

Ф. И. Лукацкая

В настоящее время опубликованы многочисленные наблюдения переменных звезд разных типов и наблюдения квазаров в фотоэлектрической системе UBV . В ряде теоретических исследований получены также $U-B$ и $B-V$ цвета излучений различной природы. В настоящей статье делается попытка рассмотреть эти результаты совместно.

При сопоставлениях изменения блеска в системе UBV_{pe} для большого числа физических переменных звезд разных типов и квазаров было замечено, что во всех случаях величины V и B связаны зависимостями вида:

$$\bar{V} = a + bB.$$

Такого же типа зависимости $\bar{U} = c + dB$ связывают U и B величины для подавляющего числа рассмотренных переменных и квазаров [1]. Однако у части переменных линейность зависимости между \bar{U} и B нарушается вблизи минимума, где $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ увеличивается (SS Cyg и др.), а у некоторых переменных, иногда (RW Aur, $Z_r H_\alpha 120$, DF Cyg и др.), какая-либо зависимость между U и B вообще отсутствует. Знаки усреднений в левых частях отношений означают, что связи между изменениями блеска в рассматриваемой системе имеют не аналитический, а регрессионный характер. По-видимому, на линейные зависимости, соответствующие основному процессу переменности, накладываются изменения блеска, вызванные вторичными явлениями, сопровождающими основной процесс. К ним, возможно, относятся эмиссии в линиях и непрерывном спектре, ослабления излучения, вызванные выбросами вещества, и т. д. О таком характере изменения блеска RW Aur сообщал П. Ф. Чугайнов [2]. Небольшое влияние вторичных явлений на V и B величины SS Cyg проявляется в наблюдениях К. К. Чуваева [3]. Для четырех вспышек SS Cyg величины V и B связаны одной линейной зависимостью, хотя во время каждой вспышки, согласно Р. Барта [4], спектр переменной изменяется от эмиссионного типа dGe+V с непрерывной эмиссией в ультрафиолете до спектра поглощения типа B с непрерывной эмиссией другой интенсивности. Возможно, что отсутствие зависимости между величинами U и B у ряда переменных означает, что вторичные явления у них особенно интенсивны и существенно влияют на излучение в ультрафиолете.

Вследствие регрессионного характера приведенных зависимостей для переменных рассматривались ряды одновременных фотоэлектрических наблюдений с изменениями величины V не менее чем на $0^m.5$.

В таблице приведены $b = \frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B}$ и $d = \frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B}$ для 42 переменных, у которых при изменении блеска наблюдаются обе зависимости, для шести квазаров и источника рентгеновского излучения Sco XR-1. Они определяются уверенно, со средней ошибкой ± 0.06 , подсчитанной по 50 зависимостям [1]. Рассмотренные ряды наблюдений имеют разные длительности и разное распределение наблюдений во времени. Поэтому есть основания полагать, что для данного объекта $\frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B}$ и $\frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B}$ — константы, характеризующие процесс изменения блеска, по крайней мере на некотором интервале времени.

№ объекта	Объект	$\frac{\Delta V}{\Delta B}$	$\frac{\Delta U}{\Delta B}$	Тип	Литературный источник	№ объекта	Объект	$\frac{\Delta V}{\Delta B}$	$\frac{\Delta U}{\Delta B}$	Тип	Литературный источник
1	EW Lac	1.48	1.08:	Уник.	[9]	27	V 359 Cyg	0.72	1.11	?	[27]
2	R Mon	1.05	0.98	RW	[10]	28	W Vir	0.82	1.22	C	[26]
3	U Gem	1.07	1.02	UG	[11]	29	AX Cir	0.77	1.06	C	[29]
4	U Gem	0.92	0.96	UG	[12]	30	V 453 Oph	0.85	1.12	C	[28]
5	SS Cyg	0.88	1.03	UG	[13]	31	EP Lyr	0.72	1.61	RV	[28]
6	SS Cyg	0.84	1.02	UG	[14]	32	SX Her	0.81	1.62	SR	[28]
7	Z And	0.86	0.90	Ne	[15]	33	R Sge	0.72	1.49:	RV	[28]
8	YZ Boo	0.76	0.94	RR	[16]	34	SW Vel	0.68	1.48	C	[26]
9	TZ Per	0.73	0.88	Z	[17]	35	V Vul	0.80	1.47	RV	[28]
10	BL Her	0.76	0.84	C	[18]	36	V 564 Oph	0.82	1.49:	RV	[28]
11	RY Tau	1.17	0.90	RW	[19]	37	AC Her	0.75	1.33	RV	[28]
12	UX Ori	1.0	0.94	RW	[19]	38	TX Oph	0.76	1.33	RV	[28]
13	T Tau	0.94	1.05	RW	[19]	39	V 360 Cyg	0.87	1.37	RV	[28]
14	RR Tau	0.92	1.09	RW	[20]	40	R Sct	0.90	1.28	RV	[28]
15	N Vul	1.00	1.16	N	[21]	41	CH Cyg	0.86	1.26	SR	[30]
16	N Her 1960	1.10	1.05	N	[22]	42	U Mon	0.87	1.22	RV	[28]
17	N Her 1960	1.09	0.95	N	[23]	43	UX Oph	0.90	1.22	M	[28]
18	N Her 1963	1.16	1.14	N	[24]	44	S Ori	0.95	1.20	M	[31]
19	N Del 1967	0.96	0.70	N	[25]	45	T Cas	1.07	1.00	M	[31]
20	η Aql	0.65	1.34	C	[26]	46	3 C 48	1.14	1.10	QSS	[6], [32]
21	δ Cep	0.64	1.22	C	[26]	47	3 C 196	0.88	1.32	QSS	[32], [33]
22	VV Cas	0.68	1.25	C	[26]	48	3 C 216	0.92	1.39	QSS	[33]
23	CO Aur	0.68	1.10	RV?	[27]	49	3 C 273	0.76:	1.43:	QSS	[32]
24	RY Sco	0.71	1.26	C	[26]	50	3 C 345	1.26:	1.29:	QSS	[34]
25	UU Her	0.71	1.20	C	[28]	51	3 C 446	1.03	0.88	QSS	[35]
26	KN Cen	0.75	1.21	C	[26]	52	Sco XR-1	1.09	1.25	[36]	

На плоскости $\frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B} - \frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B}$ переменные разных типов разделяются и располагаются вдоль пересекающихся полос (рисунок).

Для чернотельного излучения, излучения звезд главной последовательности с $M_V < 3^m.0$ и др. в пределах точности определения $\frac{\Delta V}{\Delta B}$ и $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ оба градиента постоянны. Поэтому на плоскости $\frac{\Delta V}{\Delta B}$, $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ чернотельное излучение изобразится точкой $\frac{\Delta V}{\Delta B} = 0.8$, $\frac{\Delta U}{\Delta B} = 1.2$, а излучение нормальных звезд с $M_V < 3^m$ точкой $\frac{\Delta V}{\Delta B} = 0.9$, $\frac{\Delta U}{\Delta B} = 0.9$ [1].

Из сопоставлений $B-V$ и $U-B$ для излучений перечисленных видов следует, что практически для каждого из них

$$\frac{\Delta(U-B)}{\Delta(B-V)} \approx \text{const} = A,$$

и, следовательно, имеют место соотношения:

$$\frac{\Delta U}{\Delta B} = 1 + A - A \frac{\Delta V}{\Delta B}. \quad (1)$$

При постоянстве $\frac{\Delta V}{\Delta B}$ и $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ это соотношение превращается в тождество.

Однако, как видно из рисунка, у реальных переменных звезд каждого

типа $\frac{\Delta V}{\Delta B}$ принимает значения в некоторых пределах. Поэтому для сравнения свойств оптического излучения реальных переменных звезд со свойствами излучений различной физической природы на плоскости $\frac{\Delta V}{\Delta B}$, $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ были нанесены линии, вычисленные по (1) со значениями A для различных механизмов излучения и произвольными значениями $\frac{\Delta V}{\Delta B}$,

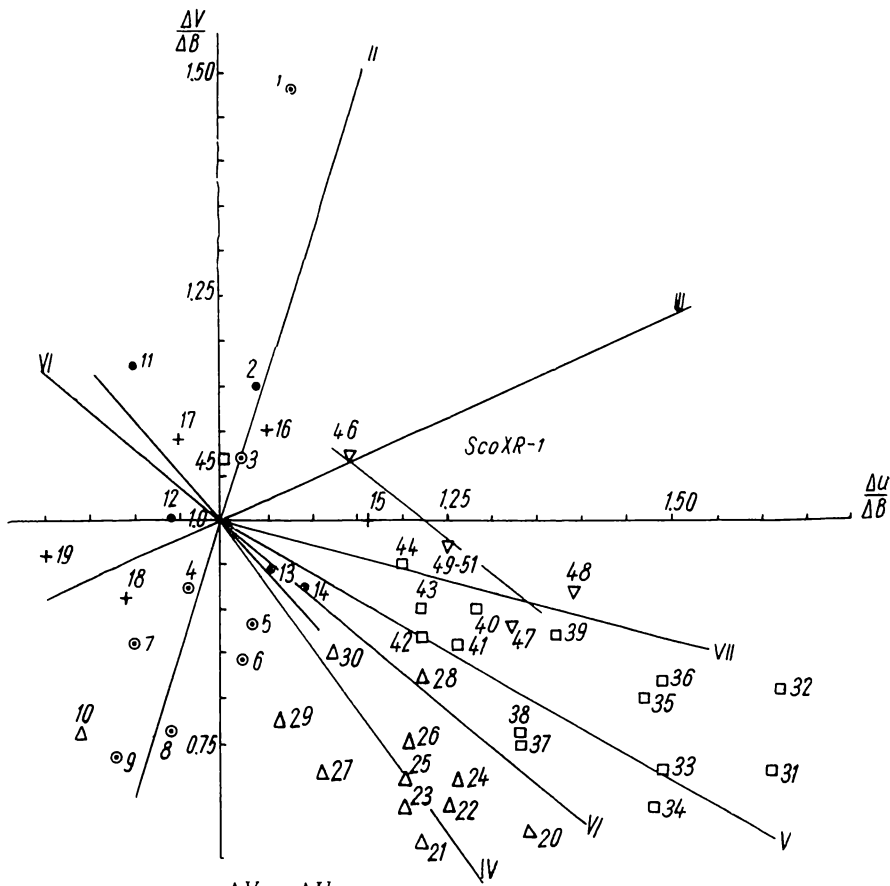


Диаграмма $\frac{\Delta V}{\Delta B} - \frac{\Delta U}{\Delta B}$ для объектов, перечисленных в таблице.

Обозначения: I (•) — переменные типа ТТау; II (⊙) — переменные типов UG, Z; EW Lac; III (+) — новые звезды; ▽ — квазары; IV (Δ) — цефеиды; V (□) — переменные типов RV, SR, M.

близкими к полученным из наблюдений. В среднем эти линии совпали с положениями полос, вдоль которых на плоскости $\frac{\Delta V}{\Delta B}$, $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ расположились переменные разных типов.

На плоскости $\frac{\Delta V}{\Delta B}$, $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ из пяти звезд типа Т Тау четыре располагаются вблизи прямой с $A=0.91$, как у синхротронного излучения [6] (рисунок, I). Переменные типов UG и Z располагаются вблизи прямой с $A=-0.28$, как у излучения звезд главной последовательности с $0^m.1 < B-V < 0^m.5$ (прямая II) [5], новые вблизи прямой с $A=-2.26$, как у излучения небулярного континуума [7] (прямая III), цефеиды — вблизи прямой с $A=0.77$, как у оптически тонкого газа с $n_e > 10^6 \text{ см}^{-3}$

[7] (прямая IV), переменные типов RV, SR и, возможно, M — вблизи прямой с $A=1.75$, как у непокрашевших гигантов [5] (прямая V). Прямая VI получена с $A=1.20$ для чернотельного излучения [8].

Для квазаров ЗС 48, ЗС 196, ЗС 216 $\frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B}$ и $\frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B}$ определяются уверенно с той же средней ошибкой, что и для переменных звезд. Они приведены в таблице и на рисунке. Для ЗС 345 и ЗС 446, у которых в наблюдениях есть только крайние значения блеска, и ЗС 273 с небольшой амплитудой изменения блеска оба градиента определяются неуверенно. На рисунке точка $\frac{\Delta V}{\Delta B} = 0,97$, $\frac{\Delta U}{\Delta B} = 1.25$, — средняя для последних трех квазаров.

Как и у переменных звезд, у квазаров $\frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B}$ и $\frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B}$ имеют значения в некоторых пределах, значительно превышающих их ошибки. Точки располагаются в виде полосы, направление которой описывается соотношением

$$\frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B} = 2.27 - 1.04 \frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B}.$$

Прямая не проходит через точку $\frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B} = 1.0$, $\frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B} = 1.0$ и, следовательно, для оптического излучения квазаров $\frac{\Delta(U-B)}{\Delta(B-V)} \neq \text{const}$, как это имеет место для всех перечисленных выше механизмов излучения, в том числе и для синхронного излучения. Источник рентгеновского излучения Sco XR-1 попадает на эту же полосу, но в то же время и на полосу, на которой располагаются новые звезды с A , соответствующим излучению небулярного континуума. Несинхротронная природа излучения Sco XR-1 показана И. Шкловским [37]. Если же предположить, что квазары и Sco XR-1 располагаются вдоль полосы, проходящей через точку $\frac{\Delta V}{\Delta B} = 1.0$, $\frac{\Delta U}{\Delta B} = 1.0$, то направление этой полосы не соответствует значению A для синхротронного механизма и близко к значению A для излучения оптического тонкого газа с $n_e < 10^6 \text{ см}^{-3}$ (рисунок, VII) [7].

Линии на рисунке соответствуют определенным значениям $A = \frac{\Delta(U-B)}{\Delta(B-V)}$. Но каждый механизм излучения имеет не только определенное A , но и определенное $\frac{\Delta V}{\Delta B}$ или $\frac{\Delta U}{\Delta B}$. Поэтому близость небесного объекта к линии с некоторым значением A — лишь необходимое, но недостаточное условие того, что механизм его оптического излучения совпадает с механизмом с таким же значением A . Из того, что рассмотренные объекты расположены на плоскости $\frac{\Delta V}{\Delta B} - \frac{\Delta U}{\Delta B}$ полосами, а не группировками объектов данного типа около некоторых точек, по-видимому, следует, что свойства оптического излучения рассмотренных объектов отличаются от свойств оптического излучения идеальных механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукацкая Ф. И. — АЦ № 511, 1969.
2. Чугайнов П. Ф. — Изв. КрАО, 34, 86, 1965.
3. Чуваев К. К. — Изв. КрАО, 28, 141, 1962.

4. Бартая Р. А. — Астрофизика, 2, 4, 1966.
5. Landolt-Börnstein Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. Berlin—Heidelberg, 1963.
6. Matthews Th., Sandage A. — ApJ, 138, 30, 1963.
7. Гершберг Р. Е. — Изв. КрАО, 36, 216, 1967.
8. Гершберг Р. Е. — Изв. КрАО, 33, 206, 1965.
9. Бродская Э. С. — ПЗ, 16, 423, 1968.
10. Mendoza V. — ApJ, 151, 977, 1968.
11. Wallerstein I. — PASP, 71, 316, 1959.
12. Paczynski B. — AA, 15, 305, 1965.
13. Grand G., Abt H. — ApJ, 129, 233, 1956.
14. Zucker mann M. C. — AAR, 24, 431, 1961.
15. Белякина Т. С. — Изв. КрАО, 33, 226, 1965.
16. Heisner A. M., Hardie R. — ApJ, 140, 694, 1964.
17. Mumford L. S. — ApJ, 146, 2, 1966.
18. Preston W., Kilston S. — ApJ, 148, 787, 1967.
19. Зайцева Г. В. — ПЗ, 16, 435, 1968.
20. Lepouvel F., Flogere Ch. — JO, 40, 37, 1957.
21. Abuladze O. P. — Inform. Bul. Com., 27, IAU, N 324, 1969.
22. Чугайнов П. Ф. — Изв. КрАО, 26, 217, 1961.
23. Ross L. W. — PASP, 72, 413, 1960.
24. Chinkarini G. — PASP, 76, 291, 1964.
25. O'Connell D. I. K. — Inform. Bul. Com., 27, IAU, N 313, 1968.
26. Mitchell R. I. and oth. — Bol. Tonant., 3, 153, 1964.
27. Smak J. — PASP, 76, 40, 1964.
28. Preston G. and oth. — ApJ, 137, 401, 1963.
29. Mander H., Schoffel E. — Zf. Ap. 62, 258, 1968.
30. Cester B. — Inform. Bul. Com., 27, IAU, N 291, 1968.
31. Priser I. B. — Mit. der Sternw. Ungarisch. Acad. der Wissen, N 61, 1967.
32. Sandage A. — ApJ, 139, 416, 1964.
33. Sandage A. — ApJ, 144, 1234, 1966.
34. Elvius A. — Low. Observ. Bul., 142, 7, 55, 1968.
35. Gingerich O. — Circ. Centr. Bur. for Tel., IAU, N 1961.
36. Sandage A. and oth. ApJ, 146, 316, 1966.
37. Шкловский И. С. — АЖ, 44, 930, 1967.

THE PROPERTIES OF THE OPTICAL RADIATION OF VARIABLE STARS AND QUASARS

F. I. LUKATSKAYA

Summary

Photoelectric observations in the system UBV are considered for 42 variable stars, six quasars and Sco XR-1 with $U-B$ and $B-V$ colours of different type radiations. There are regressive dependences nearly for all the objects:

$$\bar{V} = a + bB \quad \text{and} \quad \bar{U} = a + dB.$$

For the considered radiation mechanisms

$$\frac{\Delta(U-B)}{\Delta(B-V)} \approx \text{const} = A.$$

$\frac{\Delta \bar{V}}{\Delta B}$ and $\frac{\Delta \bar{U}}{\Delta B}$ were determined for each object. On the $\frac{\Delta V}{\Delta B}$, $\frac{\Delta U}{\Delta B}$ plane the objects are divided according the types and situated along the bands. The directions of these bands are in agreement with values of A for different types of radiation.

ОДНОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ N Del 1967

Е. И. Лендерман, А. Ф. Пугач

Электрофотометрические наблюдения N Del проводились с 26. VII по 9. VIII 1967 г. на 50-сантиметровом рефлекторе ГАО АН УССР в трех участках спектра. Начиная с 31. VII 1967 г. совместно с фотометриче-