

Переменные звезды 20, 243–249, 1976.

Variable Stars 20, 243–249, 1976.

Оптическая переменность OJ 287

В. М. Люты

Приводятся результаты фотоэлектрической UVV-фотометрии OJ 287, объекта типа BL Lac, проводившейся в течение 1971–76 гг. Составлена сводная кривая блеска OJ 287 по фотографическим и фотоэлектрическим наблюдениям 1967–76 гг. Форма кривой блеска характерна для кривых блеска ядер сейфертовских галактик, N-галактик и квазаров – можно выделить две составляющих, быструю (десять дней) и медленную (порядка 10 лет). Характерная особенность – большая амплитуда медленной компоненты – до 3^m .

Показатели цвета объекта в минимуме блеска ($B = 16^m.9$) $B - V = +0^m.83 \pm 0^m.15$, $U - B = -0^m.30 \pm 0^m.20$ указывают на присутствие излучения окружающей галактики с интегральной величиной $V = 16^m.5 - 17^m$. Изменение показателя цвета во время вспышки 31 марта/1 апреля 1976 – JD 2442869, можно объяснить появлением эмиссионного бальмеровского континуума при $z = 0.2 - 0.3$.

Optical Variability of OJ 287

by V. M. Lyuty

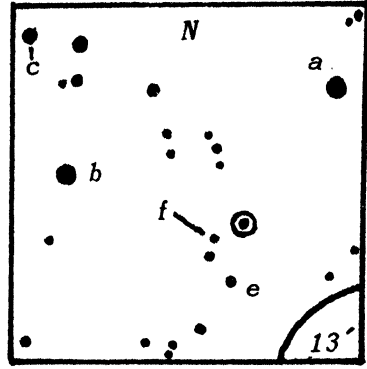
The results of photoelectric UVV-photometry of BL Lac type object OJ 287 obtained during 1971–76 are presented. The form of light curve is close to that of Seyfert galaxies, N-type galaxies and quasars (Fig. 2 – photoelectric and photographic observations in 1967–76). There are two components in the light curve of OJ 287: fast (tens of days) and slow (about 10 years). The amplitude of slow component is very large, up to 3^m .

Colour indices at minimum light ($B = 16^m.9$) $B - V = +0^m.83 \pm 0^m.15$, $U - B = -0^m.30 \pm 0^m.20$ allow to assume the presence of radiation of the galaxy, associated with OJ 287. The total magnitude of the galaxy is $V = 16^m.5 - 17^m$. The change of colour indices during the flare 31 March/1 April (JD 2442869) may be due to emission Balmer continuum redshifted by $z = 0.2 - 0.3$ (Fig. 3).

Несколько лет назад были открыты так называемые объекты типа BL Lacertae – переменные радиоисточники, отождествленные со звездобразными объектами. Они отличаются большой (до нескольких величин) амплитудой переменности и отсутствием эмиссионных линий в спектре, вследствие чего долгое время оставался открытым вопрос о расстоянии до этих объектов. Одним из таких объектов является радиоисточник OJ 287, отождествленный с голубым звездобразным объектом (Бэйк, 1970). После отождествления начались систематические наблюдения оптической переменности OJ 287, однако большинство наблюдений, в том числе и трех- (или четырех-) цветных, проводилось фотографическим способом.

Рис. 1.

Карта окрестностей OJ 287. Отмечены звезды сравнения, фотозлектрические UVV-величины которых приведены в таблице 1.



Фотозлектрическая UVV-фотометрия OJ 287 проводится на Крымской станции ГАИШ с 1971 г. на 60-см телескопе, используется фотометр со счетом фотонов. Карта окрестностей объекта (Курочкин, 1974) приведена на рис. 1, величины звезд сравнения определены привязкой к стандарту в скоплении Ясли и приводятся в табл. 1. Для сравнения в табл. 2 приведены UVV-наблюдения этих же звезд Пенстона и Уинга (1973).

Таблица 1.

Звезда	<i>B</i>	<i>B-V</i>	<i>U-B</i>	<i>n</i>
<i>a</i>	12.18 ± .01	+0.65 ± .01	+0.14 ± .01	3
<i>b</i>	13.52 .01	+0.66 .01	+0.06 .01	3
<i>c</i>	14.03 -	+0.46 -	-0.07 -	1
<i>e</i>	15.07 -	+0.82 -	+0.73 :	1
<i>f</i>	15.15 ± .07	+0.45 ± .08	-0.17 ± .08	2

Таблица 2.

*	Л ю т ы й			*	Penston and Wing		
	<i>B</i>	<i>B-V</i>	<i>U-B</i>		<i>B</i>	<i>B-V</i>	<i>U-B</i>
<i>a</i>	12.18	+0.65	+0.14	1	12.19 12.17	+0.67 +0.63	+0.12 +0.17
<i>b</i>	13.52	+0.66	+0.06	2	13.49 13.51	+0.69 +0.63	+0.06 +0.09
<i>e</i>	15.07	+0.82	+0.73 :	4	15.20 15.10	+0.90 +0.86	+0.4 : +0.52 :
<i>f</i>	15.15	+0.45	-0.17	10	15.27	+0.71	-0.2 :

Как видно, величины ярких звезд согласуются довольно хорошо, расхождение не превышает $0^m.01 - 0^m.03$, однако для звезды *e* (№ 4) не согласуется величина показателя цвета *U-B* (впрочем, все определения олеска этой слабой звезды неуверенны), а для звезды *f* (№ 10) — показателя цвета *B-V*. В последнем случае имеют меньший вес, видимо, величины Пенстона и Уинга (1973), так как у них только одно измерение, причем прказатель цвета *U-B* определен неуверенно.

Наблюдения OJ 287 приведены в табл. 3. Средняя ошибка одного наблюдения составляет $0^m.01 - 0^m.04$, когда объект ярче 15^m , и $0^m.03 - 0^m.08$, когда слабее 15^m . В JD 2442862, когда OJ 287 имел минимальный блеск

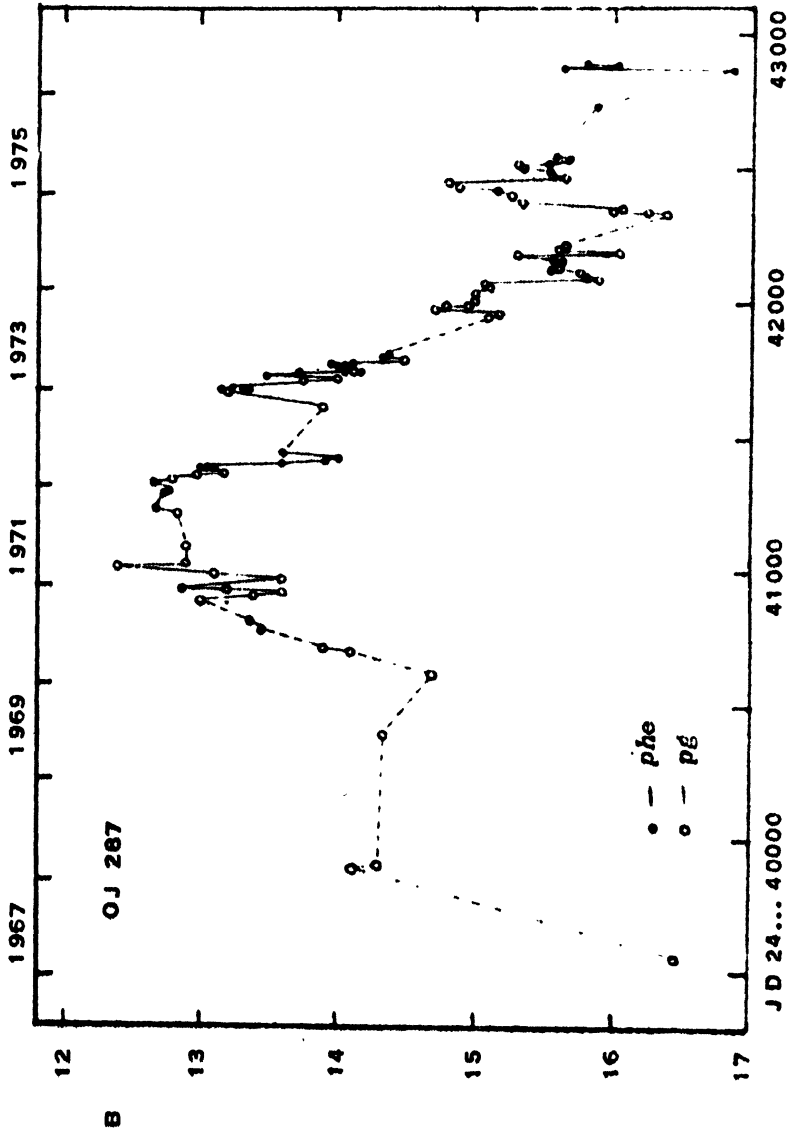


Рис. 2. График кривой блеска OJ 287.

($B = 16^m 87$), ошибки составляют $\pm 0^m 10$, $\pm 0^m 15$ и $\pm 0^m 20$ для V , $B - V$ и $U - B$ соответственно. Кривая блеска OJ 287 (B -величины) за 1967 – 76 гг. приведена на рис. 2. Кроме наблюдений автора использованы и другие фотоэлектрические наблюдения (Адам и др., 1972; Кикучи и др., 1973; Кинман и др., 1974; Фролих и др., 1974) а также фотографические наблюдения (Курочкин, 1971; Вильямс и др., 1972; Кинман и др., 1974; Смит и др., 1975; Мак-Джимси и др., 1975). В общем, фотографические наблюдения достаточно хорошо согласуются с фотоэлектрическими, однако в отдельных случаях бывают значительные расхождения. Например, фотографические наблюдения Мак-Джимси и др. (1975) до 1973 г. сильно расходятся с фотоэлектрическими, полученными в те же ночи (на рис. 2 эти наблюдения не приведены). Наблюдения, выполненные после 1973 г., довольно хорошо согласуются с фотоэлектрическими.

Кривая блеска OJ 287 за 1967 – 76 гг. аналогична кривым блеска ядер сейфертовских галактик – присутствуют две компоненты: быстрая (вспышки длительностью в десятки дней) и медленная (компонента 2), длительностью порядка 10 лет. Существенной особенностью является амплитуда медленной компоненты – до 3^m , амплитуда вспышек $1 - 2^m$.

Гаген-Торн (1976) нашел, что вспышки OJ 287, возможно, удовлетворяют периоду 184 дня. Подобная периодичность найдена уже для ряда галактик с активными ядрами, в том числе сейфертовских галактик. Особенностью периодичности быстрой компоненты в ядрах сейфертовских галактик является изменение фазы (по-видимому, резкое) при сохранении периода (Белоконов и др., 1976; Баско и Лютый, 1976). Такое изменение фазы наблюдалось и в OJ 287; вспышка в апреле 1976 г. пришлось примерно на середину 184-дневного периода (на фазу минимума) *.

Таким образом, по характеру переменности OJ 287 очень похож на ядра сейфертовских галактик и N-галактик (а также квазаров). Однако, как отмечалось в нескольких работах (напр. Лютый, 1972; Смит и др., 1975), показатели цвета OJ 287 не меняются с блеском даже при ослаблении блеска с $12^m 5$ до 15^m . Наши наблюдения показывают, что при дальнейшем ослаблении блеска (до $B \sim 17^m$) показатели цвета заметно увеличились – объект стал красным. Средние показатели цвета OJ 287 в максимуме блеска $B - V = +0^m 35$, $U - B = -0^m 70$. При $B = 16^m 87$ показатели цвета $B - V = +0^m 83 \pm 0^m 15$, $U - B = -0^m 30 \pm 0^m 20$. Такое покраснение позволяет предположить, что при сильном ослаблении блеска центрального источника проявляется окружающая галактика. Это согласуется с возможным наличием туманности ($d \approx 5''$) вокруг OJ 287 (Кинман, 1975). Считая эту туманность галактикой, Кинман нашел $z \sim 0.2$, немного больше, чем для квазара 3C273.

Показатели цвета OJ 287 вблизи минимума блеска (март–апрель 1976 г.) меняются с блеском неоднозначно (рис. 3). В минимуме блеска показатели цвета можно интерпретировать или проявлением излучения

*) Подобное изменение фазы, возможно, было и в конце 1970 – в начале 1971 г. (JD 2440900 – 41000).

окружающей эллиптической галактики, тогда ее вклад (в минимуме) должен составлять 60–70%, а интегральная величина $V = 16^m.5 - 17^m$ (при $z = 0.2$, $M_V = -23^m.5 \div -23^m.0$), или увеличением спектрального индекса до $\alpha = 3$ (в максимуме $\alpha = 1$). Изменения показателей цвета во время вспышки после минимума (31 марта–1 апреля 1976 – точка 3 на рис. 3) дают основание предположить, что в спектре OJ 287 появилась особенность, проявившаяся только в фильтре В. Такой особенностью не может быть эмиссионная линия, так как поток в В увеличился почти в два раза. Не исключено появление во время вспышки эмиссионного бальмеровского скачка, который при $z = 0.2 - 0.3$ приходится на полосу В. На другой день эмиссионный скачок исчез (точка 4 на рис. 3). Если этот скачок рекомбинационный, тогда по скорости рекомбинации (1 день) можно оценить электронную концентрацию $N_e \approx 3 \cdot 10^7 \text{ см}^{-3}$.

Внегалактическая природа объектов типа BL Lac (по крайней мере некоторых) в настоящее время не вызывает сомнений. По величине красного смещения они занимают промежуточное положение между сейфертовскими галактиками и квазарами: для B2 1101+38, например, $z = 0.031$ (Ульрих и др., 1975), а для PKS 0735+17 $z = 0.42$ (Карсвелл и др., 1974). Такие же красные смещения имеют и N-галактики. По характеру оптической переменности объекты типа BL Lac также не отличаются от квазаров и "квазароподобных объектов", даже по амплитуде переменности – максимальная амплитуда $6^m.7$ наблюдалась у квазара

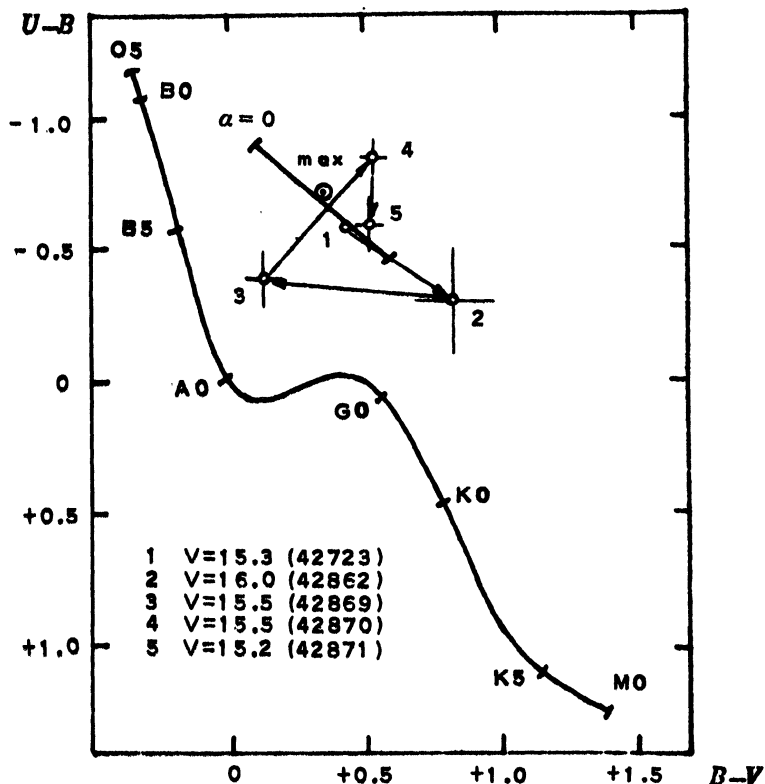


Рис. 3. Положение OJ 287 на двухцветной диаграмме (U–B) – (B–V) в максимуме и минимуме (точка 2) блеска и во время вспышки 31 марта/1 апреля 1976 года (точка 3).

ЗС 279 (Ичус и Лиллер, 1975). Таким образом, и квазары, и сейфертовские галактики, и N-галактики, и "лацертиды" можно отнести к одному классу – объектов с центральными компактными источниками переменного нетеплового (или квазитеплового) излучения. Индивидуальные различия объясняются, в основном, мощностью этого источника.

Таблица 3.

JD 24...	V	B	U	B - V	U - B
41301.526	12.42	12.75	12.04	+0.33	-0.71
312.543	12.41	12.77	12.07	+0.36	-0.70
336.483	12.30	12.66	11.94	+0.36	-0.72
391.501	12.76	13.10	—	+0.34	—
393.336	12.66	13.01	12.30	+0.35	-0.71
394.284	12.73	13.07	12.39	+0.34	-0.68
418.274	13.20	13.59	—	+0.39	—
420.319	13.56	13.92	13.21	+0.36	-0.71
426.321	13.63	14.00	13.29	+0.37	-0.71
448.309	13.31	13.60	12.88	+0.29	-0.72
681.425	13.06	13.37	12.65	+0.31	-0.72
682.535	13.00	13.32	12.61	+0.32	-0.71
684.496	12.85	13.14	12.42	+0.29	-0.72
685.340	12.86	13.17	12.41	+0.31	-0.76
686.406	12.92	13.23	12.52	+0.31	-0.71
750.370	13.71	14.06	13.26	+0.35	-0.80
769.372	13.68	14.01	13.27	+0.33	-0.74
770.342	13.65	13.97	13.20	+0.32	-0.77
772.308	13.67	13.99	13.21	+0.32	-0.78
773.311	13.67	13.99	13.22	+0.32	-0.75
774.308	13.66	14.01	13.25	+0.35	-0.76
775.332	13.71	14.09	13.38	+0.38	-0.71
776.353	13.72	14.08	13.43	+0.36	-0.65
777.277	13.69	14.06	13.34	+0.37	-0.72
778.344	13.74	14.13	13.43	+0.39	-0.70
803.319	14.01	14.36	13.59	+0.35	-0.77
806.285	14.06	14.37	13.69	+0.31	-0.68
42097.453	15.32	15.80	15.20	+0.48	-0.60
127.376	15.17	15.56	15.00	+0.39	-0.56
148.338	15.27	15.63	15.10	+0.36	-0.53
162.303	15.20	15.55	14.80	+0.35	-0.75
423.457	14.79	15.17	14.37	+0.38	-0.80
476.396	15.22	15.57	14.94	+0.35	-0.63
489.398	15.28	15.55	14.77	+0.27	-0.78
507.292	14.99	15.34	14.71	+0.35	-0.63
518.284	15.24	15.54	14.84	+0.30	-0.70
535.288	15.35	15.71	15.15	+0.36	-0.56
543.300	15.16	15.58	14.79	+0.42	-0.79
723.554	15.56	15.88	15.29	+0.32	-0.59
862.321	16.04	16.87	16.57	+0.83	-0.30
869.292	15.52	15.65	15.27	+0.13	-0.38
870.328	15.49	16.03	15.18	+0.54	-0.85
871.328	15.28	15.76	15.27	+0.48	-0.49
872.335	15.23	15.80	15.11	+0.57	-0.69

Литература:

- Адам и др., 1972 – Adam G., Floquet M., Marchal J., Schneider M., *Comptes rendus h. des Sciences de l'Acad. Sci., Paris*, 274, 201.
 Баско М.М., и Лютый В.М., 1976 – Письма в АЖ (в печати).
 Белоконов и др., 1976 – Belokon' E.T., Babadzhanjants M.K., Lyuty V.M., *Astron. and Aph.*, (in press).
 Блейк, 1970 – Blake G.M., *Ap. Letters* 6, 201.
 Вильямс и др., 1972 – Williams W.L., Rich A., Kupferman P.N., Jonson J.A., Hiltner W.A., *ApJ* 174, L63.

- Гаген-Торн В.А., 1976 – Ученые записки ЛГУ (в печати).
- Ичус и Лиллер, 1975 – Eachus L.J., Liller W., ApJ 200, L61.
- Карсвелл и др., 1974 – Carswell R.F., Strittmatter P.A., Williams R.E., Kinman T.D., Serkowski K., ApJ 190, L101.
- Кикучи и др., 1973 – Kikuchi S., Tabara H., Mikami Y., Kawano N., Kawajiri N., Ojima T., Tomino K., Daishido T., Konno M., PAS Japan 25, 555.
- Кинман и др., 1974 – Kinman T.D., Wardle J.F.C., Conclin E.K., Andrew B.H., Harvey G.A., Macleod J.M., Medd W.J., AJ 79, 349.
- Кинман, 1975 – Kinman T.D., in "Var.Stars and Stellar Evolution", IAU Symp. No 67, p. 573, Dordrecht – Boston.
- Курочкин Н.Е., 1971 – АЦ № 654.
- Лютый В.М., 1972, АЦ № 708.
- Мак-Джимси и др., 1975 – McGimsey B.Q., Smith A.G., Scott R.L., Leacock R.J., Edwards P.L., Hackney R.L., Hackney K.R., AJ 80, 895.
- Пенстон и Уинг, 1973 – Penston M.V., Wing R.F., Observatory 93, 149.
- Смит и др., 1975 – Smith A.G., Scott R.L., Leacock R.J., McGimsey B.Q., Edwards P.L., PASP 87, 149.
- Ульрих и др., 1975 – Ulrich M.-H., Kinman T.D., Lynds C.R., Rieke G.?, Ekers R.D., ApJ 198, 261.
- Фролих и др., 1974 – Frolich A., Goldsmith S., Weistrop D., MN 168, 417.

Крымская станция ГАИШ

*Поступила в редакцию
7 июня 1976 г.*