

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ И ПОЛЯРИЗАЦИОННОЕ  
ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХ ОБЪЕКТОВ ТИПА BL Lac

С. Г. МАРЧЕНКО

Поступила 17 апреля 1984

Принята к печати 3 ноября 1984

Приводятся результаты поляризационных и фотометрических наблюдений лацертидов ОI 090.4 за 1979—1982 гг. и В2 1418+54 за 1980—1982 гг. Для обоих объектов отмечено наличие переменности на временной шкале от нескольких лет до нескольких дней. Сопоставление поляризационных параметров свидетельствует о существовании преимущественного направления поляризации как для В2 1418+54 ( $\theta_0 = 120^\circ$ ), так и для ОI 090.4 ( $\theta_0 = 50^\circ$ ), что говорит об устойчивом магнитном поле. Для ОI 090.4 наблюдается некоторая зависимость параметров поляризации от длины волны.

1. *Введение.* С 1968 г. в Астрономической обсерватории Ленинградского университета ведется программа фотометрического и поляризационного исследования объектов типа BL Lac (лацертидов). Характерным свойством этих объектов является значительная переменность блеска, достигающая в оптике нескольких звездных величин. При внегалактической природе лацертидов, которая в настоящее время признается всеми, это свидетельствует о происходящих в них огромных энергетических изменениях. Излучение объектов типа BL Lac линейно поляризовано в радио, инфракрасном и оптическом диапазонах, причем параметры поляризации сильно переменны [1]. В настоящей статье приводятся результаты фотометрических и поляризационных наблюдений лацертидов В2 1418+54 и ОI 090.4.

В 1977 г. радиоисточник В2 1418+54 (ОQ 530) был отождествлен Кюром [2] с голубым звездообразным объектом  $15^m 0$ . Спектр объекта был подробно исследован в работе [3]. Это типичный спектр лацертида. Оптическая переменность В2 1418+54 была изучена Миллером [4] по пластинкам Гарвардской стеклянной коллекции. Амплитуда изменения блеска в цвете  $B$  за период с 1890 г. по 1977 г. оказалась около  $5^m 0$ . По данным работ [5, 6] линейная поляризация излучения в оптике изменяется от 0 до 24%.

Радиосточник с плоским спектром ОI 090.4 был отождествлен со звездобразным объектом с высокой линейной поляризацией по данным фотографической поляриметрии [7]. Исследованный впоследствии оптический спектр объекта оказался чисто непрерывным. Зекл и др. [8] изучили фотометрическое поведение ОI 090.4 за период с 1901 г. по 1980 г. по архивным пластинкам Гейдельбергской обсерватории и нашли, что амплитуда изменения блеска в цвете  $B$  составляет около  $2^m$ . Переменность оптической поляризации, отмеченная уже Тапиа и др. [7], была подтверждена в нескольких работах [9—11].

2. *Результаты наблюдений.* В АО ЛГУ объекты В2 1418+54 и ОI 090.4 наблюдаются с 1979 г. Часть результатов для первого из них уже опубликована [6]. В табл. 1 приведены результаты фотографических оценок блеска этих объектов в цвете  $B$ . Наблюдения проводились на телескопе АСТ-453 ( $D = 453$  мм) Бюраканской станции АО ЛГУ. Каждая оценка блеска есть результат усреднения данных двух-трех пластинок. Звездные величины звезд сравнения для В2 1418+54 были определены в 1979 г. фотографической привязкой к области объекта ОJ 287. Но в 1980 г. в связи с тем, что В2 1418+54 ослабел, последовательность звезд сравнения была дополнена более слабыми звездами. Для привязки использовалась область объекта ЗС 351, в которой имеется последовательность звезд сравнения [12]. Хотя величины звезд сравнения, определенные в 1979 г. и 1980 г. оказались в удовлетворительном согласии, тем не менее, как всегда в случае фотографической привязки, они являются предварительными. Для объекта ОI 090.4 фотоэлектрические величины звезд сравнения взяты из работы [13].

В табл. 2 приведены результаты поляризационных измерений В2 1418+54 и ОI 090.4, выполненные на телескопе АЗТ-14 ( $D = 480$  мм) Бюраканской станции АО ЛГУ с электрополяриметром АФМ-6 [14]. Методика наблюдений и обработки описывалась неоднократно (см., например, [15]). Наблюдения проводились без фильтра. Ошибки в значениях степени поляризации и ее направления найдены из внутренней сходимости отдельных серий наблюдений, число которых указано в последнем столбце. В столбце 5 дается отношение потока от объекта к потоку от фона неба  $n_o/n_\phi$  для диафрагмы, с которой выполнялось наблюдение. Размер этой диафрагмы указан в столбце 6 (1—18."8, 3—26."7).

3. *Обсуждение результатов.* Из рассмотрения табл. 1 следует, что амплитуда изменения блеска В2 1418+54 и ОI 090.4 за указанный период составляет около  $1^m.5$ . Объект В2 1418+54 в основном был слабее  $16^m.0$ , в то время, как в 1979 г. его минимальный блеск составил  $16^m.1$  (здесь и далее, когда речь идет о наших наблюдениях В2 1418+54 в

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ФОТОМЕТРИИ

Дата	JD 2440000+	B	Дата	JD 2440000+	B
B2 1418+54			22/23. 7	4808.29	16.45
1980 г.			21/22. 8	4838.25	16.50
11/12. 2	4281.48	15.93	28/29. 8	4845.24	16.37
12/13. 2	4282.50	15.89	29/30. 8	4846.24	16.18
23/24. 2	4293.50	16.31	31/ 1. 9	4848.23	16.08
19/20. 3	4318.44	16.46	1982 г.		
20/21. 3	4319.43	16.53	4/ 5. 1	4974.60	16.28
12/13. 4	4342.31	16.64	19/20. 1	4989.51	16.53
19/20. 4	4349.36	16.37	23/24. 1	4993.55	15.84
4/ 5. 5	4364.27	16.42	26/27. 2	5027.48	16.60
15/16. 5	4375.28	15.89	26/27. 3	5055.41	16.16
7/ 8. 6	4398.25	16.29	27/28. 3	5056.44	16.09
8/ 9. 6	4399.37	16.11	29/30. 3	5058.39	15.86
10/11. 6	4401.31	16.06	13/14. 4	5073.31	15.90
11/12. 6	4402.30	15.83	19/20. 4	5079.33	15.86
20/21. 6	4411.38	15.96	22/23. 4	5082.38	16.32
4/ 5. 7	4425.32	16.82	20/21. 5	5110.35	15.97
13/14. 7	4434.39	17.0	28/29. 5	5118.48	15.70
19/20. 7	4440.34	17.0	9/10. 6	5130.26	16.39
6/ 7. 8	4458.22	16.42	13/14. 6	5134.31	16.40
7/ 8. 8	4459.21	15.92	15/16. 6	5136.28	16.43
14/15. 8	4466.21	15.80	20/21. 6	5141.36	16.50
16/17. 8	4468.23	15.96	22/23. 6	5143.29	16.70
30/31. 8	4482.19	16.52	10/11. 7	5161.29	16.22
4/ 5. 9	4487.18	16.94	13/14. 7	5164.29	16.49
12/13. 9	4495.16	17.0	14/15. 7	5165.28	16.47
17/18.12	4591.60	16.00	11/12. 8	5193.28	16.20
			13/14. 8	5195.27	16.08
			16/17. 8	5198.26	16.66
1981 г.			OI 090.4		
8/ 9. 1	4613.60	16.42	1979 г.		
6/ 7. 4	4701.53	15.90	20/21.12	4228.41	14.68
28/29. 5	4753.36	15.43	21/22.12	4229.41	15.19
29/30. 5	4754.42	15.32	1980 г.		
7/ 8. 6	4763.36	15.67	15/16. 1	4254.41	15.50

Таблица 1 (окончание)

Дата	JD 2440000+	<i>B</i>	Дата	JD 2440000+	<i>B</i>
11/12. 2	4281.29	15.40	25/26.11	4934.51	15.69
12/13. 2	4282.38	15.69	30/ 1.12	4939.51	15.65
21/22. 5	4291.40	15.07	20/21.12	4959.44	16.00
6/ 7. 3	4305.24	15.38	1982 г.		
9/10. 3	4308.29	15.83	1/ 2. 1	4971.46	15.68
19/20. 3	4318.33	15.20	15/16. 1	4985.34	15.71
12/13. 4	4342.18	15.75	17/18. 1	4987.36	15.82
18/19.10	4531.56	15.37	18/19. 1	4988.36	16.03
3/ 4.11	4547.53	15.72	19/20. 1	4989.30	16.03 <sup>3</sup>
4/ 5.11	4548.54	15.64	20/21. 1	[4990.35	15.93
1/ 2.12	4575.45	15.88	23/24. 1	4993.38	15.80
7/ 8.12	4581.44	15.70	24/25. 1	4994.42	15.71
8/ 9.12	4582.46	15.84	21/22. 2	5022.33	15.45
17/18.12	4591.54	15.90	25/26. 2	5026.34	15.93
1981 г.			26/27. 2	5027.41	15.45
1/ 2. 1	4606.47	15.43	13/14. 3	5042.28	15.33
8/ 9. 1	4613.39	16.28	26/27. 3	5055.26	15.45
9/10. 1	4614.42	16.05	28/29. 3	5057.24	15.23
28/29. 1	4633.38	16.13	27/28.10	5270.50	15.52
10/11. 3	4674.39	15.86	12/13.11	5286.51	15.59
2/ 3. 4	4697.30	15.79	14/15.11	5288.55	15.40
27/28.10	4905.52	15.88	15/16.11	5289.54	15.47
6/ 7.11	4915.52	15.63	10/11.12	5314.42	15.11

1979 г., см. [6]). В июле 1980 г. блеск В2 1418+54 упал ниже 17.<sup>m</sup>0. Это самый низкий уровень блеска в цвете *B*, известный для этого объекта. В это же время наблюдалось уменьшение на 20% общего излучения в инфракрасном диапазоне [16].

В 1979 г. блеск В2 1418+54 часто изменялся очень быстро, в период же с 1980 г. по 1982 г. таких быстрых и значительных по величине изменений блеска не было. Для объекта ОI 090.4, наоборот, за указанный в табл. 1 период времени характерны быстрые и значительные по величине изменения блеска: например, в конце декабря 1979 г. блеск за один день изменился на 0.<sup>m</sup>5, в марте 1980 г. — за три дня на 0.<sup>m</sup>5, а затем за один день возрос примерно до прежнего значения.

В период с 1980 г. по 1982 г. степень линейной поляризации В2 1418+54 изменялась от 6 до 18%, то есть в меньших по сравнению с

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Дата	ID 2440000+	$(p \pm \sigma_p) \%$	$(\theta_0 \pm \sigma_{\theta_0})^\circ$	$n_{об}/n_{ф}$	$d$	Число серии
B2 1418+54						
1980 г.						
25/26. 1	4264.58	8.3±2.0	135±7	0.2	3	6
11/12. 2	4281.40	7.5 1.8	177 7	0.35	1	4
23/24. 2	4293.49	16.9 1.5	75 3	0.4	1	4
20/21. 3	4319.34	16.7 2.8	138 5	0.2	1	2
12/13. 4	4342.33	15.7 2.3	93 4	0.15	1	4
15/16. 5	4375.27	12.4 2.6	106 5	0.3	1	4
8/ 9. 6	4399.36	9.0 1.8	95 6	0.3	1	6
10/11. 6	4401.33	6.0 1.7	108 8	0.2	3	5
11/12. 6	4402.31	9.9 1.1	101 3	0.3	1	4
20/21. 6	4441.41	17.2 3.5	118 6	0.2	1	4
1981 г.						
28,29. 5	4753.34	14.0 0.9	131 2	0.8	3	4
29/30. 5	4754.36	12.5 0.8	104 2	0.6	3	4
7/ 8. 6	4763.42	5.7 1.6	120 8	0.4	3	5
1/ 2. 7	4787.35	8.4 2.2	154 7	0.5	1	4
22,23. 7	4808.29	7.0 1.6	32 7	0.3	1	4
1982 г.						
24/25. 2	5025.51	9.2 1.3	148 4	0.35	1	4
26/27. 2	5027.46	9.6 1.7	159 5	0.3	1	4
22/23. 4	5082.44	8.2 1.7	144 6	0.4	1	4
20/21. 5	5110.43	11.9 1.5	128 3	0.7	1	5
28/29. 5	5118.46	10.6 1.7	162 3	0.4	1	4
OI 090.4						
1979 г.						
21/22.12	4229.43	19.7 2.1	49 3	0.4	3	2
1980 г.						
16/17. 1	4255.41	23.8 1.7	45 2	0.2	3	4
19/20. 3	4318.39	17.5 4.5	21 7	0.2	1	4
17/18.10	4530.54	3.6 2.1	154 17	0.2	1	4
18/19.10	4531.54	4.1 1.3	17 9	0.25	1	4
1982 г.						
1/ 2. 1	4971.43	21.9 1.6	41 2	0.3	3	5
22/23. 2	5023.34	2.0 1.4	16 20	0.3	3	4
25/26. 2	5026.30	3.0 2.7	115 26	0.4	1	6
26/27. 2	5027.32	5.2 1.7	21 9	0.6	1	6

1979 г. пределах. Степень поляризации ОI 090.4 с конца 1979 г. по 1982 г. изменялась от 2 до 24%, что соответствует интервалу изменения, указанному в работе [7].

Для объекта В2 1418+54 по данным 1979 г. мы отмечали возможную зависимость между степенью поляризации и блеском, а именно: с возрастанием блеска степень поляризации увеличивалась. Наши дальнейшие наблюдения не противоречат этому, но кроме того указывают на возможное возрастание степени поляризации и при значительном уменьшении блеска. Рис. 1 дает зависимость между степенью поляризации и блеском для В2 1418+54. Здесь нанесены результаты всех наших наблюдений

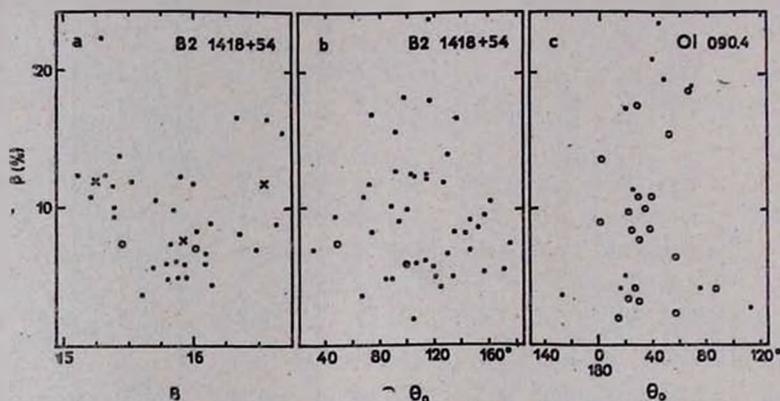


Рис. 1. а) Зависимость степени поляризации от блеска для В2 1418+54. б) Связь между степенью поляризации и ее направлением для В2 1418+54. в) Связь между степенью поляризации и ее направлением для ОI 090.4.

(точки) и данные, найденные в литературе (жружки) [10]. Из рассмотрения рис. 1 следует, что при увеличении блеска объекта от  $15^m.5$  до  $15^m.0$  поляризации возрастает, когда же видимая величина объекта находится в интервале  $15^m.5$ — $16^m.0$ , поляризация, как правило, не превышает 10%. При дальнейшем падении блеска, когда объект становится слабее  $16^m.0$ , поляризация снова возрастает (на рис. 1 крестиками отмечены средние значения степени поляризации для интервалов блеска  $15^m.0$ — $15^m.5$ ,  $15^m.5$ — $16^m.25$  и  $16^m.25$ — $17^m.0$ ).

Мы уже отмечали [6], что в 1979 г. у В2 1418+54 при высокой степени поляризации наблюдалось преимущественное ее направление. На рис. 2 изображена зависимость между степенью поляризации и позиционным углом (обозначения те же, что и на рис. 1). Из этого графика следует, что высокая степень поляризации имеет место лишь при значениях

угла  $\theta_0 = 120^\circ$ , в то время как весь интервал изменения направления поляризации очень широк ( $30^\circ - 180^\circ$ ).

Совместное рассмотрение рис. 1 и 2 позволяет предположить у В2 1418+54 существование постоянно действующего источника поляризованного излучения с направлением около  $120^\circ$ . На этот источник могут накладываться источники с другими направлениями поляризации, что должно уменьшить суммарную степень поляризации. Кажется, такая картина и наблюдается, когда блеск объекта находится в интервале от  $15^m.5$  до  $16^m.0$ . Тогда увеличение степени поляризации с возрастанием блеска можно объяснить увеличением блеска постоянно действующего поляризованного источника, а увеличение степени поляризации при падении блеска ниже  $16^m.0$ , возможно, связано с уменьшением числа поляризованных источников. Следует отметить, что в [17] уже выдвигалось предположение, что у OJ 287, по-видимому, имеется постоянно действующий поляризованный источник с определенным направлением поляризации, и считалось, что с большой вероятностью переменность полного излучения лацертиды можно связать с переменностью компонентов, дающих поляризованное излучение.

Для объекта OI 090.4 также можно говорить о существовании преимущественного направления поляризации при высокой ее степени (см. рис. 3, обозначения на котором те же, что и на рис. 2). Рис. 3 позволяет предположить, что высокая степень поляризации имеет место лишь при значениях позиционного угла около  $50^\circ$ .

Как уже указывалось выше, излучение лацертидов в ИК-диапазоне поляризовано, поэтому сопоставление параметров поляризации в различных диапазонах крайне интересно. Для объекта OI 090.4 такое сопоставление проводилось в [10, 18]. По данным работы [18] в направлении поляризации в оптике и ИК-диапазоне существует разница, составляющая около  $30^\circ$ , однако согласно Пушелу и Стейну [10], если такое отличие имеется, то оно не превышает  $10^\circ$ . По счастливой случайности наши наблюдения OI 090.4 в декабре 1979 г. выполнялись практически одновременно с поляризационными наблюдениями авторов работы [16], которые исследовали этот объект в полосах H и K. Из сопоставления этих данных (см. табл. 3) видно, что при переходе из оптического диапазона в инфракрасный степень поляризации уменьшается, а изменение позиционного угла, если оно имеется, не превышает  $10^\circ$ .

Для объекта В2 1418+54 также можно попробовать провести сопоставление поляризационных параметров в оптике с результатами той же работы [16]. Но в этом случае даты наблюдений различаются на 8 дней (см. табл. 4), что существенно при переменности, свойственной В2 1418+54, поэтому сопоставление носит характер грубой оценки. Рассмотрение

табл. 4 позволяет предположить, что с уменьшением длины волны степень поляризации несколько увеличивается, а позиционный угол практически не меняется.

Таблица 3  
ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ  
ОІ 090.4 ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

Дата	$d''$	$\lambda$ (мкм)	$(p \pm \sigma_p) \%$	$(\theta_0 \pm \sigma_{\theta_0})^\circ$
21.12.79	10	2.28	$8.8 \pm 2.6$	$41 \pm 8.4$
21.12.79	10	1.65	11.7 1.2	$39 \pm 3.0$
21/22.12.79	26.7	0.53	19.7 2.1	$49 \pm 3$

Таблица 4  
ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ  
В2 1418+54 ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

Дата	$d''$	$\lambda$ (мкм)	$(p \pm \sigma_p) \%$	$(\theta_0 \pm \sigma_{\theta_0})^\circ$
20.4.80	15	2.28	$9.2 \pm 3.4$	$89 \pm 18$
20.4.80	15	1.65	9.7 6.1	76 18
12/13.4.80	18.6	0.53	15.7 2.3	93 4

4. *Заключение.* В результате анализа данных фотографических и поляризационных наблюдений объектов В2 1418+54 и ОІ 090.4 можно сделать следующие выводы:

а) Обоим объектам свойственна значительная оптическая переменность блеска на временной шкале от нескольких лет до нескольких суток.

б) И В2 1418+54, и ОІ 090.4 присуща большая по величине и переменная линейная поляризация. Высокая степень поляризации требует в рамках синхротронной модели высокой однородности магнитного поля в области образования оптического излучения.

в) У обоих лацертидов отмечена зависимость между степенью поляризации и позиционным углом, которая говорит в пользу присутствия в излучении этих объектов постоянно действующего поляризованного источника.

г) У ОІ 090.4, возможно, имеется слабая зависимость параметров поляризации от длины волны.

Автор благодарен В. А. Гаген-Торну за критические замечания при обсуждении результатов наблюдений и помощь при подготовке статьи.

PHOTOMETRIC AND POLARIMETRIC INVESTIGATIONS  
OF TWO BL LAC-TYPE OBJECTS

S. G. MARCHENKO

The results of photometric and polarimetric observation of BL Lac-type objects OI 090.4 in 1979—1982 and B2 1418+54 in 1980—1982 are given. The brightness and polarization variability for both objects on time scales from several years to several days are observed. The comparison of polarization parameters suggests the existence of preferable direction of polarization for both B2 1418+54 ( $\theta_0 = 120^\circ$ ) and OI 090.4 ( $\theta_0 = 50^\circ$ ). Some wave-length dependence of polarization parameters for OI 090.4 is found.

## ЛИТЕРАТУРА

1. J. R. P. Angel, H. S. Stockman, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 18, 321, 1980.
2. H. Kühr, *Astron. Astrophys.*, Suppl. ser., 29, 139, 1977.
3. S. L. O' Dell, J. J. Puschell, W. A. Stein, F. Owen, R. W. Porcas, S. Mufson, T. J. Moffett, M.-H. Ulrich, *Ap. J.*, 224, 22, 1978.
4. H. R. Miller, *Ap. J.*, 223, L67, 1978.
5. E. R. Craine, R. E. Duerr, S. Tapia, *Pittsb. Conf. on BL Lac Objects*, 99, 1978.
6. С. Г. Марченко, *Письма АЖ*, 6, 564, 1980.
7. S. Tapia, E. R. Craine, M. R. Gearhart, E. Pacht, J. Kraus, *Ap. J.*, 215, L71, 1977.
8. H. Zekl, G. Klare, I. Appenzeller, *Astron. Astrophys.*, 103, 342, 1981.
9. J. R. P. Angel, T. A. Boroson, M. T. Adams, et al., *Pittsb. Conf. on BL Lac Objects*, 117, 1978.
10. J. J. Puschell, W. A. Stein, *Ap. J.*, 237, 331, 1980.
11. J. Bailey, J. H. Hough, D. J. Axon, *M. N. RAS*, 203, 339, 1983.
12. R. J. Angione, *A. J.*, 76, 412, 1971.
13. J. H. Baumert, *P. A. S. P.*, 92, 156, 1980.
14. В. А. Домбровский, В. А. Газен-Торн, С. М. Гуткевич, Т. А. Полякова, М. А. Свечников, О. С. Шулов, *Труды АО ЛГУ*, 22, 83, 1965.
15. В. А. Газен-Торн, С. Г. Марченко, В. А. Яковлева, *Астрон. ж.*, 1984.
16. C. D. Imrey, P. W. J. L. Brand, R. D. Wolstencraft, P. M. Williams, *M. N. RAS*, 200, 19, 1982.
17. В. А. Газен-Торн, *Astrophys. Space Sci.*, 73, 279, 1980.
18. G. H. Rieke, M. J. Lebofsky, J. G. Kemp, G. V. Coyne, S. J., and S. Tapia, *Ap. J.*, 218, L37, 1977.