

УДК : 524.3 : 520.85

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ OJ 287 В  
1983-1991 ГГ.

В.А.ГАГЕН-ТОРН, А.И.ГАТАУЛЛИНА

Поступила 24 июня 1991

Принята к печати 15 августа 1991

Приводятся результаты поляриметрических наблюдений блазара OJ 287, выполненных в 1983-1991 гг. Показано, что в интервале J.D. 2445782-794 поляризационное и фотометрическое поведение объекта определяется эволюцией единственного активного источника, переменного по потоку, но с постоянными параметрами поляризации ( $p \approx 35\%$ ,  $\theta_0 \approx 163^\circ$ ).

*1. Введение.* Блазар OJ 287 является одним из наиболее активных объектов этого класса. Высокая степень поляризации в оптике и быстрая ее переменность неоднократно отмечались многими наблюдателями (см., например, обзоры [1-3]). Поведение OJ 287 во время сильной вспышки 1971-72 гг. и последующего падения блеска детально изучено нами в работе [4]. В 1983г. произошла еще одна сильная вспышка объекта, и мы возобновили его поляризационные наблюдения. Хотя в литературе и имеются сведения о поляризационном поведении OJ 287 во время этой вспышки [5-7], мы считаем небезынтересным опубликовать полученные нами в 1983-1991гг. данные.

*2. Аппаратура и методика наблюдений.* Все наблюдения выполнены с модифицированным одноканальным электрофотометром-поляриметром АФМ-6, установленным в кассегреневском фокусе рефлектора АЗТ-14 (D=480 мм) Бюраканской станции Астрономической обсерватории Ленинградского университета [8]. Приемником излучения служил ФЭУ-79 с мультищелочным катодом ( $\lambda_{эфф} = 0.51$  мкм при наблюдениях без фильтра для излучения, интенсивность которого не зависит от длины волны). Наблюдения OJ 287 велись с диафрагмами  $26.7$  (d3) и  $18.8$  (d1) без фильтров.

В основе методики наблюдений лежит быстрое многократное сравнение потоков при положениях анализатора, отличающихся на  $90^\circ$ . Использовались формулы Пиккеринга, так что исходные положения угла составляли  $0^\circ$  и  $45^\circ$ .

Для определения каждого из относительных параметров Стокса  $P_0$  и  $P_{45}$  делалось по четыре отсчета (два при значении угла  $\alpha$  и два при значении угла

$\alpha + 90$ ), восемь отсчетов составляли серию. До и после каждых двух серий для объекта наблюдался фон (по одной серии). Данные для фона линейно интерполировались на момент наблюдения объекта и вычитались из данных на объект + фон.

Инструментальная поляризация, определявшаяся по стандартным звездам, не превышала 0.3%. Нуль-пункт отсчета углов находился по наблюдениям звезд с большой поляризацией. Ошибки оценивались из внутренней сходимости серий (как правило, их делалось четыре) по стандартным формулам

$$\sigma_p = \sqrt{\left[ \sum_{i=1}^N (p_i b - \bar{p}_0)^2 + \sum_{i=1}^N (p_i 45 - \bar{p}_{45})^2 \right] / N(N-2)},$$

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_p}{P} \cdot 28^{\circ}.6 \quad (N - \text{число серий}).$$

**3. Результаты наблюдений.** Результаты наблюдений приведены в табл. 1, столбцы которой содержат: дату наблюдения (1), момент наблюдения в юлианских днях (2), степень поляризации и ее ошибку (3), направление поляризации и его ошибку (4), диаметр использованной при наблюдениях диафрагмы фотометра (5), отношение потока от объекта к потоку от фона неба (6), количество серий в наблюдении (7). В столбце (8) приведены оценки блеска в поле  $B$  на дату наблюдения. Они взяты из составленной одним из авторов сводной кривой блеска OJ 287, основанной в значительной степени на фотоэлектрических оценках. Интерполированные данные заключены в скобки.

Таблица 1

## РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ OJ 287

Дата	JD 2440000+	$p \pm \sigma_p$ %	$\theta_0 \pm \sigma_{\theta_0}$ (град)	$d$	$\frac{I_{об}}{I_{ф}}$	$N$	$B$
1	2	3	4	5	6	7	8
1983 г.							
8 - 9.2	5374.29	15.2±1.3	107±2	3	0.7	4	13 <sup>m</sup> .97
7 - 8.3	5401.29	10.5 0.4	99 1	3	0.9	2	14 .07
31.3 - 1.4	5425.24	7.6 0.7	130 3	3	1.2	4	13 .99
7 - 8.4	5432.38	11.4 0.9	127 2	3	0.7	4	14 .09
12 - 13.4	5437.35	16.6 0.8	121 1	3	0.8	4	14 .09
13 - 14.4	5438.30	16.2 1.1	117 2	3	0.8	4	13 .97

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
14 - 15.4	5439.33	18.4±1.7	119±3	3	0.9	4	14 <sup>m</sup> .26
9 - 10.5	5464.27	21.8 0.9	108 1	3	0.7	4	14 .35
1984г.							
3 - 4.1	5703.48	6.4 1.1	149 5	3	0.6	4	15 .05
9 - 10.1	5709.54	12.0 1.6	110 4	3	0.4	4	(15 .08)
24 - 25.2	5755.37	11.7 1.2	68 3	3	0.7	4	14 .47
25 - 26.2	5756.31	5.1 0.9	81 5	3	0.7	6	14 .48
5 - 6.3	5765.37	26.0 1.1	172 1	3	0.9	4	14 .02
22 - 23.3	5782.35	28.8 1.1	160 1	3	0.6	5	14 .69
28 - 29.3	5788.37	26.6 0.7	159 1	3	0.7	3	14 .24
29 - 30.3	5789.37	25.2 1.1	156 1	3	0.6	4	14 .98
30 - 31.3	5790.38	17.4 1.5	152 2	3	0.3	4	15 .09
31.3 - 1.4	5791.38	16.1 1.3	152 2	1	0.5	5	15 .18
3 - 4.4	5794.32	20.0 1.4	147 2	1	1.1	4	(15 .06)
4 - 5.4	5795.38	25.4 1.2	135 1	1	0.7	4	15 .02
1985г.							
23 - 24.2	6120.40	19.3 1.7	1 3	3	0.3	4	(15 .90)
14 - 15.3	6139.27	14.8 2.3	140 5	3	0.3	4	15 .88
17 - 18.4	6173.32	8.4 2.4	125 8	1	0.6	4	15 .43
18 - 19.4	6174.34	9.4 1.0	110 3	1	0.7	5	15 .21
15 - 16.11	6385.57	9.6 3.6	144 3	1	0.2	4	(16 .75)
17 - 18.11	6387.55	14.3 3.3	12 7	1	0.3	4	(16 .64)
8 - 9.11	6408.50	13.1 1.3	3 3	1	0.5	8	(15 .81)
9 - 10.12	6409.49	8.9 0.9	9 3	1	0.6	4	(15 .81)
1986г.							
12 - 13.4	6533.33	11.6 2.4	141 6	1	0.3	4	(16 .28)
1 - 2.5	6552.32	9.4 2.4	126 7	1	0.3	2	16 .20
1987г.							
20 - 21.2	6847.39	11.3 3.1	107 8	1	0.4	2	(16 .04)
21 - 22.2	6848.40	11.2 2.4	120 6	1	0.3	4	16 .05
29 - 30.3	6884.42	9.8 1.4	105 4	1	0.4	7	16 .27
21 - 22.4	6907.25	32.1 1.8	84 2	1	0.4	4	16 .14
22 - 23.4	6908.25	26.4 2.1	86 2	1	0.4	4	16 .21
26 - 27.4	6912.26	26.7 0.9	82 1	1	0.5	4	16 .18
27 - 28.4	6913.29	33.0 2.5	81 2	1	0.4	4	15 .89
28 - 29.4	6914.28	28.4 2.5	78 3	1	0.4	4	16 .23
1988г.							
18 - 19.1	7179.37	11.3 2.2	105 6	1	0.3	6	16 .31

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
14 - 15.3	7235.25	8.8±4.2	128±14	1	0.2	4	(16 <sup>m</sup> .17)
8 - 9.4	7260.29	6.8 1.7	18 7	1	0.2	4	16 .68
9 - 10.5	7291.29	18.3 3.3	1 5.	1	0.1	4	16 .82
1989г.							
4 - 5.3	7590.45	6.4 3.6	143 16	1	0.2	4	16 .17
5 - 6.3	7591.36	11.2 3.5	144 9	1	0.2	4	16 .23
5 - 6.4	7622.34	8.0 4.2	130 15	1	0.1	6	16 .85
1991г.							
5 - 6.4	8352.32	6.9 1.7	106 7	1	0.3	4	°
7 - 8.4	8354.30	7.3 1.8	104 7	1	0.5	4	16 .26
10 - 11.4	8357.31	13.3 2.5	100 5	1	0.4	2	°

4. *Обсуждение результатов.* Детальное обсуждение поведения OJ 287 во время вспышки 1983 г. и последующего падения блеска будет дано в другой работе. Здесь отметим только, что, как и во вспышке 1971-72гг., при максимальном блеске не наблюдалось предельно больших значений степени поляризации. Наиболее высокая поляризация была в 1987г. при блеске  $B \approx 16^m$ , а также в марте-апреле 1984 г. при блеске, падавшем от  $B \approx 14^m.5$  до  $B \approx 15^m$ . Интересно отметить, что направление поляризации в эти периоды было довольно стабильным, но почти противоположным.

Особенно быстрых изменений параметров поляризации как будто бы нет, хотя в отдельных случаях и имеются различия, достигающие нескольких процентов и  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  для соседних дат. В целом изменения в пределах новолуния довольно плавные. Исключение составляет февральско-мартовское новолуние 1984 г., когда наблюдения, разделенные интервалом в 9 дней, показывают существенно разную степень поляризации, причем при противоположном ее направлении.

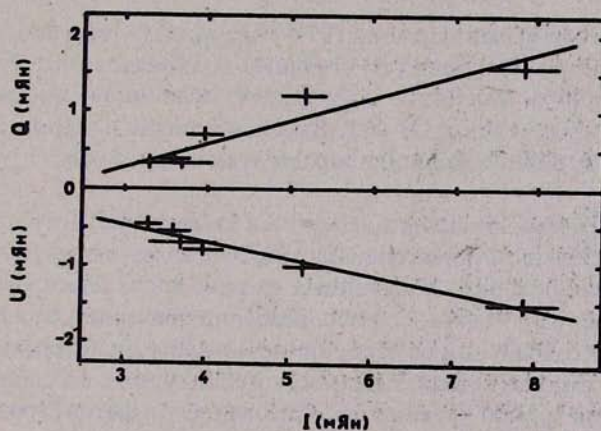
Детальное изучение следующих затем наблюдений (в интервале JD2445782 -794) показывает, что это изменение, по-видимому, связано с появлением нового переменного источника с высокой степенью поляризации. В самом деле, применение разработанной нами [9] методики выделения отдельных источников поляризованного излучения показывает, что в это время поляризованное и фотометрическое поведение OJ 287 определялось некоторым источником с переменным потоком, но постоянными параметрами поляризации. Как показано в [9], в этом случае в пространстве параметров Стокса {I, Q, U} точки, соответствующие наблюдениям, должны лежать на прямой, направляющие тангенсы которой дают относительные параметры Стокса этого

ИСТОЧНИКА.

Таблица 2

## ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ИСТОЧНИКА

JD 2440000+	$B$	$p$ (%)	$\theta_0$ (град)	$p_x$ (%)	$p_y$ (%)	$I$ (мЯн)	$Q$ (мЯн)	$U$ (мЯн)
5782	14 <sup>m</sup> .69	28.8	160	22.1	-18.5	5.19	1.15	-0.96
5788	14 .24	26.6	159	19.8	-17.8	7.85	1.55	-1.40
5789	14 .98	25.2	156	16.9	-18.7	3.97	0.67	-0.74
5790	15 .09	17.4	152	9.7	-14.4	3.59	0.35	-0.52
5791	15 .18	16.1	152	9.0	-13.3	3.30	0.30	-0.44
5794	15 .06	20.0	147	8.1	-18.2	3.69	0.30	-0.67

Рис.1. Сопоставление параметров Стокса для интервала JD 2445782-794 (ошибки указаны на уровне  $1\sigma$ ).

Необходимые для этого анализа данные собраны в табл.2, где для вышеуказанного интервала JD даются параметры поляризации, блеск и найденные по этим данным абсолютные параметры Стокса в мЯн (для перехода от величин  $B$  к потокам использовалась калибровка из работы [7] и предполагалось, что параметры поляризации OJ 287 не зависят от длины волны, что обычно имеет место [6,7]).

Графически результаты представлены на рис.1. Видно, что связь между параметрами Стокса может быть достаточно хорошо представлена линейными зависимостями. Поэтому можно считать, что поляризационное и фотометрическое поведение OJ 287 в период JD 2445782-794, действительно, определялось эволюцией единственного переменного по потоку источника с постоянными параметрами поляризации.

Уравнения прямых, найденные методом ортогональной регрессии, следующие:

$$Q = 0.291 I - 0.62, \\ \pm 0.040$$

$$U = -0.199 I + 0.13, \\ \pm 0.020$$

так что относительные параметры Стокса для переменного источника и их ошибки на уровне  $1\sigma$  таковы:  $p_x^{var} = 29.1\% \pm 4.0\%$ ,  $p_y^{var} = -19.9\% \pm 2.0\%$ . Отсюда  $p^{var} = 35.3\% \pm 4.5\%$ ,  $\theta_o^{var} = 163^0 \pm 3^0$ .

Напомним, что во время вспышки 1971-72 гг. нами [4] был выделен источник поляризованного излучения со степенью поляризации  $p = 42.8\%$ . Возможно, что  $p \approx 40\%$  является характерной величиной для источников поляризованного излучения у OJ 287. Высокая степень поляризации свидетельствует в пользу синхротронной природы этих источников.

**5. Заключительные замечания.** Отметим в заключение, что наши данные, полученные на небольшом телескопе, неплохо согласуются с результатами поляризационных наблюдений, полученных на телескопах более крупных [7], хотя ошибки у нас, разумеется, больше, особенно при малом блеске объекта. Однако детальных совпадений по времени (день в день) с наблюдениями работ [5-7] немного, и это увеличивает ценность публикуемых здесь наблюдений для восстановления полной картины поляризованного и фотометрического поведения OJ 287.

## POLARIMETRIC OBSERVATIONS OF OJ 287 IN 1983-1991

V.A.HAGEN-THORN, A.I.GATAULLINA

The results of polarimetric observations of blazar OJ 287 carried out in 1983-1991 are given. The polarimetric and photometric behaviour of the object in JD 2445782 -794 is shown to be determined by the evolution of a single active source with variable flux and constant polarization parameters ( $p \approx 35\%$ ,  $\theta_0 \approx 163^\circ$ ).

## Литература

1. В.А.Гаген-Торн, *Астрофизика*, 10, 127, 1974.
2. J.R.P. Angel, H.S. Stockman, *Ann.Rev.Astron.and Astrophys.*, 18, 321, 1980.
3. В.А.Гаген-Торн, *Тр. АО ЛГУ*, 42, 5, 1989.
4. V.A.Hagen-Thorn, *Astrophys.Space Sci.*, 73, 263, 1980.
5. P.A.Holmes, P.W.J.L.Brand, C.D.Impey et al., *Mon.Notic.Roy.Astron.Soc.*, 211, 497, 1984.
6. M.L.Sitko, G.D.Schmidt, W.A.Stein, *Astrophys.J.Suppl.Ser.*, 59, 323, 1985.
7. P.S.Smith, T.J.Balonek, R.Elston, P.A.Heckert, *Astrophys.J.Suppl.Ser.*, 64, 459, 1987.
8. В.А.Домбровский, В.А.Гаген-Торн, С.М.Гуткевич и др., *Тр.АО ЛГУ*, 22, 83, 1965.
9. В.А.Гаген-Торн, *Тр.АО ЛГУ*, 36, 20, 1981.