

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 11

АВГУСТ, 1975

ВЫПУСК 3

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМПАКТНЫХ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

М. К. БАБАДЖАНИЯНЦ, В. А. ГАГЕН-ТОРН

Поступила 4 июля 1974

Приводятся результаты поляризационных наблюдений ядер сейфертовских галактик, N-галактик ЗС 371 и ЗС 390.3 и квазара ЗС 345, выполненных в 1971—72 гг. Изменения параметров поляризации у трех последних объектов сопоставлены с изменениями блеска. Для ЗС 371 установлено существование детальной корреляции между изменениями степени поляризации и блеска в августе 1972 г. и получена оценка степени поляризации у переменного компонента (14.4 %). У ЗС 390.3 на основании всех имеющихся данных о поляризации и блеске обнаружена корреляция на временной шкале в несколько лет. Степень поляризации у переменного компонента (3.7 %) и общее поведение поляризации очень похожи на таковые у NGC 4151. По своим оптическим характеристикам ЗС 390.3, по-видимому, ближе к сейфертовским галактикам, чем к ЗС 371.

Поляризационные наблюдения ядер сейфертовских и N-галактик и квазизвездных объектов (в особенности сопровождаемые оценками блеска) очень важны для выяснения природы переменных компактных источников излучения, находящихся в этих объектах. Такие наблюдения проводятся в Астрономической обсерватории Ленинградского университета с 1965 г., и результаты их за 1965—1970 гг. собраны в работах [1, 2]. Здесь будут приведены результаты наблюдений, выполненных в 1971, 1972 и частично 1973 годах.

Аппаратура и методика поляризационных наблюдений остались прежними [2]. Для некоторых объектов параллельно с наблюдениями поляризации были получены фотоэлектрические оценки блеска в системе В, V (относительно звезд сравнения, указанных в [2]), для других оказалось возможным использовать фотографические данные о блеске, полученные в ходе выполнения программы слежения за компактными внегалактическими объектами, ведущейся в АО АГУ.

Сейфертовские галактики. Наблюдения сейфертовских галактик, полученные в 1966—70 гг., уже позволили сделать заключения о природе локализованных в их ядрах источников, ответственных за поляризацию и переменность [3]. Поэтому в 1971—73 гг. были выполнены лишь отдельные, отрывочные наблюдения, результаты которых мы тем не менее считаем полезным привести здесь. Они даются в табл. 1. Всегда использовалась диафрагма диаметром 26". Столбец p_1/p_0 дает отношение потока от галактики к потоку от фона неба во время проведения поляризационных наблюдений. σ_p — среднеквадратичное уклонение, оцененное из внутренней схожимости результатов отдельных серий (как правило, наблюдение состояло из четырех серий, в каждой из которых определялись относительные параметры Стокса p_1 и p_2 , и занимало около 1¹/₂ мин). Знаком (:) помечены неуверенные наблюдения — для них значение σ_p чисто формальное. Точность наблюдений NGC 1275 осенью 1972 г. оказалась ниже обычной из-за неблагоприятных атмосферных условий.

В целом результаты наблюдений сейфертовских галактик, приведенные в табл. 1, не противоречат данным работ [1, 2] и выводам, сделанным в [3].

N-галактики. Наблюдения N-галактик 3C 371 и 3C 390.3, выполненные в 1968—1970 гг., показали, что параметры поляризации их излучения переменны, причем у 3C 271 было отмечено увеличение степени поляризации во время всплеска излучения [2]. Поэтому именно этому объекту было уделено основное внимание в 1971—72 гг. Результаты наблюдений 3C 371 и 3C 390.3 приводятся в табл. 2, которая построена аналогично табл. 1. Все наблюдения выполнены с диафрагмой 26" в интегральном свете (мультищелевой катод, $\lambda_{\text{эфф}} = 0.53 \mu$).

3C 371.— Результаты наблюдений 3C 371 представлены графически на рис. 1, где они сопоставляются с кривой блеска, нанесенной по данным работ [4, 5]. Точки, соответствующие неуверенным поляризационным наблюдениям, обведены кружком.

Рассмотрение табл. 2 и рис. 1 позволяет сделать следующие заключения. Степень поляризации изменяется от 1.5 до 6.5%; существование изменений в направлении поляризации также несомненно. Если взять только уверенные наблюдения, то для 1971 г. $\theta_0 = 21^\circ \pm 6^\circ$, для 1972 г. $\theta_0 = 84^\circ \pm 2^\circ$ (сюда не включено наблюдение 20—21.6.72 г., явно свидетельствующее о существовании довольно быстрых изменений; некоторые изменения угла,

* Пользуясь случаем, мы хотим исправить допущенную нами в работе [3] ошибку в оценке напряженности магнитного поля в ядре NGC 4151. На самом деле вместо равенства $\lg \chi_1 = 10.0$ имеет место неравенство $\lg \chi_1 > 10.0$, а в этом случае получить оценку напряженности поля, используя полученное в [3] неравенство $R < 0.008 \mu\text{с}$, нельзя.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК

Таблица 1

Галактика	Дата	J. D. 2441000+	Фильтр	$\rho \pm \sigma_\rho$ (%)	$\theta_0 \pm \sigma_{\theta_0}$ "	$\frac{n_+}{n_-}$	B	B-V	Примечания
NGC 1068	14-15.10.71	239.48					11.08	+0.63	
		239.52	B	0.6 ± 0.2	112 ± 9	26.0			
		239.55	V	0.7 ± 0.4	94 ± 15	17.5			Мала продолж. набл.
NGC 1275	26-27. 8.71	190.49					13.20	+0.61	
		15-16.10.71					13.21	+0.55	
		240.43							
		240.51	B	3.1 ± 0.5	98 ± 4	6.6			
	17-18.10.71	242.51	V	1.7 ± 0.6	77 ± 10	3.9			Неувер. учет фона
	17-18. 8.72	547.44					13.20	+0.51	Нестабильн. прозр.
		547.48	B	1.6 ± 0.5	106 ± 9	4.2			
	2- 3.10.72	593.45	B	2.1 ± 0.6	141 ± 8	6.7			
		593.54	R	3.1 ± 0.6	149 ± 6	5.6			
	6- 7.10.72	597.41	B	0.8 ± 0.5	152 ± 16	6.0			
		597.43					13.28	-	
		597.51	V	1.2 ± 0.5	125 ± 12	5.3			
		599.54	R	1.3 ± 0.8	136 ± 19	4.2			Мала продолж. набл.
		599.56					13.35	+0.67	
	10-11.11.72	632.27	B	0.9 ± 0.7	141 ± 22	3.6			Нестабильн. прозр.
NGC 3516	29-30.11.72	651.23	V	1.7 ± 0.4	122 ± 7	4.0			
		30- 1.12.72	V	1.4 ± 0.7	105 ± 14	3.9			
		652.37							
		652.52					13.63	+0.62	
	24-25. 1.73	707.22	V	1.0 ± 0.6	134 ± 17	2.6			
	15-16. 3.72	392.51					12.91	-	
		392.53	B	< 0.3	-	6.0			
	23-24. 5.71	095.35					12.07	-0.43	
		10-11. 7.72					12.48	+0.51	
	11-12. 7.72	511.28					12.54	+0.58	
3C 120	25-26.10.71	249.51					14.85	+0.53	
	4- 5. 3.73	746.24	6. ф.	1.5 ± 0.7	142 ± 12	0.7			

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ N-ГАЛАКТИК

Объект	Дата	J. D. 2441000	$p \pm \Delta p$ ($\frac{p}{\Delta p}$)	$\lambda_0 \pm \Delta \lambda_0$ ($\frac{\lambda_0}{\Delta \lambda_0}$)	$\frac{p_r}{p_f}$	Примечания
ЗС 371	23-24. 5.71	095.5	3.7 ± 1.2	61 ± 9	0.9	Мала продолж. набл.
	22-23. 7.71	155.5	1.7 ± 0.7	30 ± 12	1.2	
	26-27. 7.71	159.5	6.3 ± 0.7	27 ± 3	0.8	
	29-30. 7.71	162.5	6.5 ± 1.0	18 ± 4	1.0	
	31- 1. 8.71	164.5	5.2 ± 0.8	38 ± 4	0.7	
	18-19. 8.71	182.5	1.5 ± 0.5	172 ± 10	0.9	
	21-22. 9.71	216.5	5.5 ± 0.4	18 ± 2	1.4	
	6- 7. 4.72	414.5	4.0 ± 1.6	112 ± 11	0.7	
	15-16. 4.72	423.5	2.1 ± 0.7	45 ± 9	1.1	
	21-22. 5.72	459.5	1.4 ± 1.0	54 ± 20	0.7	
	20- 21. 6.72	489.5	4.3 ± 0.6	154 ± 4	1.1	Мала продолж. набл.
	18-19. 7.72	517.5	4.0 ± 0.5	85 ± 4	1.0	
	4- 5. 8.72	534.5	3.5 ± 0.7	78 ± 6	1.3	
	5- 6. 8.72	535.5	4.2 ± 0.5	89 ± 3	1.0	
	6- 7. 8.72	536.5	3.7 ± 0.8	88 ± 6	0.8	
	8- 9. 8.72	538.5	5.4 ± 0.3	88 ± 2	1.1	
	10-11. 8.72	540.5	4.7 ± 0.5	74 ± 3	1.2	
	15-16. 8.72	545.5	3.7 ± 0.5	77 ± 4	1.2	
	2- 3. 9.72	563.3	5.9 ± 0.8	74 ± 4	0.9	
	10-11. 9.72	571.5	5.2 ± 0.6	85 ± 3	1.0	
	16-17. 9.72	577.5	5.6 ± 0.8	82 ± 4	0.8	
	17-18. 9.72	578.5	5.9 ± 0.6	90 ± 3	0.5	
	30-31. 10.72	621.5	5.6 ± 0.8	95 ± 4	0.9	
	9-10. 11.72	631.5	4.8 ± 0.9	90 ± 5	0.7	
ЗС 3903	24-25. 7.71	157.5	1.6 ± 0.5	162 ± 5	1.0	Нестабильн. прозр. Диафрагма 13"
	18-19. 8.71	182.5	3.5 ± 0.8	153 ± 7	0.8	
	23-24. 8.71	187.5	1.6 ± 0.6	4 ± 10	3.7	
	4- 5. 8.72	534.5	1.6 ± 1.5	142 ± 26	0.5	
	7- 8. 8.72	537.5	1.6 ± 1.6	165 ± 28	0.6	
	10-11. 8.72	540.5	1.6 ± 2.4	168 ± 42	0.4	
	16-17. 9.72	577.5	4.1 ± 1.0	161 ± 7	0.4	
	27-28. 6.73	861.5	1.7 ± 1.2	163 ± 20	0.4	

вероятно, имели место и в 1971 г.). Таким образом от сезона к сезону направление поляризации изменилось примерно на 60° . Вместе с тем, начиная с июля 1972 г. и до конца года, оно оставалось практически неизменным.

Связь между степенью поляризации и блеском носит сложный характер. В 1971 г. плавное изменение блеска в период J. D. 2441159,5—216,5 как будто бы сопровождалось изменением степени поляризации, коррелирующим с изменением блеска. Однако наблюдение J. D. 2441155,5, полученное при приблизительно том же блеске, что и последующие два наблюдения, дает существенно меньшую степень поляризации. В 1972 г. степень поляризации в сентябре в среднем была больше, чем в августе, хотя блеск был заметно меньше.

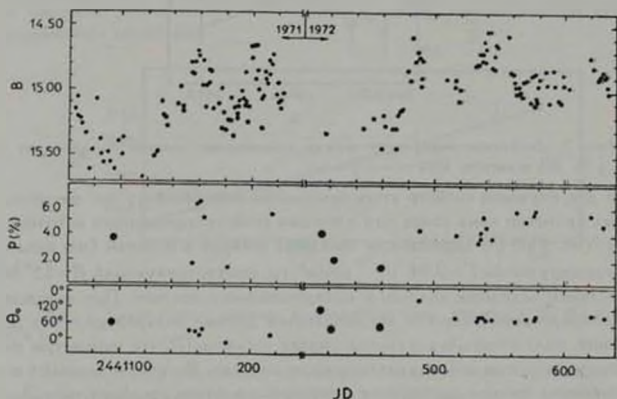


Рис. 1. Сопоставление результатов поляризационных наблюдений ЗС 371 с кривой блеска (1971—72 гг.).

Чрезвычайно интересным нам представляется существование детальной корреляции между изменениями степени поляризации и блеска в августе 1972 г. Необходимые данные собраны в табл. 3. В первом столбце дается J. D., во втором — степень поляризации, в третьем — величина V и ее среднеквадратичная ошибка по данным работы [5] (в скобках указано число негативов, по которому получена оценка блеска). Результаты представлены графически на рис. 2. Изменения превышают возможные ошибки наблюдений (хотя и незначительно), и мы считаем их реальными и взаимосвязанными, поскольку вероятность подобного случайного совпадения в поведении степени поляризации и блеска крайне мала. Отметим, что наблюдения получены при превосходных атмосферных условиях.

Наблюдаемая корреляция получает наиболее естественное объяснение, если считать, что в излучении ЗС 371 имеется компонент переменной ин-

тенсивности, ответственный также и за изменения степени поляризации. Поскольку направление поляризации можно считать неизменным ($\theta_0 = 82^\circ \pm 3^\circ$ и ни для одного наблюдения уклонение не достигает 3σ).

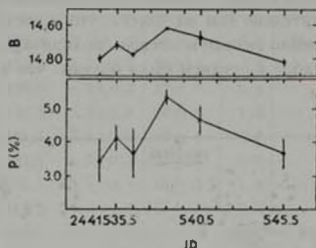


Рис. 2. Детальная корреляция между изменениями степени поляризации и блеска у ЗС 371 в августе 1972 г.

можно для изучения свойств этого компонента использовать тот же метод, что был применен нами ранее при изучении свойств переменного источника в ядре NGC 4151 [3]. Перейдем от звездных величин к потокам (мы приняли за единицу поток $F = 2.94 \cdot 10^{-29} \text{ вт/м}^2$ иц, соответствующий $B = 15^m 50$) и сопоставим величины полного и поляризованного потоков. При нахождении поляризованных потоков мы используем данные поляризационных наблюдений, полученных без фильтра, считая согласно [2], что параметры поляризации от длины волны практически не зависят. Величины полных и поляризованных потоков приводятся в четвертом и пятом столбцах табл. 3, и связь между ними графически представлена на рис. 3. Ошибки указаны в соответствии с данными табл. 2 и 3 (1σ).

Таблица 3
СВЯЗЬ МЕЖДУ СТЕПЕНЬЮ ПОЛЯРИЗАЦИИ И
БЛЕСКОМ У ЗС 371 В АВГУСТЕ 1972 г.

J. D. 2441000+	P (%)	$B \pm \sigma_B$	F ($15^m 50 \sim 1$)	F_p
534.5	3.5	$14^m 79 \pm 0.02(8)$	1.923	0.0673
535.5	4.2	$14.71 \pm 0.03(7)$	2.070	0.0868
536.5	3.7	$14.77 \pm 0.01(8)$	1.959	0.0725
538.5	5.4	$14.62 \pm 0.00(2)$	2.249	0.1214
540.5	4.7	$14.67 \pm 0.04(10)$	2.148	0.1010
545.5	3.7	$14.82 \pm 0.03(8)$	1.871	0.0692

Точки удовлетворительно ложатся на прямую линию, так что изменения, наблюдавшиеся в августе 1972 г., могут быть объяснены существова-

нием источника, интенсивность которого переменна, но степень поляризации постоянна. Уравнение прямой, найденное способом наименьших квадратов,

$$F_p = 0.144 F - 0.208 \\ \pm 0.015 \quad \pm 0.031$$

Степень поляризации излучения переменного источника дается угловым коэффициентом и составляет, следовательно, $14.4\% \pm 1.5\%$. Столь высокое ее значение указывает на нетепловую, вероятно, синхротронную природу переменного источника.

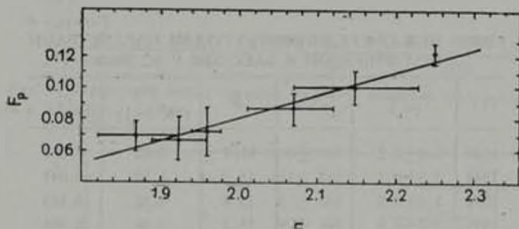


Рис. 3. Связь между полным и поляризованным потоком у 3С 371 в августе 1972 г.

В случае, если излучение, на которое накладывается переменное излучение, не поляризовано, поток его дается точкой пересечения прямой с осью абсцисс. Для $F_p = 0$ получаем $F = 1.44$, что соответствует $B = 15^m 1$. Поскольку это превышает минимальный наблюдавшийся блеск ($B = 15^m 8$), можно заключить, что в 3С 371 имеется еще по крайней мере один переменный компонент. Излучение его, вообще говоря, также может быть поляризованным. Тогда на основании данных табл. 3 оценить вклад отдельных компонентов в суммарное излучение нельзя, но оценка степени поляризации у переменного источника остается прежней.

Заметим еще, что если на графике, дающем зависимость F_p от F , точки располагаются вдоль кривой, это означает, что степень поляризации переменного источника непостоянна. Расположение точек на рис. 3, возможно, указывает на очень слабую тенденцию к увеличению степени поляризации переменного источника с увеличением блеска. Однако систематическое отклонение точек от прямой гораздо меньше, чем ошибки наблюдений.

3С 390.3.— Для этой N-галактики в 1971—73 гг. были выполнены лишь отрывочные наблюдения. Блеск ее в 1972—73 гг. сильно ослабел, так

что точность в определении параметров поляризации заметно уменьшилась. Тем не менее можно заметить общую тенденцию к уменьшению степени поляризации с уменьшением блеска, подтверждаемую табл. 4, в которой даются средние по годам значения параметров поляризации (для 1968—70 гг. использованы данные работы [2], для 1971—73 гг. — результаты из табл. 2) и средний блеск во время проведения поляризационных наблюдений (для 1968—72 гг. в соответствии со сводной кривой блеска из [5], для 1973 г. согласно нашим фотографическим определениям). Графически данные табл. 4 представлены на рис. 4, где отмечены периоды времени, на которые производилось усреднение. Корреляция между изменениями степени поляризации и блеска хорошо заметна.

Таблица 4

СВЯЗЬ МЕЖДУ СРЕДНИМИ ПО ГОДАМ ПАРАМЕТРАМИ
ПОЛЯРИЗАЦИИ И БЛЕСКОМ У ЗС 390.3.

Год	$p \pm \sigma_p$ (%)	$\eta_0 \pm \sigma_{\eta_0}$	B	F ($16^m 3 - 1$)	F_p
1968	3.0 ± 0.2	159 ± 9	$15^m 1$	3.02	0.091
1969	2.6 ± 0.7	153 ± 15	15.8	1.58	0.041
1970	3.4 ± 0.3	146 ± 5	15.0	3.32	0.113
1971	2.2 ± 0.6	166 ± 9	15.2	2.76	0.061
1972	2.2 ± 0.6	159 ± 5	15.7	1.74	0.038
1973	1.7 ± 1.2	163 ± 20	16.3	1.00	0.017

Отметим, что направление поляризации от сезона к сезону почти не изменяется. Это позволяет построить график F_p в зависимости от F , приведенный на рис. 5 (значения F и F_p даются в пятом и шестом столбцах табл. 4), и определить степень поляризации переменного компонента и поток от галактической подложки. Уравнение прямой на рис. 5, полученное способом наименьших квадратов,

$$F_p = 0.037 F - 0.023.$$

$$\pm 0.006 \pm 0.014.$$

Следовательно, $p = 3.7 = 0.6\%$, $F_{гала} = 0.62$, чему соответствует $B_{гала} \approx 16^m 8$. Это значение находится в неплохом согласии с оценкой, полученной в работе [6], где по фотометрическим наблюдениям ЗС 390.3, выполненным с разными диафрагмами, найдено $B_{гала} = 16^m 6$. Мы отдаем себе отчет в том, что построение графика на рис. 5 не вполне законно, так как у ЗС 390.3 в действительности имеются некоторые изменения направления поляризации [2]. Поэтому полученные нами значения $p = 3.7\%$ и $B_{гала} = 16^m 8$ следует рассматривать лишь как оценки.

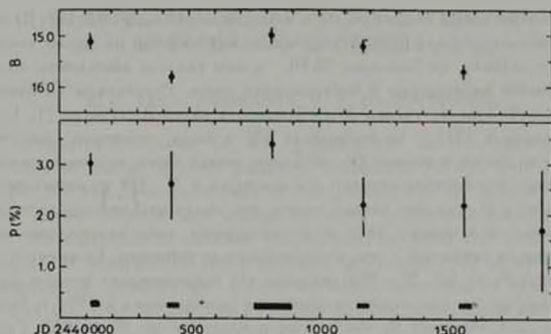


Рис. 4. Корреляция между средней по годам степенью поляризации и средним блеском у 3C 390.3.

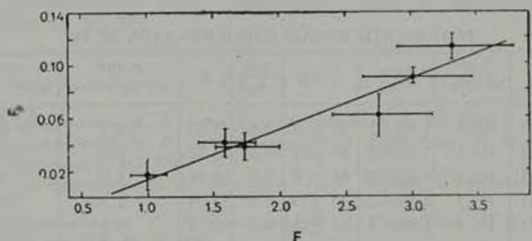


Рис. 5. Связь между полным и поляризованным потоком у 3C 370.3.

В заключение этого раздела мы хотим отметить, что N-галактики 3C 371 и 3C 390.3, названия которых сплошь и рядом встречаются вместе, в сущности совсем не похожи друг на друга по своим оптическим характеристикам. У 3C 371 эмиссионные линии в спектре крайне слабы [7], тогда как 3C 390.3 показывает сильнейший, возможно переменный эмиссионный спектр сейфертовского типа [8]: у 3C 371 наблюдаются быстрые, типа «вспышек», изменения блеска и поляризации, у 3C 390.3 их нет [5]; появление поляризации 3C 390.3 очень похоже на таковое у NGC 4151 [3]. По оптическим характеристикам 3C 390.3 несравненно ближе к сейфертовским галактикам, чем к 3C 371. Возможно, правда, что эти различия вызваны просто гораздо более высокой активностью нетеплового компонента в ядре 3C 371.

Квазизвездный объект ЗС 345. В минимуме блеска ($B > 17^m 0$) квазар ЗС 345 недоступен для фотовольтрических наблюдений на нашем телескопе. В 1971 г., однако, он был ярче $16^m 0$, и нам удалось выполнить его поляризационные наблюдения в интегральном свете. Результаты их приводятся в табл. 5. Там же указан блеск квазара в цвете В согласно [4]. Степень поляризации в 1971 г. не превышала 4% и была примерно постоянной. Правда, во время вспышки 29—30.7 она, может быть, несколько уменьшилась. Ранее уменьшение степени поляризации у ЗС 345 во время вспышек отмечалось в [9], где был сделан вывод, что излучение, непосредственно ответственное за вспышку, либо не поляризовано, либо направление его поляризации не совпадает с тем, которое было до вспышки. Если считать, что увеличение θ_0 до 66° 29—30.7 реально, это подтверждает вторую возможность. Вообще же изменения направления поляризации в 1971 г. были невелики — все значения θ_0 заключены в пределах от 39 до 66° . Согласно Висванатану [10], в 1967—69 гг. направление поляризации также большей частью было заключено в интервале 36 — 79° .

Таблица 5

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ КВАЗАРА ЗС 345

Дата	J. D. 2441000	$P \pm \Delta P$ (%)	$\theta \pm \Delta \theta$	$\frac{n_{\text{об}}}{n_{\text{ф}}}$	B	$F \cdot 10^{26}$ эрг/сек·см ² ·ц	$F_p \cdot 10^{26}$ эрг/сек·см ² ·ц
26—27.5.71	098.5	3.5 ± 1.1	$46^\circ \pm 8$	0.5	$15^m 57$	2.7	9.4
21—22.7.71	154.5	3.8 ± 1.5	$39^\circ \pm 11$	0.5	$15^m 75$	2.3	8.7
29—30.7.71	162.5	1.6 ± 0.5	$66^\circ \pm 9$	0.8	$15^m 16$	4.0	6.4
19—20.8.71	183.5	2.8 ± 1.5	$46^\circ \pm 13$	1.3^*	$15^m 94$	1.9	5.3
28—29.8.71	192.5	2.6 ± 1.4	$54^\circ \pm 15$	0.5	$15^m 73$	2.3	6.0

* Наблюдение сделано с диафрагмой $13''$ (остальные с диафрагмой $26''$).

В [10] найдено, что поляризация имеется и при минимальном блеске квазара, причем величина поляризованного потока в цвете В в это время составляет около 4×10^{-28} эрг/сек·см²·ц. Значения поляризованного потока, приведенные в восьмом столбце табл. 5, заметно превышают эту величину (при нахождении их мы воспользовались тем, что степень поляризации у ЗС 345 не зависит от длины волны [10]). Это указывает, что излучение, ответственное за увеличение блеска ЗС 345 в 1971 г., поляризовано. Для проведения более детального рассмотрения необходимо иметь более обширные и точные наблюдательные данные.

POLARIMETRIC OBSERVATIONS OF COMPACT
EXTRAGALACTIC OBJECTS

M. K. BABADZHANIANTS, V. A. HAGEN-THORN

The results are given of the polarimetric observations made in 1971–1972 of nuclei Seyfert galaxies, N-galaxies 3C 371 and 3C 390.3 and QSS 3C 345. The variations of the parameters of polarization for the last three objects are compared with brightness variations. For 3C 371 the existence of detailed correlation between the variations of the degree of polarization and brightness in August 1972 is established. The degree of polarization of the variable component is found to be equal to 14.4%. For 3C 390.3 all available data on polarization and brightness show that there is a correlation on a time-scale of years. The degree of polarization of the variable component (3.7%) and general behaviour of polarization strongly resemble those of NGC 4151. By its optical properties 3C 390.3 seems to be closer to Seyfert galaxies rather than to 3C 371.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Домбровский, В. А. Гаген-Торн, *Астрофизика*, 4, 409, 1968.
2. В. А. Домбровский, М. К. Бабаджанянц, В. А. Гаген-Торн, С. М. Гуткович, *Астрофизика*, 7, 417, 1971.
3. М. К. Бабаджанянц, В. А. Гаген-Торн, В. М. Лютый, *Астрофизика*, 8, 509, 1972.
4. М. К. Бабаджанянц, С. К. Винокуров, В. А. Гаген-Торн, Е. В. Семенова, *Труды АО АГУ*, 30, 69, 1974.
5. М. К. Бабаджанянц, С. К. Винокуров, В. А. Гаген-Торн, Е. В. Семенова, *Труды АО АГУ*, 31, 100, 1975.
6. M. V. Penston, M. J. Penston, *M. N.*, 162, 109, 1973.
7. A. Sandage, *Ap. J.*, 145, 1, 1966.
8. E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, *Ap. J.*, 163, L21, 1971.
9. T. D. Kinman, E. Lamlu, T. Ciurlu, E. Hurlan, C. A. Wirtanen, *Ap. J.*, 152, 357, 1968.
10. N. Viswanathan, *Ap. J.*, 179, 1, 1973.