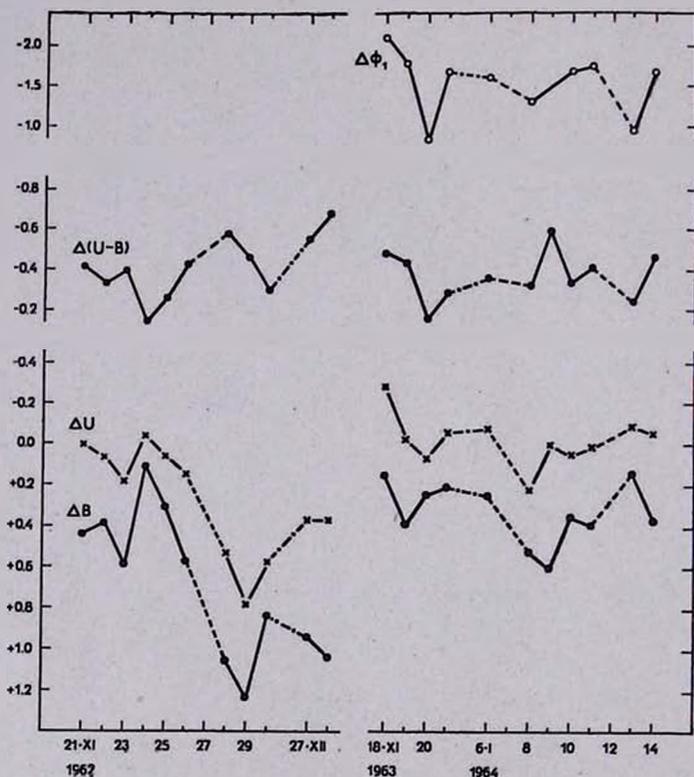


Рис. 2.

На рис. 2 представлена кривая переменности $\Delta\Phi_1$. Как видим, $\Delta\Phi_1$ коррелирует с $\Delta(U-B)$. Это указывает на то, что $\Delta\Phi_1$ действительно достаточно хорошо характеризует распределение энергии в коротковолновом участке спектра.

$\Delta\Phi_2$ и $\Delta\Phi_3$, так же как $\Delta(B-V)$, меняются в относительно малом интервале и при этом их значения (при звезде сравнения F6), если учесть влияние спутника ($dM0e; m_{vis} = 11^m5$), особенно в визу-

альном участке спектра, указывают на то, что как B , так и цвет $B - V$ испытывают влияние нетепловой эмиссии (табл. 3). Уместно упомянуть, что по наблюдениям первого периода [5] спектрофотометрический градиент RW Возничего в фотографической области спектра почти не менялся и был приблизительно равен градиенту звезды F6.

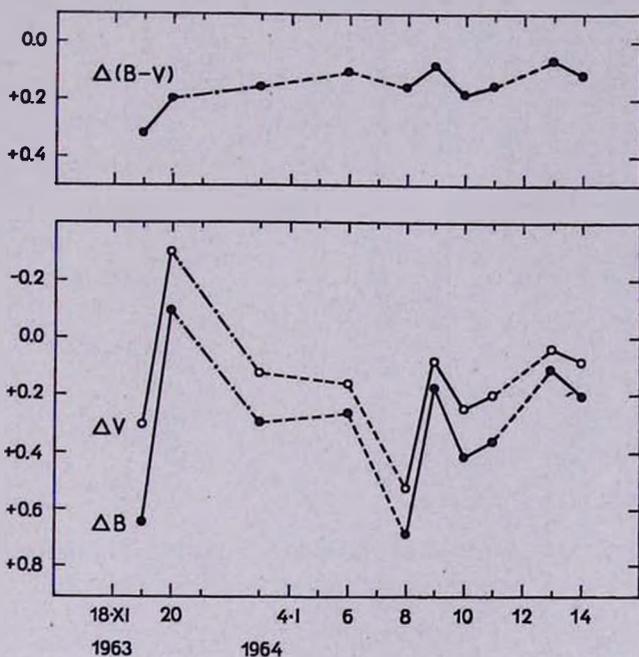


Рис. 3.

Однако, наблюдения Л. В. Мирзояна и Э. С. Казарян [8] показали заметные изменения градиента, оставшегося при этом близким к градиенту звезды класса G. Если принять во внимание, что наши наблюдения первого периода не охватывали весь фотографический участок спектра (исследование касалось интервала $\lambda\lambda$ 4500 — 3500), они не могли выявить тех малых изменений градиента, которые, как показали наблюдения второго периода, все же имеются (см. $\Delta\Phi_2$ в табл. 3). Но, как видно из таблицы, значение градиента остается все же близким к градиенту звезды F6. Естественно, этого мы и должны были ожидать, так как при изменении яркости звезда меняется в спектральном интервале F6 — G5 [9], а влияние коротковолновой непрерывной эмиссии может лишь приблизить ее к спектральному клас-

№	№ не- гатива	Юлиан- ские дни	Δm_{3450}	Δm_{4340}	Δm_{5550}	$\Delta(U-B)$	$\Delta(B-V)$	$\Delta\Phi_1$	$\Delta\Phi_2$	$\Delta\Phi_3$
		2438								
1	3738	342.588	-0.32	+0.15		-0.47		-2.06	-0.12	
2	3742	343.383	-0.05	38		-0.43		-1.76	+0.11	
3	3743	418		63	+0.30		+0.33		+0.11	+0.26
4	3744	344.314	+0.15	+0.28		-0.13		-0.76	-0.27	
5	3745	388		-0.10	-0.30		+0.20		-0.09	+0.38
6	3746	435	-0.02	+0.18		-0.20		-0.96	-0.15	
7	3756	345.407	-0.08	20		-0.28		-1.69	-0.27	
8	3797	398.243		30	+0.13		+0.17		-0.12	+0.23
9	3803	401.308	-0.10	25		-0.35		-1.65	-0.16	
10	3804	332		25	+0.15		+0.10		-0.02	+0.39
11	3609	403.265	+0.20	52		-0.32		-1.32	-0.02	
12	3810	294		68	+0.52		+0.16		+0.16	+0.20
13	3822	404.256	0.00	60		-0.60		-2.50	+0.20	
14	3823	279		16	+0.07		+0.09		-0.09	-0.18
15	3826	339	-0.05	55		-0.60		-2.10	+0.25	
16	3837	405.265	-0.10	18		-0.28		-1.51	-0.01	
17	3838	292		42	+0.24		+0.18		+0.06	+0.18
18	3840	336	+0.12	50		-0.38		-1.73	-0.31	
19	3848	406.266	+0.02	35		-0.33		-1.52	-0.11	
20	3849	292		37	+0.21		+0.16		+0.34	+0.20
21	3850	314	-0.10	42		-0.52		-1.94	-0.15	
22	3851	342	+0.02	38		-0.36		-1.49	+0.12	
23	3858	408.273	-0.12	12		-0.24		-0.97	-0.05	
24	3859	296		10	+0.03		+0.07		-0.13	+0.42
25	3875	409.257	-0.10	35		-0.45		-1.66	+0.02	
26	3876	285		20	+0.08		+0.12		+0.15	+0.26

су F6. Что касается влияния второго компонента, оно, как видно из табл. 3, не очень чувствуется даже в визуальной области спектра.

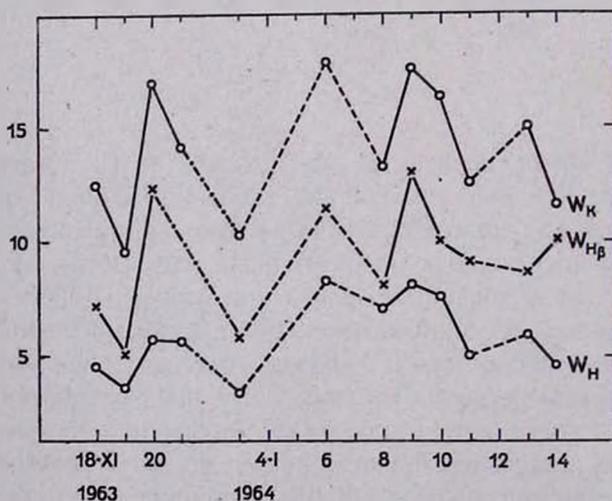


Рис. 4.

Таблица 4

№ негатива	Д а т а	W_{λ} (Å)			
		H_{α}	H_{β}	H	K
3738	19--19.XI.1963		7.2	4.3	12.3
3742	19--20.XI		5.8	3.7	10.4
3743		37.1	4.0	2.9	8.4
3744	20--21.XI			4.4	12.4
3745			12.9	7.9	
3746				5.5	16.2
3756	21--22.XI			5.4	14.3
3797	3--4.I.1964	48.8	5.7	3.3	10.3
3803	6--7.I		12.2	8.3	17.7
3804			10.9	8.6	17.9
3809	8--9.I		7.8	7.0	11.3
3810		50.6	8.0	6.6	15.1
3822	9--10.I		10.1	6.2	13.1
3823		56.0	15.1	8.9	23.8
3826			12.8	8.3	16.4
3837	10--11.I		14.0	8.9	17.1
3838		32.0	7.7	7.1	16.4
3840			9.2	6.7	15.9
3848	11--12.I		11.2	6.1	14.2
3849		53.6	8.4	3.9	10.4
3850			6.2	4.4	12.3
3851			9.9	5.6	14.4
3858	13--14.I		8.0	5.0	14.4
3859		58.5	8.6	6.3	15.2
3875	14--15.I		12.4	6.0	13.0
3876		59.0	7.8	3.1	10.0

В табл. 4 и на рис. 4 представлены значения эквивалентных ширин для линий H_{α} , H_{β} , H и K, относительно свободных от блендирования соседними линиями, а также кривые их изменений (за исключением H_{α}). Они более или менее коррелируют с $U - B$, а также и с изменением блеска, особенно в лучах U .

Полученные результаты находятся в общем согласии с выводами [5]. Почти постоянное наличие в спектре рассматриваемой звезды коротковолновой непрерывной эмиссии и многочисленных и при этом весьма интенсивных эмиссионных линий, вместе с линией $\lambda 6708 \text{ Li I}$ [10], указывает на то, что, если исходить из классификации Aro [11], данная звезда является звездой типа „очень молодых“ T Tau. На то же самое указывает и место звезды на диаграмме $U - B$, $B - V$ (рис. 5), если иметь в виду соображения Хербига [12]. При переходе от $\Delta(U - B)$ и $\Delta(B - V)$ к $U - B$ и $B - V$ межзвездное поглощение во внимание не принималось, но это не могло сколько-нибудь существенно повлиять на наши результаты.

При всем изложенном следует подчеркнуть, что спектр звезды RW Возничего требует дальнейшего изучения. В Абастумани спектральные наблюдения звезды продолжаются.

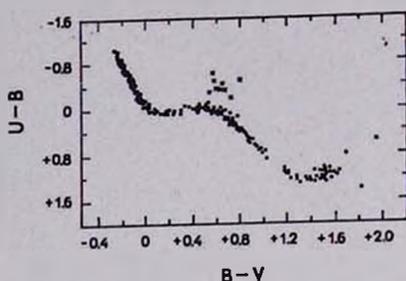


Рис. 5

Мы с благодарностью отмечаем трудоемкую работу по обработке нескольких десятков спектрограмм, выполненную мл. научным сотрудником обсерватории Л. В. Схиртладзе и студентом Московского государственного университета Л. М. Шейнкерман.

Абастуманская астрофизическая
обсерватория

ON THE INVESTIGATION OF THE SPECTRUM OF RW AURIGAE

Е. К. KHARADZE, R. A. BARTAYA

The relative energy distribution in the continuous spectrum of RW Aur has been studied. The monochromatic light curves Δm_{3650} , Δm_{4340} and Δm_{5550} are represented. The variations of $B - V$ and $U - B$ depending on the brightness of the star have been considered. The results show that the ultraviolet continuous emission constantly attends the stellar radiation being more or less intensive. In connection with this the star in U -region is at all moments brighter than in B -region. The variations of the integral light are mainly determined by the thermal radiation, i. e. the energy release takes place, chiefly, in the deep layers of the photosphere.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюро. обс., 13, 3, 1954.
2. В. А. Амбарцумян, Г. С. Саалян, Астрон. ж., 37, 193, 1960.
3. G. H. Herbig, *Advances in astronomy and astrophysics*, 1, 47, New York and London, 1962.

4. *T. A. Kipper*, Публ. Тарт. обс., 34, 396, 1964.
5. *Е. К. Харайзе, Р. А. Бартая*, Бюлл. Абастум. астрофиз. обс., № 30, 3, 1964.
6. *П. Н. Холопов*, ПЗ, 10, 390, 1956.
7. *К. К. Чиваев*, Изв. КраО., 28, 141, 1962.
8. *Л. В. Мирзоян, Э. С. Казарян*, Астрофизика, 1, 213, 1965.
9. *A. H. Joy*, Ap. J., 102, 168, 1945.
10. *W. K. Bonsack, J. L. Greenstein*, Ap. J., 131, 83, 1960.
11. *G. Huro*, Symposium on stellar evolution, November 7—11, 1960, 37, Argentina, 1962.
12. *G. H. Herbig*, Contr. Lick. obs., n. 133, 1962.