

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
*RW* ВОЗНИЧЕГО

Е. К. ХАРАДЗЕ и Р. А. БАРТАЯ

Отв. редактор Е. К. Харадзе

Хорошо известны особенности звезд типа *T* Тельца, выражающиеся в форме кривых изменения блеска и в характеристиках спектра, и интерес к их изучению, обусловленный, наряду с этими особенностями, также и пространственной связью со звездными ассоциациями. Анализ фотометрических и, тем более, спектрофотометрических особенностей важен с точки зрения изучения, собственно, закономерностей и механизма выделения в этих звездах внутризвездной энергии и ее переноса к внешним слоям, в свете известных идей В. А. Амбарцумяна. Между тем, имеющиеся наблюдения пока еще скучны и страдают отсутствием столь важных для исследования этих звезд элементов, как непрерывность и комплексность наблюдений. Ввиду этого мы охотно откликнулись на инициативу Комиссии звездной космогонии Астрономического Совета АН СССР и предложение Крымской астрофизической обсерватории АН СССР принять участие в кооперированных исследованиях *RW* Возничего, проводимых рядом советских астрономических обсерваторий. В настоящей статье излагаются результаты спектрофотометрического исследования звезды *RW* Возничего, выполненного нами в этом плане\*.

Наблюдательный материал. Спектральный наблюдательный материал получен на 70-см менисковом телескопе с 8°-ой предъективной призмой. Дисперсия—166 Å на 1мм около  $H_{\gamma}$ . Со стороны коротких длин волн спектр простирается до 3500 Å.

За 12 ночей двух периодов кооперированных наблюдений (22.XI.—I.XII; 21.XII—30.XII.1962) получено вполне годных к обработке 43 спектральных негатива; к исследованию привлечены также и 2 других негатива, полученных до и после указанных периодов (табл. 1). За 10 дней только первого периода мы наблюдали в течение 9 ночей. Фотоматериалом служили пластиинки Агфа Астро, несенсибилизованные; лишь один снимок выполнен на пластиинке Агфа  $H_{\alpha}$  (№ 3251).

Общая характеристика спектра. Спектр звезды *RW* Возничего сильно пересечен интенсивными эмиссионными линиями, в значительной степени перекрывающими друг друга. Линии поглощения видны только в ультрафиолетовом участке. Это, в основном, водородные линии.

\* Другие результаты участия Абастуманской астрофизической обсерватории в кампании фотометрических и спектральных наблюдений звезды *RW* Возничего, организованной в зиму 1962/63 г., изложены в двух последующих статьях других авторов, помещенных в этом же выпуске Бюллетеня.

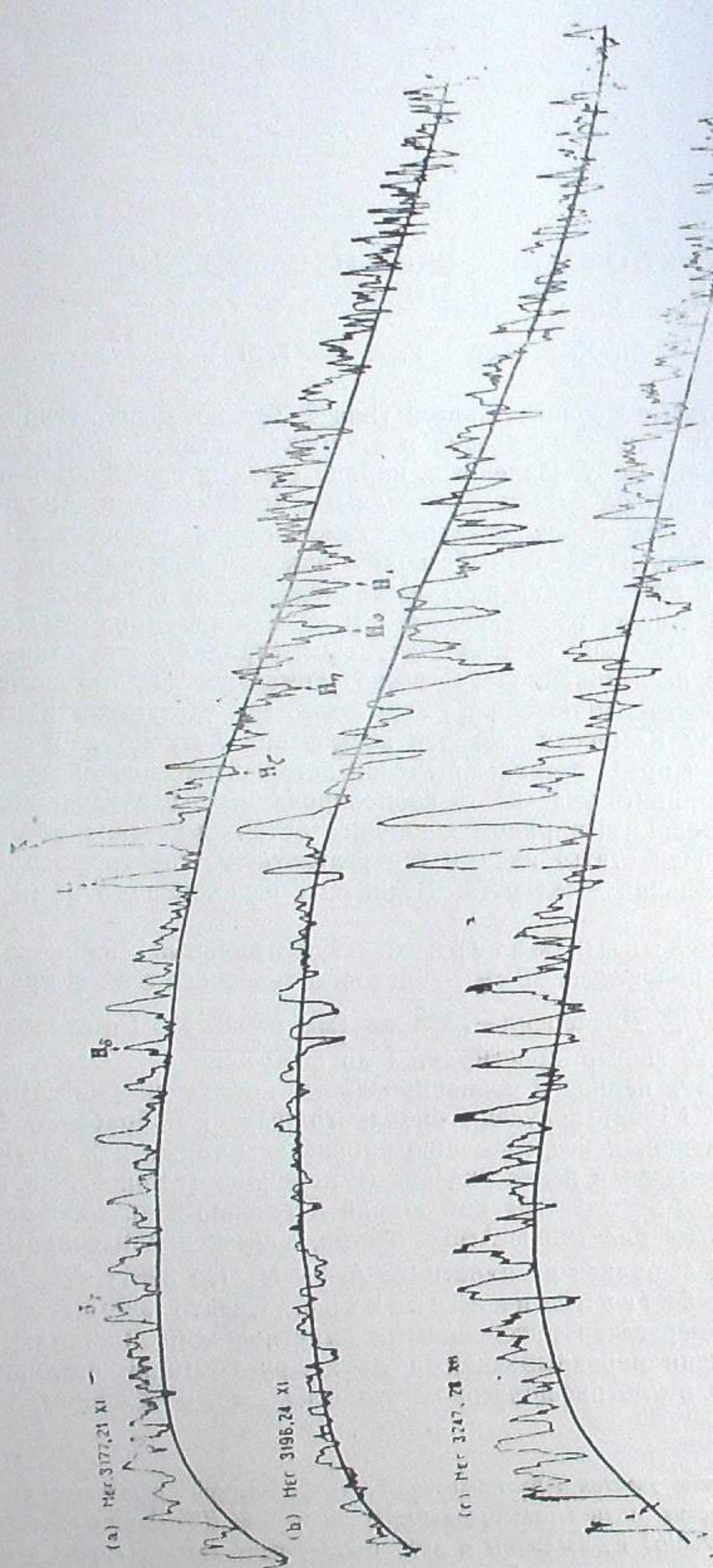
Таблица 1

№ п/п.	№ негатива	Дата	Юлианские дни	Экспозиция в минутах	Среднее зенитное расст.	№ п/п.	№ негатива	Дата	Юлианские дни	Экспозиция в минутах	Среднее зенитное расст.
1	3088	25—26.X.1962	963.472	40	15°	24	3207	26—27.XI.1962	995.329	60	25°
2	3177	21—22.XI	990.324	60	29	25	3208		380	60	15
3	3178		381	60	15	26	3209		433	60	15
4	3183	22—23.XI	991.349	60	22	27	3210		483	60	25
5	3184		404	60	13	28	3211		533	60	38
6	3185		460	60	16	29	3218	28—29.XI	997.276	26	36
7	3186		504	41	28	30	3219		345	60	19
8	3189	23—24.XI	992.320	60	30	31	3220		398	60	12
9	3190		370	60	15	32	3221		457	40	20
10	3191		459	60	16	33	3224	29—30.XI	998.299	60	30
11	3192		483	60	24	34	3225		352	60	15
12	3193		533	60	36	35	3228	30—I.XII	999.300	60	30
13	3194	24—25.XI	993.316	60	29	36	3229		353	60	15
14	3195		367	60	15				2438...		
15	3196		416	40	13	37	3239	27—28.XII	026.407	60	12
16	3197		462	60	19	38	3240		462	60	20
17	3198		515	60	33	39	3241		513	60	34
18	3199		563	50	44	40	3247	28—29.XII	027.230	60	27
19	3200	25—26.XI	994.330	60	25	41	3248		282	60	15
20	3201		383	60	15	42	3249		334	60	12
21	3202		435	60	15	43	3250		388	60	24
22	3203		485	60	25	44	3251		433	40	35
23	3204		534	60	38	45	3274	29—30.I.1963	059.353	60	37

Таблица 2

№ п/п.	$\lambda_{\text{изм.}}, \text{\AA}$	$\lambda, \text{\AA}$	Относит. интенс. по Джою [1]	Элемент	№ п/п.	$\lambda_{\text{изм.}}, \text{\AA}$	$\lambda, \text{\AA}$	Относит. интенс. по Джою [1]	Элемент
1	4870	4861	40	Hβ	16	4260	4258	1	Fell
2	4625	4629	5	FeII	17	4236	4233	6	Fell
		4620	1	Fell	18	4205	4202	2	FeI
3	4586	4590	1	TiII	19	4175	4179	4	Fell
		4584	5	Fell			4173	5	FeII
4	4555	4556	3	FeII	20	4130	4132	3	TiII
		4549	3	FeII	21	4100	4102	16	HeI
5	4520	4523	3	FeII	22	4061	4064	5	FeI
		4520	3	Fell	23	4030	4026	0	HeI
6	4495	4501	2	Ti II	24	4015	4012	1	TiII
		4491	2	Fell	25	H	3968	35	CaII
		4489	2	Fell	26	K	3934	45	CaII
7	4475	4482	2	FeI	27	3913	3914	1	Fell
		4471	1	HeI	28	3905	3900	1	FeI
		4468	2	TiII	29	3900	3896	1	FeI
8	4450	4450	1	TiII	30	3890	3889	4	HeI
		4444	3	TiII	31	3875	3878	2	FeI
9	4435	4427	2	FeI			3872	2	FeI
10	4423	4417	3	FeII	32	3855	3856	1	FeI
11	4383	4385	1	FeII	33	3852	3850	1	FeI
		4384	4	FeI	34	3835	3835	2	Hη
		4378	2	FeI	35	3825	3828	1	FeI
12	4360	4352	4	FeII			3824	2	FeI
13	4345	4341	25	Hγ	36	3818	3820	1	FeI
14	4305	4308	2	FeI	37	3793	3798	2	H0
		4303	2	FeII	38	3770	3771	3	Hi
		4302	1	TiII	39	3760	3758	2	FeI
15	4275	4272	2	FeI					

Рис. 1



24 ноября, когда звезда имела максимальный блеск (см. рис. 4), эмиссионные линии сопровождались абсорбционными компонентами с длинноволновой стороны (рис. 1, *b*; фото 1). По Джою [1] эмиссионные линии всегда имеют слабые компоненты поглощения, но когда эмиссия интенсивна, они не заметны. Как видно, в нашем случае эти компоненты появились не только потому, что ослабла эмиссия (это действительно имело место), но и потому, что сами линии поглощения усилились, в чем легко убедиться, если рассмотреть регистограммы (рис. 1, *a*, *b*, *c*).

Внимания заслуживает также и материал ночи 28 декабря, когда эмиссионные линии весьма усилились, а линии поглощения почти не были заметны даже в ультрафиолетовой части (рис. 1, *c*).

Общий же вид спектра заметно не менялся. Поэтому мы сочли достаточным дать описание и характеристику лишь одного спектра, именно, относящегося к 21 ноября (рис. 1, *a*).

На измерительном приборе МИР-12 измерены длины волн ярких линий в спектре и, по данным Джоя [1], выполнено их отождествление (табл. 2). При отождествлении мы пользовались одновременно с  $\lambda_{\text{изм}}$  также и регистрограммой данного спектра (последняя была получена с увеличением в 40 раз), по которой можно было судить о слиянии соседних линий, а также об их относительных интенсивностях. Можно признать, что последние хорошо согласуются с данными Джоя, поэтому в таблице 2 относительные интенсивности линий мы приводим по Джою.

Как видно из таблицы, яркие линии принадлежат атомам H, CaII, FeI, FeII, TiII, а также HeI.

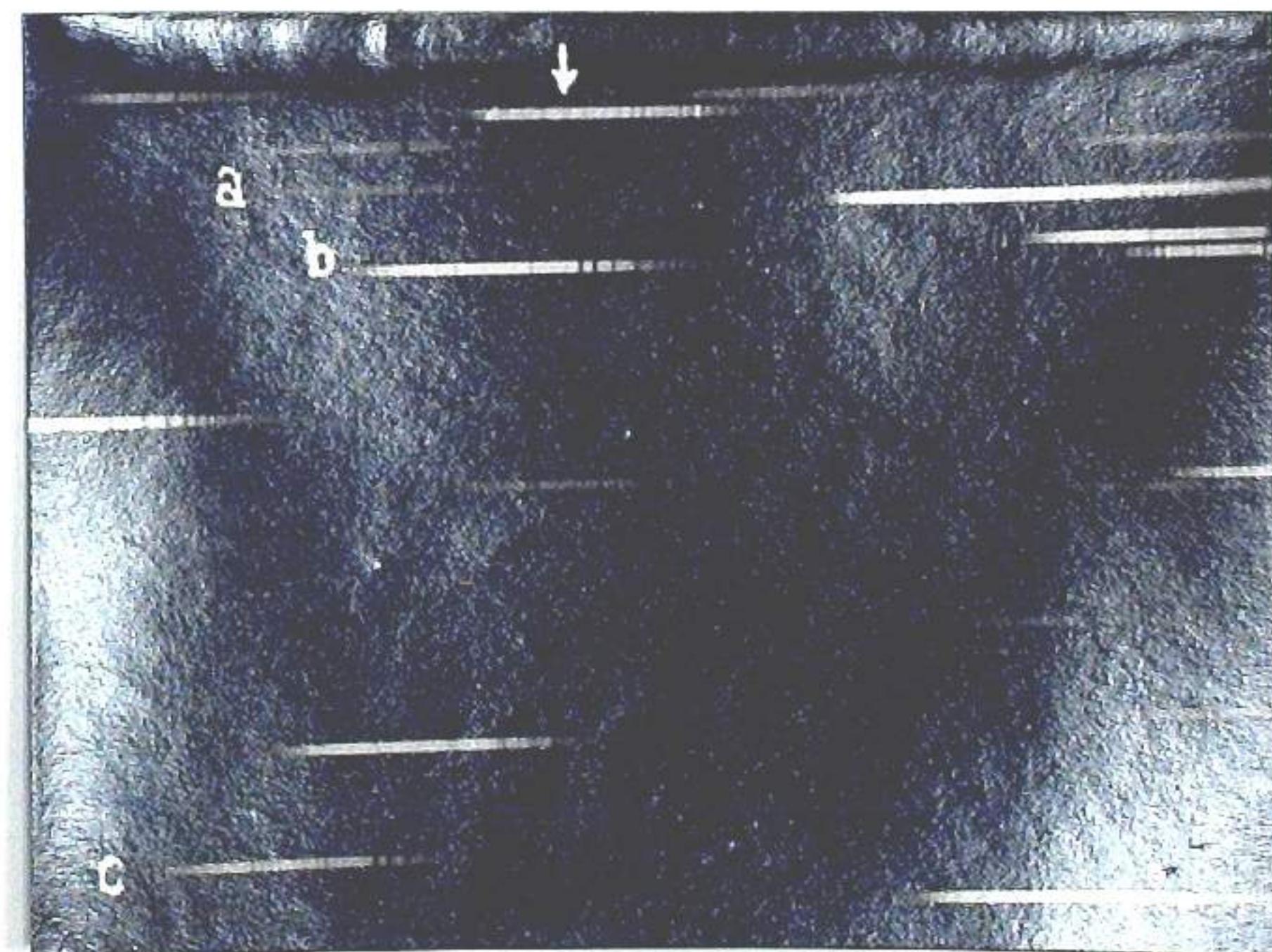
Из этой же таблицы видно, что интенсивность водородных линий с переходом к высоким членам быстро убывает, что характерно также и для линий других атомов, ввиду чего фотографический участок спектра более искажен эмиссионными линиями, чем ультрафиолетовый.

По линиям поглощения в ультрафиолетовом участке, звезду следует отнести к спектральному подклассу F8.

**Фотометрия непрерывного спектра.** Кривые распределения энергии. Непрерывный спектр RW Возничего сравнивался со спектрами звезд *a*, *b* и *c* (фото 1), спектральные классы которых A5, F8 и F6, соответственно. Мы отказались от использования в качестве звезды сравнения рекомендованной координатором кооперированных наблюдений звезды, обозначенной на карте поля Г. Н. Холопова через *d* (см. в статье Л. Н. Мосидзе на стр. 22 настоящего выпуска Бюллетеня), во-первых, из-за ее слабого блеска в ультрафиолетовом участке и, во-вторых, в связи с частичным перекрытием соседним спектром.

Звезды *a* и *b* удобны по блеску и близости к исследуемой. Первая хорошо применима в смысле нормального почернения в фотографической области, вторая — в ультрафиолетовой. По этим звездам и были вычислены кривые распределения энергии в непрерывном спектре RW Возничего, для фотографического и ультрафиолетового участка, каждая из которых затем, для того, чтобы полностью и единовременно проследить за спектром по всей ее длине ( $\lambda 5000-3500$ ), была приведена к звезде *c*. Впрочем в виду того, что с длинноволновой стороны спектр частично перекрывается соседним, мы вынуждены были ограничиться лишь интервалом  $\lambda 4500-3500\text{\AA}$ .

Регистрограммы получались с увеличением в 40 раз. Из-за обиль-



ной пересеченности спектра исследуемой звезды интенсивными эмиссионными линиями, понятно, возникали трудности в оконтуривании непрерывного спектра. Нам приходилось учитывать целый ряд обстоятельств, на которых мы не будем здесь останавливаться, ограничиваясь тем, что на рис. 1, *a*, *b*, *c* показаны проведенные нами линии непрерывного спектра в трех наиболее отличающихся друг от друга случаях.

На рис. 2 представлена кривая распределения энергии звезды *c* относительно звезд *a* и *b* для фотографического и ультрафиолетового участков, соответственно. Данными этой последней и воспользовались мы

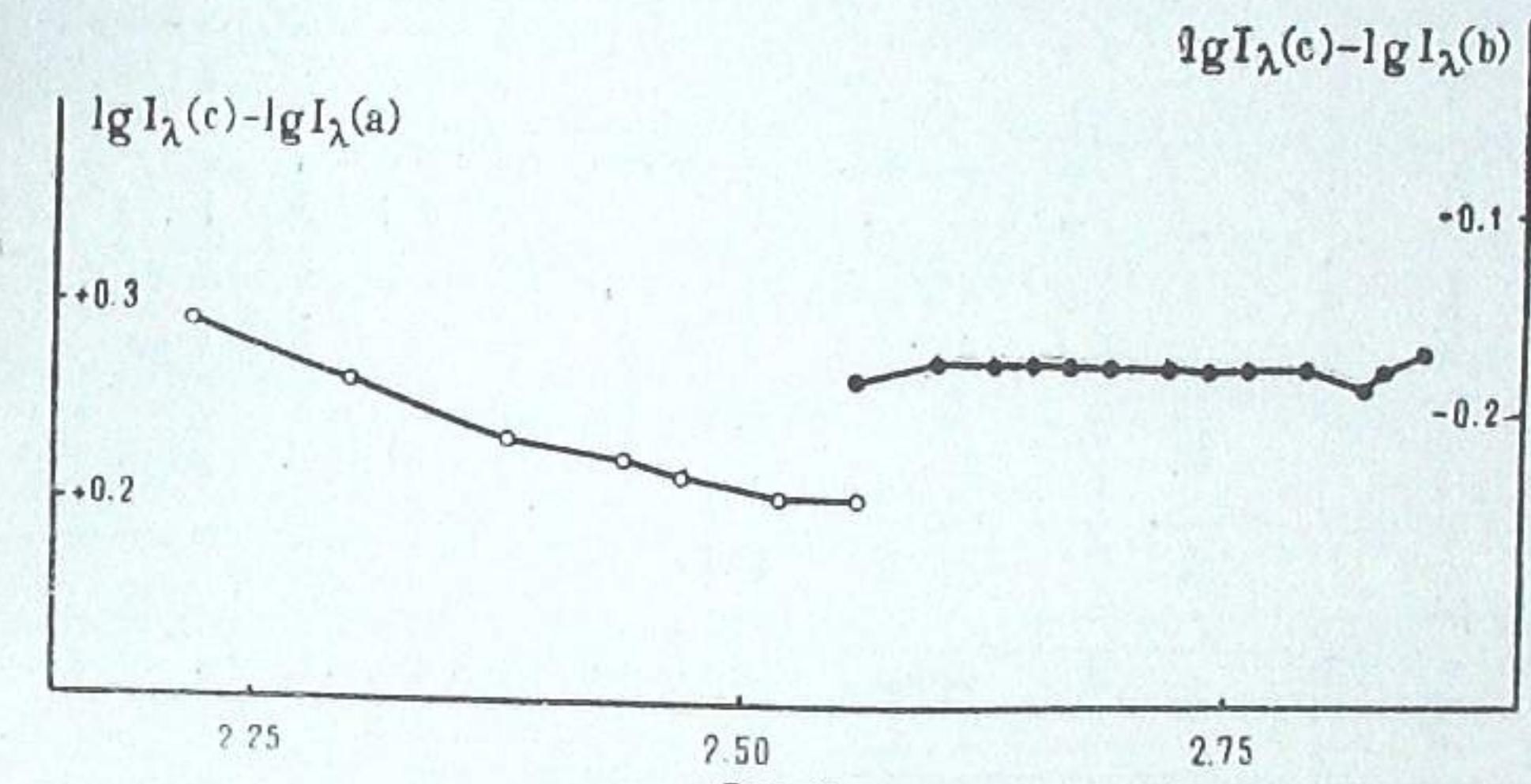


Рис. 2

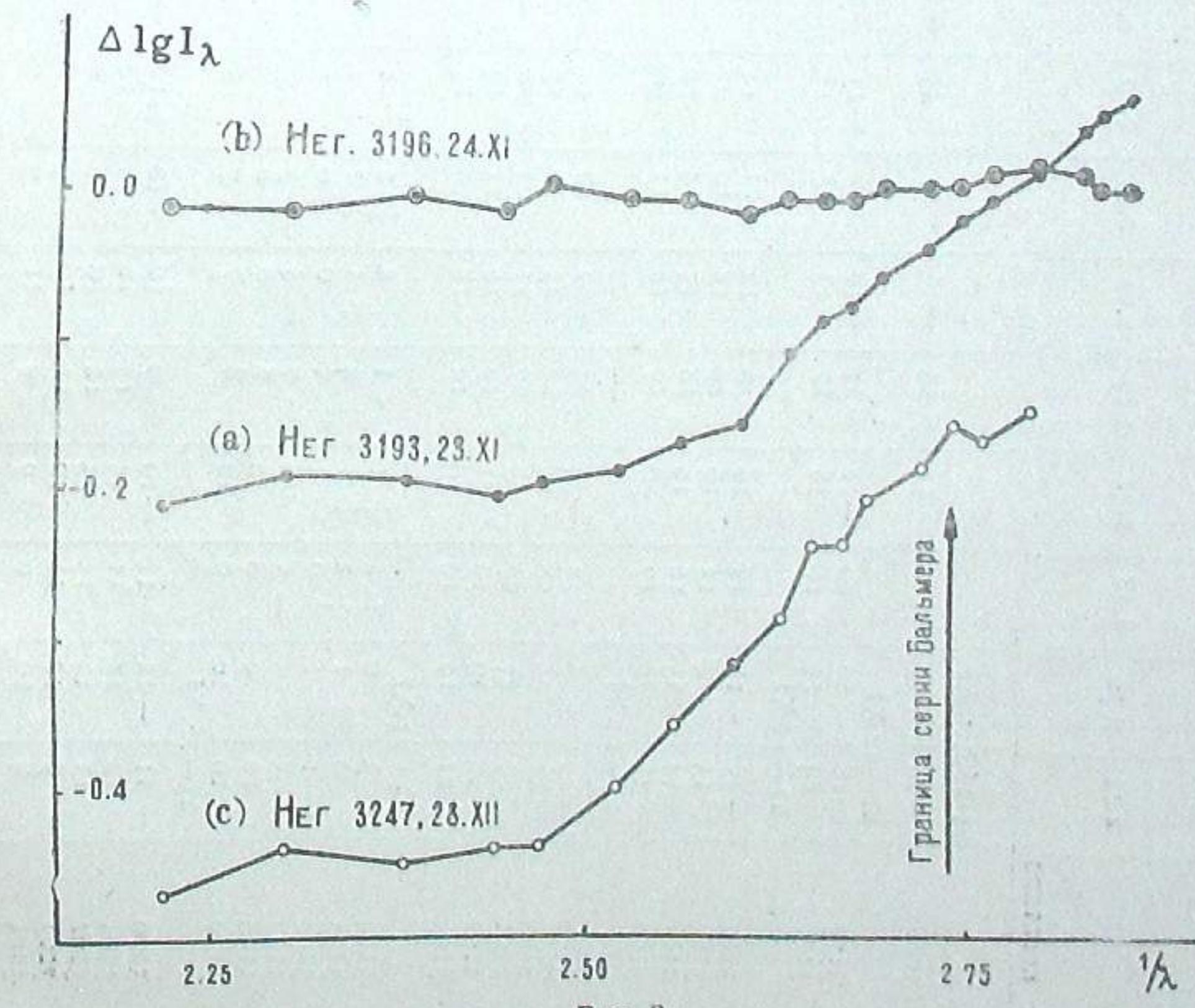


Рис. 3

Таблица 3. Значение величины  $100\Delta\lg I_0$ 

$\lambda$	2.22	2.30	2.38	2.44	2.47	2.52	2.56	2.60	2.63	2.65	2.67	2.69	2.72	2.74	2.76	2.79	2.82	2.83	2.85	
Nº негатива																				
3088	25-26.XI.1962	-53	-52	-54	-48	-47	-45	-40	-38	-39	-36									
	-46	-50	-20	-18	-21	-19	-16	-13	-15	-11	-7	-6	-4	-2	-1	0	+1	-2		
3177	21-22.XI	14	14	16	18	17	15	15	11	7	4	3	0	+2	+1	+2	+4			
3178	22-23.XI	-15	-14	-14	-16	-16	-12	-13	-10	-10	-7	-6	-5	-2	-1	-0	+3	-1	0	
3183	-15	13	14	15	16	16	16	12	10	9	5	6	5	3	2	-2	+2	+1	-1	
3184	13	14	15	16	19	18	15	14	11	7	6	6	4	5	3	-3	-4	-5	-5	
3185	14	15	16	19	20	19	16	13	10	6	6	6	4	5	3	-3	-4	-5	-5	
3186	15	18	17																	
3189	23-24.XI	-25	-26	-25	-24	-24	-22	-20	-18	-15	-13	-12	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	
3190	29	28	28	27	27	27	25	23	20	16	13	12	11	10	10	10	10	10	10	
3191	29	27	27	29	29	29	25	23	20	16	13	10	8	7	6	5	4	3	2	
3192	18	19	19	19	21	19	16	13	10	15	10	8	7	5	3	0	+2	+1	+1	
3193	21	19	19	20	19	18	16	15	10	15	10	8	7	5	3	0	0	0	0	
3194	24-25.XI	-3	0	+1	+2	+1	+1	+2	+1	+2	+1	+2	+1	+4	+4	+6	+7	+10	+9	+7
3195	-	0	+1	+2	+1	+1	+1	+0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
3196	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
3197	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
3198	10	10	10	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	
3199	25-26.XI	-11	-12	-11	-11	-10	-9	-10	-12	-12	-12	-10	-8	-8	-7	-7	-5	-4	-4	
3200	12	12	12	11	14	14	14	12	10	8	8	6	6	5	5	5	-3	-1	-4	
3201	13	13	13	13	13	13	13	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
3202	14	14	14	14	14	14	14	13	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
3203	9	12	12	10	9	10	9	11	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
3204	8	10	10	8	9	10	9	11	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	

для приведения к звезде с значениями энергии в непрерывном спектре *RW* Возничего, вычисленных относительно звезд *a* и *b*.

В таблице 3 собраны данные, характеризующие распределение энергии *RW* Возничего относительно звезды *c* для отдельных наблюдений.

Относительное распределение энергии в непрерывном спектре *RW* Возничего рассматривается как разность

$$\Delta \lg I_\lambda = \lg I_\lambda (\text{RW Aur}) - \lg I_\lambda (c).$$

На рис. 3 представлены три наиболее отличающиеся друг от друга кривые распределения энергии *RW* Возничего (*a*, *b*, *c*).

Как видим, в фотографическом участке во всех трех случаях ход более или менее нормален (вспомним, что 21 ноября звезда имела спектральный класс F8), но приблизительно от  $\lambda 4000\text{\AA}$  кривые *a* и *c* начинают повышаться, из чего следует, что в ультрафиолетовой части мы действительно имеем избыточное излучение.

Мы считаем возможным подчеркнуть, что эта картина вполне реальна и никак нельзя отнести ее к неточностям в проведении уровня непрерывного спектра. Действительно, как отмечено и выше, фотографический участок пересечен не менее многочисленными, а при этом и более интенсивными эмиссионными линиями, чем ультрафиолетовый. Так что, если говорить о погрешностях в оконтуривании непрерывного спектра, они в равной степени имеются и в фотографической части, в силу чего эта часть должна была бы подняться вверх не менее, чем ультрафиолетовая.

Интересно остановиться на кривой *b*, соответствующей ночи максимального блеска 24 ноября. Именно здесь, как видим, в ультрафиолетовом участке избыток излучения почти не заметен. Кривая энергии в данном случае подобна обычной, присущей звездам класса F6. Вспомним, что как сказано выше, в это время эмиссионные линии в спектре исследуемой звезды очень ослабли, а линии поглощения, напротив, усилились (рис. 1, *b*). Необходимо отметить, что в данную ночь, если исходить из четырех наблюдений (негатив №№ 3194—7), ультрафиолетовый участок в среднем немножко повышен, а два последних наблюдения (негативы №№ 3198, 9) уже показывают усиление ультрафиолетового участка (таблица 3).

Как перед максимумом (кривая *a*), так и после него, мы имеем усиление непрерывной ультрафиолетовой эмиссии. Что касается ночи минимума (29.XI), здесь непрерывная эмиссия хотя и относительно слаба, но все же имеется.

28 декабря (кривая *c*), когда блеск звезды ничем особым не отличался, непрерывная эмиссия достигла наибольшей интенсивности (хотя, мы и не знаем какой фазе изменения блеска звезды соответствует этот случай; см. рис. 4).

Итак нет полной корреляции между изменением блеска звезды и непрерывной ультрафиолетовой эмиссией.

Посмотрим, какой характер вообще носят изменения непрерывной ультрафиолетовой эмиссии в зависимости от изменений в блеске.

Совершенно ясно, что для этого лучше применить построение монохроматических кривых блеска, дабы иметь дело с чистым эффектом изменений интенсивности непрерывного спектра, т. к. в обычной интегральной фотометрии, в более или менее широких спектральных участках, неизбежно влияние изменений в эмиссионных линиях.

Монохроматические кривые блеска и цвет звезды. На рис. 4 представлены построенные нами кривые изменения мо-

нохроматического блеска  $\Delta m_{4340}$  и  $\Delta m_{3650}$  — в фотографическом и ультрафиолетовом участках (табл. 4). Звезда сравнения — *c*.

Малые точки относятся к индивидуальным наблюдениям; большие — к средним за ночь значениям. Ошибка одного определения равна  $\pm 0.^m03$  и  $\pm 0.^m05$  для фотографического и ультрафиолетового участков, соответственно.

$m_{4340}$  может заменить величину *B* в системе *U-B-V*, а  $m_{3650}$  не вполне соответствует величине *U*, но, наш спектр, правда, простирается до  $3500\text{\AA}$ , однако в коротковолновой части кривой распределения энергии уверенными точками мы можем считать только лишь до  $3600\text{\AA}$ , приблизительно.

Как видно из кривых блеска, еще в предшествующую максимуму ночь звезда начала увеличиваться в блеске. В ночь фиксированного нами максимума, фактически наблюдалось уменьшение блеска, так что, возможно, на самом деле, максимум был более интенсивным. По нашим данным нельзя, пожалуй, утверждать, что мы фиксировали момент самого максимума. Впоследствии в течение ночи звезда не испытывала больших изменений. Здесь имели место малые колебания блеска. От ночи же к ночи блеск явно уменьшался.

Интересно отметить, что амплитуда изменения блеска в общем в фотографическом участке больше, чем в ультрафиолетовом.

Максимальная амплитуда изменения блеска, если ограничиться ноябрьскими наблюдениями, в фотографическом участке имеет значения  $1.^m2$ , а в ультрафиолетовом  $0.^m8$ .

На рис. 5, *a* представлена кривая изменения цвета *RW* Возничего ( $\Delta C = \Delta m_{3650} - \Delta m_{4340}$ , что можно условно считать цветом  $\Delta(U-B)$ ), по отношению к звезде сравнения F6. Если вспомнить, что для F6V в системе Джонсона и Моргана  $U-B = -0.02$ , и пренебречь межзвездным поглощением, с большей или меньшей вероятностью можем считать, что  $\Delta C$  — это то же, что и *C* для нашей звезды.

Как видим, цвет *U-B* строго не коррелируется с блеском звезды. Зато, он находится в тесной корреляции с изменением непрерывной ультрафиолетовой эмиссии (см. рис. 3 и 5, *a*) и, таким образом, в основном обусловлен именно этой последней.

Цвет меняется в интервале  $-0.1$  —  $-0.7$ , что не соответствует спектральному классу данной звезды (G5—F6) и может объясняться избыточной ультрафиолетовой эмиссией.

Эквивалентные ширины эмиссионных линий. Эквивалентные ширины измерялись только для линий *H* и *K CaII* (табл. 5), поскольку только их можно было так или иначе достоверно измерять в качестве независимых линий. Но, как вытекает из рассмотрения спектров, изменения в этих линиях вполне характеризуют изменения вообще эмиссионных линий в спектре.

Эквивалентные ширины даются в единицах непрерывного спектра звезды сравнения *c*. Средняя ошибка определения  $\pm 0.5\text{\AA}$ .

На рис. 5, *b* представлены кривые изменения эквивалентных ширин линий *H* и *K* по средним за ночь значениям.

В изменении линии *H* играет определенную роль и *H<sub>α</sub>*, поэтому изменения в линиях *H* и *K* не вполне соответствуют друг другу. Однако, нужно учесть также и то обстоятельство, что линия *K* самая интенсивная в спектре и она, в общем, несколько передержана.

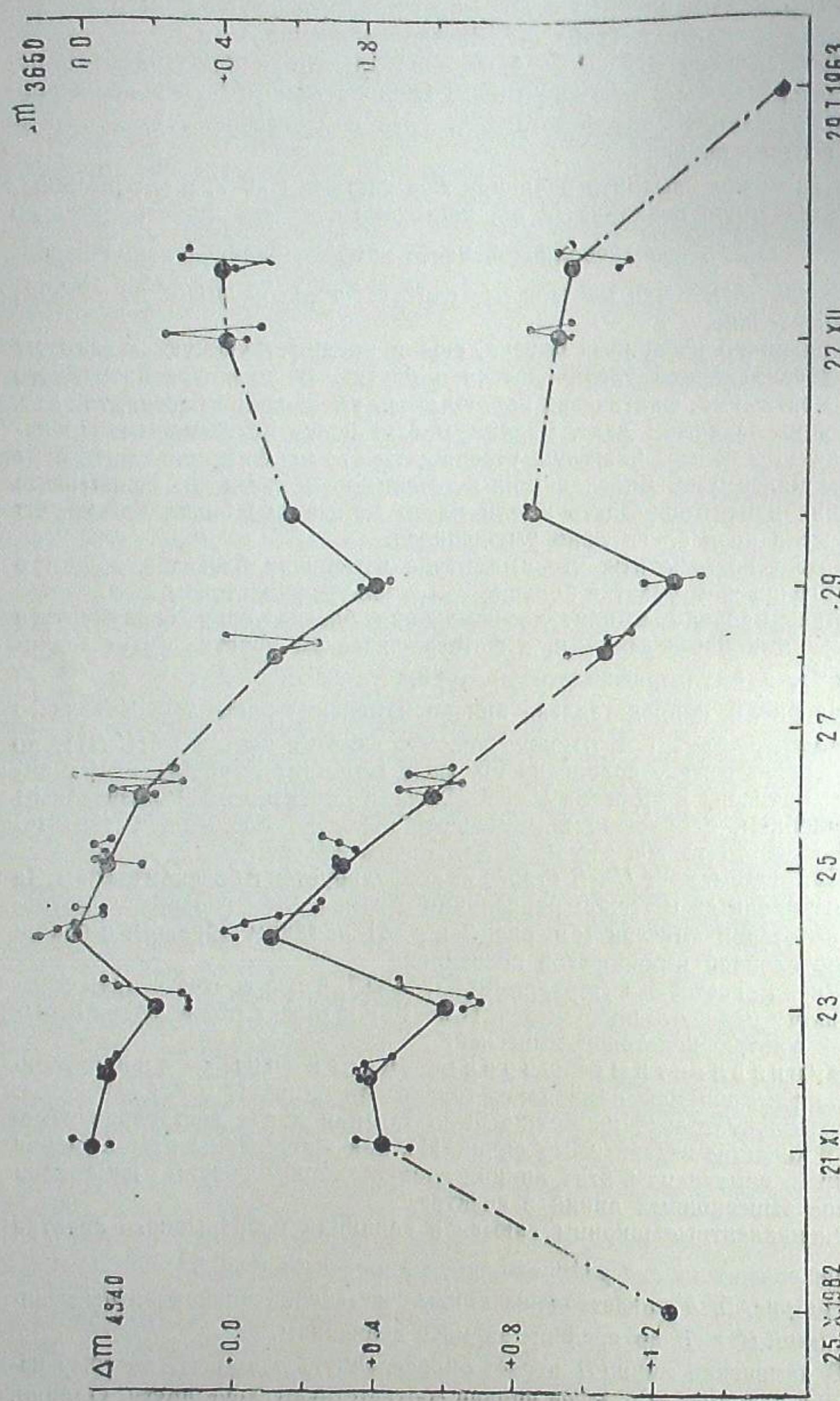


Рис. 4

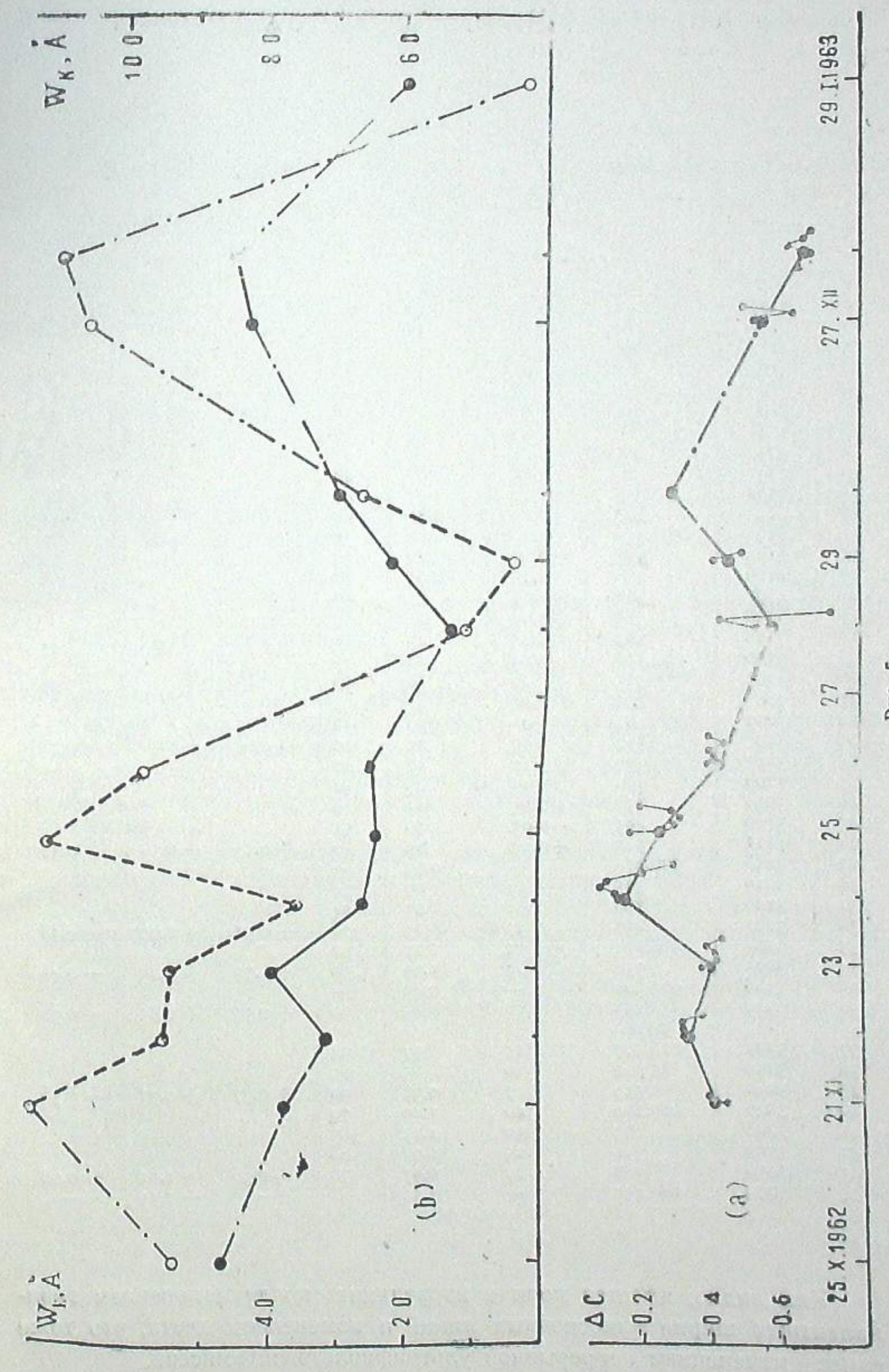


Рис. 5

Эквивалентная ширина линии  $H_{\alpha}$  вычисленная только лишь для 28 декабря (негатив № 3251, эмульсия Агфа  $H_{\alpha}$ ), оказалась равной  $36 \text{ \AA}$ .

Таблица 4

№ п/п.	№ негатива	Юлианские дни	$\Delta m_{5850}$	$\Delta m_{4340}$	$\Delta c$	$\Delta m_{5850}$	$\Delta m_{4340}$	$\Delta c$
						Средняя за ночь		
1	3088	2437...	963.472	—	+1.25	—	—	+1.25
2	3177	990.324	+0.05	0.50	-0.45	0.00	+0.42	-0.42
3	3178	381	-0.05	35	40	0.00	+0.42	-0.42
4	3183	991.349	+0.03	37	34			
5	3184	404	03	35	32			
6	3185	460	05	37	32			
7	3186	504	07	45	38	+0.04	+0.38	-0.34
8	3189	992.320	27	65	38			
9	3190	370	27	70	43			
10	3191	459	25	67	42			
11	3192	483	07	47	40			
12	3193	533	+0.03	+0.47	44	+0.18	+0.59	-0.41
13	3194	993.316	-0.15	0.00	15			
14	3195	367	-0.10	-0.03	13			
15	3196	416	-0.05	+0.03	08			
16	3197	462	+0.03	13	10			
17	3198	515	+0.03	23	20			
18	3199	563	-0.05	25	30	-0.05	+0.10	-0.15
19	3200	994.330	+0.13	30	17			
20	3201	383	00	30	30			
21	3202	435	03	35	32			
22	3203	485	00	30	30			
23	3204	534	05	25	20	+0.04	+0.30	-0.26
24	3207	995.329	17	57	40			
25	3208	380	05	47	42			
26	3209	433	+0.25	65	40			
27	3210	483	-0.05	50	55			
28	3211	533	+0.23	63	40	+0.13	+0.56	-0.43
29	3218	997.276	—	0.95	—			
30	3219	345	53	107	54			
31	3220	398	63	07	44			
32	3221	457	37	13	76	+0.51	+1.06	-0.58
33	3224	998.299	75	17	42			
34	3225	352	83	1.33	50	+0.79	+1.25	-0.46
35	3228	999.300	—	0.85	—			
36	3229	353	55	85	30	+0.55	+0.85	-0.30
37	3239	026.407	43	97	54			
38	3240	462	20	85	65			
39	3241	513	47	0.97	50	+0.37	+0.93	-0.56
40	3247	027.230	40	1.10	70			
41	3248	282	50	1.13	63			
42	3249	334	25	0.93	68			
43	3250	388	27	0.97	70	+0.36	+1.03	-0.68
44	3274	059.353	—	1.55	—			

Как видно, имеется полная корреляция между изменением эквивалентных ширин эмиссионных линий и изменением цвета, что тоже самое—изменением непрерывной ультрафиолетовой эмиссии.

Таблица 5

№ Негатива	Дата	$W_{\lambda, \text{\AA}}$		$\bar{W}_{\lambda, \text{\AA}}$		№ Негатива	Дата	$W_{\lambda, \text{\AA}}$		$\bar{W}_{\lambda, \text{\AA}}$	
		$H$	$K$	$H$	$K$			$H$	$K$	$H$	$K$
3088	25—26.X.1962	4.63	9.39	4.63	9.39	3204	25—26.XI.1962	2.79	12.06	2.48	11.27
3177	21—22.XI.	3.53	10.35	3.78	11.46	3207	26—27.XI.	3.79	11.20	2.41	9.93
3178	22—23.XI.	4.02	12.56	3.78	11.46	3208		2.55	9.02	2.41	9.93
3183	22—23.XI.	3.24	9.06	3.16	9.12	3209		2.41	9.93	3.02	9.21
3184		2.84	11.05	3.52	9.16	3211	28—29.XI.	1.63	6.07	9.86	
3185		3.52	8.64	3.55	8.64	3212		1.49	5.55		
3186	23—24.XI.	4.43	8.83	4.29	12.31	3220		0.79	5.02	1.27	4.25
3189		4.95	8.84	3.35	8.95	3221	29—30.XI.	2.16	4.66	5.22	
3190		2.36	8.39	4.05	9.51	3222	30—1.XII.	2.33	4.90	2.24	4.78
3191		1.67	6.56	4.05	7.03	3223	27—28.XII.	3.33	6.18	3.08	6.73
3192		1.77	8.05	2.48	7.63	3239		3.59	11.63		
3193		3.84	8.36	3.19	8.36	3240		5.08	9.74		
3194	24—25.XI.	4.05	7.03	2.70	7.67	3241		4.23	10.35	4.30	10.57
3195		2.13	12.09	2.57	10.02	3242	28—29.XII.	5.84	12.47		
3196		2.39	10.95	2.50	11.23	3243		4.99	11.28		
3197		2.39	10.95	2.50	11.23	3244		3.68	10.37		
3198		2.50	11.23	3274	29—30.I.1963.	2.02	4.19	2.02	4.19	4.19	
3199											
3200	25—26.XI.										
3201											
3202											
3203											

**Выводы.** Кривые распределения энергии звезды  $RW$  Возничего обнаруживают избыточное ультрафиолетовое излучение. Хотя в ночь максимума блеска его почти и не было и кривая энергии тогда была подобна обычной, присущей звездам F6, за то как перед максимумом, так и после него имелось усиление ультрафиолетовой эмиссии. Что касается ночи минимума, здесь также эмиссия имелась, хотя и была выражена слабее.

Следовательно, непрерывная ультрафиолетовая эмиссия не находится в строгой корреляции с изменением блеска звезды.

Монохроматические кривые блеска показывают, что амплитуда изменения блеска, в общем, в фотографическом участке больше, чем в ультрафиолетовом. Цвет  $U-B$  не находится в строгой корреляции с блеском звезды. Между тем, он коррелирует с непрерывной ультрафиолетовой эмиссией и, таким образом, в основном, обусловлен именно этой последней.

Имеется хорошо выраженная корреляция между изменением эквивалентной ширины эмиссионных линий и непрерывной ультрафиолетовой эмиссией.

Интерпретируя наши результаты и исходя из соображений, основанных на концепции В. А. Амбарцумяна, нам рисуется следующая картина. Освобождение энергии, выносимой каким-то неизвестным механизмом из недр звезды, в данном случае —почти непрерывно, происходит, в основном, в фотосферных слоях и, следовательно энергия переходит здесь в температурное излучение. Небольшая же часть освобождается в верхних слоях атмосферы, в результате чего возникает непрерывная ультрафиолетовая эмиссия нетепловой природы. Ясно, что видимый эффект последней быстрее достигает наблюдателя, чем эффект, связанный с превращением в тепловую энергию. Поэтому и от-

существует строгая корреляция во времени с переменностью блеска, который в основном обусловливается излучением, исходящим из фотосферы, и потому носящим тепловой характер.

С этим выводом не находятся в противоречии результаты Я. И. Кумсишвили и его соавторов, публикуемые в данном же выпуске Бюллетеня (стр. 33). Можно сказать, что эти авторы не указывают на избыток излучения в фотографическом участке по отношению к визуальному. Но это понятно; во-первых, в их случае, в образовании блеска  $B$  и  $V$  участвуют также эмиссионные линии, поэтому нельзя быть уверенным в непосредственной причине переменности блеска. Тут же нужно заметить также, что  $B$  и  $V$  должны быть искажены влиянием второго компонента  $RW$  Возничего ( $dMOe$ ; 12.5 фотогр. зв. вел.). А во-вторых, если сказанное нами выше о превалирующем значении теплового излучения верно, то результат таким и должен бы быть. Уместно вспомнить, что в период наших наблюдений блеск  $RW$  Возничего менялся в пределах 10.40—12.08 фотогр. звездной величины [3].

Однако, как видно из рис. 3 в статье Я. И. Кумсишвили и др. [2], цвет  $B-V$  не находится в полной корреляции с блеском и в некоторой степени он одновременно коррелирует с непрерывной ультрафиолетовой эмиссией; в период, предшествующий максимуму, изменения цветов  $B-V$  и  $U-B$  вполне тождественны. Следовательно, некоторый, хотя и слабо выраженный избыток излучения в фотографическом участке все же наблюдается.

Рассмотрим теперь данные Л. Н. Мосидзе [3]. Они интересны тем, что охватывают более продолжительный период и, вместе с тем, выполнены в трех цветах. Как видно по ним,  $B-V$  явно коррелирует с блеском, хотя полной корреляции и тут нет, что указывает на то, что, кроме изменения блеска звезды (обусловленного, в основном температурным излучением) и влияния второго компонента  $RW$  Возничего (что может только увеличить первый эффект), здесь действует еще какой-то фактор. Что же касается  $U-B$ , то он почти не находится в корреляции с блеском, что означает, что в данном случае действует иной фактор, чем в отношении  $B-V$ . Интервал изменения  $U-B$  явно указывает на наличие избыточной ультрафиолетовой эмиссии. Однако, в случае Л. Н. Мосидзе количественно она меньше. Причину следует усмотреть в том, что, как и в предыдущем случае в образовании величин  $U$  и  $B$  участвуют также и эмиссионные линии. Эти последние же, как мы неоднократно отмечали, усиливают фотографический участок больше, чем ультрафиолетовый и производят некоторую, так сказать, компенсацию ультрафиолетового избытка.

Сравнение спектрофотометрических данных с данными фотометрии еще раз убеждает в том, что для эмиссионных звезд и, следовательно, для звезд типа  $RW$  Возничего одни лишь фотометрические данные, тем более если не включают цвета  $U$ , но могут дать сколько-нибудь реальную или полную картину. Они дают мало и то—в более или менее искаженном виде, в связи с чем без спектрофотометрических данных они могут ввести в заблуждение при истолковании наблюденных фактов.

Следовательно, исследования звезд типа  $RW$  Возничего обязательно требуют применения спектральных методов. Только наряду со спектральными, фотометрические сведения доставляют нам материал для более детального обсуждения результатов.

В заключение мы хотели бы подчеркнуть, что форма кооперированных наблюдений и исследований оказалась на примере последней кампании весьма плодотворной. По-видимому, исследования подобных задач следует вести только таким путем,—путем широкого кооперирования одновременных комплексных наблюдений.

Что касается собственно  $RW$  Возничего, наряду со сказанным следует помнить, что, как известно, максимальная амплитуда изменения блеска для нее достигает 4 зв. величин (9.6—13.6), а в периоды наших наблюдений она достигла приблизительно лишь 1.5. Таким образом, за характером изменения блеска звезды не в полной мере и недостаточно прослежено; следовательно, для более полного обсуждения вопросов, которые ставятся в связи с изучением звезд типа  $T$  Тельца, необходимо выяснить насколько повторяются наблюденные факты и закономерности или каков характер их изменения и, конечно, неизбежно продолжение исследований, основанных на последующих наблюдениях.

Мы намерены продолжать наблюдения  $RW$  Возничего и в дальнейшем, дополнив их вместе с тем спектральными наблюдениями в визуальном участке, что позволит увереннее оценить влияние на результаты второго компонента.

В заключение мы должны отметить с благодарностью работу, выполненную мл. научным сотрудником обсерватории Л. В. Схицладзе по микрофотометрической обработке большого количества негативов, а также участие в обработке и вычислениях мл. научного сотрудника Д. Г. Чипашвили и аспиранта М. Д. Метревели.

Июль, 1963.

039966  
039966 RW-ს სპექტროფოტომეტრიული გამოკვლევა

0. ხარაძე და რ. ბართაია

#### SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF $RW$ AURIGAE.

E. K. KHARADZE and R. A. BARTAYA

(Summary)

There are some well known peculiarities of stars of the type T Tau. They are expressed in the shape of the light curves and in spectral characteristics. The interest shown in this respect, caused both by these peculiarities and by spatial connection with associations, is also well known. The analysis of photometric and all the more of spectrophotometric peculiarities is important from the point of view of study of laws and mechanisms of intrastellar energy release and of its transfer towards the outer layers in the light of the known V. A. Ambartsumian's ideas. Meanwhile the observations available are so far scarce and lack both continuous and complex observations so important for the study of these stars.

At the end of 1962, while taking part in the co-operated observations of the stars  $RW$  Aurigae, we obtained rather abundant spectral material, on the basis of which we have made spectrophotometric study of the above mentioned stars. The results of our study are given in this paper.

2. აბას. ასტროფ. თბ. ბიულ., № 30



The spectral material was obtained with the 70-cm meniscus type telescope and  $8^{\circ}$  objective prism attached to it. The dispersion was  $166 \text{ \AA}$  per Imm. The material is given in Table I.

A general characteristic of the spectrum, illustrated by Figs. I, a, b, c and photo I is given in this paper. The results of identification of lines and of measurements of their wave lengths are represented in Table 2.

The curves of energy distribution of the stars are given in Fig. 3. The numerical data are to be found in Table 3.

The character of the change of the continuous ultra-violet emission depending on the change of light is considered, therefore monochromatic light curves are plotted which are shown in Fig. 4. The curve of colour change of *RW* Aur is given in Fig. 5a. The colour  $U-B$  does not strictly correlate with the star light, but it is in close correlation with the change of the continuous ultra-violet emission as it is caused in the main by this latter one.

The colour changes in the range—0.1—0.7; it does not correspond to the spectral class of the given star (G5—F6) and may be explained by the excess of ultra-violet emission.

The curves of variation of equivalent widths of the lines  $H$  and  $K$  are given in Fig. 5b. There is a complete correlation between the change of the equivalent widths of emission lines and the change of colour, the same as with the change of a continuous ultra-violet emission.

The analysis of the obtained material and of the plotted curves leads to the following conclusions.

The curves of energy distribution of the star *RW* Aur show some excess of ultra-violet radiation. Though it was almost absent during the night of maximum light and the energy curve was similar to that of the stars F6. But before the maximum as well as after it there was some intensification of ultra-violet emission. As to the night of the minimum the emission took there also the place though it was less pronounced.

Hence continuous ultra-violet emission is not in strict correlation with the change of the star light.

Monochromatic light curves show that the amplitude of the light change is in general wider in the photographic region than in the ultra-violet one. The colour  $U-B$  is not in strict correlation with the star light. Meanwhile it correlates with the continuous emission and thus it is caused in the main by the latter.

There is a well pronounced correlation between the change of the equivalent width of emission lines and continuous ultra-violet emission.

Interpreting our results and proceeding from the considerations based on V. A. Ambartsumian's conception we obtain the following picture. The release of energy, carried out of the depths of the star by some unknown mechanism, in the given case almost incessantly, takes place in the main in photospheric layers and consequently the energy is transformed here into thermal radiation. A small part of energy is released in the upper layers of the atmosphere and as a result continuous ultra-violet emission

of non thermal origin appears. It is clear that the visible effect of the latter reaches the observer sooner than the effect associated with transformation into thermal energy. Therefore there is no strict correlation in time with the light change, which is caused in the main by radiation emitted from the photosphere and therefore of thermal character.

The results of J. J. Kumsishvili and of his co-authors, published in this issue of the Bulletin (page 33), do not contradict this conclusion. One can say that these authors do not indicate the fact of the excess of radiation in the photographic region with respect to the visual one. But one can understand that; firstly, in their case emission lines also take part in creation of the light  $B$  and  $V$ , therefore one cannot be sure of the direct reason of the light change. Here one should note that  $B$  and  $V$  should be distorted because of the influence of the second component *RW* Aur (dMOe; 12.5 pg. mg.). Secondly if the above mentioned about the dominating value of thermal radiation is true, then we should have such a result. It is relevant to recall that the light of *RW* Aur changed in the range of 10.40—12.08 pg. mg. during the period of our observations.

However as it is seen in Fig. 3 in the paper by J. J. Kumsishvili et al., the colour  $B-V$  is not in complete correlation with the light and at certain rate it simultaneously correlates with the continuous ultra-violet emission; in the period preceding the maximum the changes of the colours  $B-V$  and  $U-B$  are quite identical. Hence there is some though slightly pronounced excess of emission in the photographic region.

We shall consider now the data of L. N. Mosidze [3]. They are interesting because they embrace a longer period and besides they are in three colours. As it is seen  $B-V$  clearly correlates with the light though there is no complete correlation. This fact indicates that besides the change of the star light (caused mainly by thermal radiation) and the influence of the second component of *RW* Aur (this fact can only increase the first effect), there is some other factor acting there. As to  $U-B$  it is almost not in correlation with light, which means that in this case there acts another factor than in  $B-V$ . The range of  $U-B$  change clearly shows the presence of excess of ultra-violet emission. But in L. N. Mosidze's case it is quantitatively smaller. The reason should be found in the fact that as in the previous case emission lines take part in the formation of the magnitudes  $U$  and  $B$ . The latter ones as we have already noted more than once strengthen more the photographic region than the ultra-violet one and produce some so to say compensation of ultra-violet excess.

The comparison of spectrophotometric data with those of photometry convinces us once more that for emission stars and that means for stars *RW* Aur type only photometric data, the more as they do not involve colours of  $U$ , can not give any real or complete picture. They give little and in more or less distorted form and therefore without spectrophotometric data they may lead into error at the interpretation of the observed facts.

Hence the study of *BW* Aur type stars demands inevitably the use of spectral methods. Only together with spectral data the photo-

metric ones give us material for more detailed study of the results.

In conclusion we should like to emphasize that the form of co-operated observations and investigations proved to be very fruitful according to the example of the last campaign. Apparently study of such problems should be conducted only in this way, by wide co-operation of complex observations carried on synchronically.

As to *RW* Aur itself one should remember besides that, as it is known, the maximum amplitude of light change for it reaches 4 mgs (9.6 — 13.6) and during the periods of our observations it reached only about 1.5. Thus we have not watched the change of the star light sufficiently and in full measure; hence to study more thoroughly the problems arising in association of the investigations of the stars of T Tauri type it is necessary to find out the recurrence of the observed facts or the character of their change. Certainly, the study based on the farther observations should be continued.

We intend to continue observations of *RW* Aur further supplying them with spectral observations in the visual region, which will allow to estimate with higher reliability the influence of the second component on the results.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Joy A. H. *Aph. J.* 1945, **102**, 168.
2. Кумишвили Я. И., Магалашвили Н. Л. и Абуладзе О. П. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. 1963, № 30, 33.
3. Мосидзе Л. Н. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. 1963, № 30, 21.

#### ТРЕХЦВЕТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗДЫ *RW* ВОЗНИЧЕГО\*

Л. Н. МОСИДЗЕ

Звезда *RW* Возничего наблюдалась нами с 1960 года спорадично, фотографически, в трех цветах, по программе наблюдений нестационарных звезд, осуществляющейся в обсерватории. В связи с предпринятой в прошлом году кампанией мы активизировали ее наблюдения в периоды с 22-го ноября по 1 декабря и с 22-го декабря по 30 декабря 1962 года.

Наблюдения производились на анаберрационной камере Шмидта (360—444 мм; фок. расст. 625 мм.).

Звездные величины звезд сравнения в поле вокруг исследуемой звезды определены нами по стандартам в скоплении M34, находящемся относительно близко к *RW* Возничего. При этом использованы негативы, снятые в разные ночи, все—около меридиана.

Блеск каждой звезды сравнения определялся по 10 негативам. Атмосферное поглощение учитывалось введением поправок за разность зенитных расстояний между M 34 и звездами сравнения, измерения велись на микрофотометре МФ-2. На рис. 1 приводится карта поля во-

Таблица 1

№№	<i>U</i>	<i>B</i>	<i>V</i>	№№	<i>U</i>	<i>B</i>	<i>V</i>
3	10 <sup>m</sup> .28	10 <sup>m</sup> .03	9 <sup>m</sup> .56	<i>f</i>	12 <sup>m</sup> .47	11 <sup>m</sup> .80	10 <sup>m</sup> .93
<i>a</i>	10 .85	10 .53	10 .31	<i>g</i>	12 .63	12 .03	11 .41
<i>b</i>	11 .36	11 .13	10 .46	<i>k</i>	12 .70	12 .50	11 .98
<i>c</i>	11 .60	11 .25	10 .88	4		11 .13	9 .68
<i>d</i>	11 .60	11 .67	11 .05	5	11 .85		
<i>e</i>	12 .00	11 .67	11 .22	8		12 .38	11 .76

\* Исследование выполнено в порядке участия в кампании координированных фотометрических и спектральных наблюдений звезды, организованной Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР в зиму 1962/63 года (см. там же стр. стр. 3 и 33).