

УДК: 524.33—56—335

ПЕРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ В ЛАЦЕРТИДАХ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ОПТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ МНОГОЦВЕТНОЙ ФОТОМЕТРИИ

В. А. ГАГЕН-ТОРН, С. Г. МАРЧЕНКО, О. В. МИКОЛАЙЧУК

Поступила 6 марта 1990

Принята к печати 25 апреля 1990

Анализируются результаты фотометрических *UBVRI* наблюдений восьми лацертид, опубликованные в [3, 4]. Показано, что во всех случаях, кроме одного, переменность на временной шкале 1—2 года можно объяснить наличием единственного дополнительного источника излучения. Все источники переменны по потоку, но с неизменным распределением энергии в спектре. Степенной характер спектра свидетельствует о синхротронной природе источников. Величина спектрального индекса, по-видимому, не коррелирует с изменением светимости источников. Экстраполяция спектров в рентгеновскую область показывает, что в большинстве случаев наблюдаемые рентгеновские потоки превышают найденные экстраполяцией.

1. *Введение.* Одним из проявлений активности ядер галактик является фотометрическая переменность. Установление природы переменных источников тесно связано с выяснением механизмов их излучения. При этом важную роль играет определение для этих источников распределения энергии в непрерывном спектре. В нашей работе [1] на основании анализа опубликованных в [2] пятицветных оптических наблюдений квазара 3C 345 было показано, что его переменность во время вспышки 1983 г. можно объяснить наличием единственного переменного по потоку источника с неизменным степенным распределением энергии в спектре. Учет поляриметрических данных позволил сделать заключение о синхротронном механизме излучения этого источника. В работах [3, 4] опубликованы результаты выполненных в 1983—84 гг. аналогичных наблюдений ряда лацертид, являющихся, как известно, наиболее активными среди внегалактических объектов. Настоящая статья посвящена анализу фотометрических данных для восьми из них.

2. *Методика анализа и редукации наблюдательных данных.* Как и в работе [1] мы используем предложенную Холоновским [5] методику выде-

ления переменных источников, в основе которой лежит сопоставление потоков, зарегистрированных одновременно в разных спектральных полосах. Если имеется лишь один переменный источник с неизменным распределением энергии в спектре, то при попарном сопоставлении потоков точки, соответствующие наблюдаемым потокам, должны лежать на прямых, угловые коэффициенты которых дают отношения потоков переменного источника в соответствующих спектральных полосах, т. е. его относительное распределение энергии.

Из всех объектов, данные для которых приведены в [3, 4], были отобраны лацертиды, наблюдавшиеся достаточно подробно. Их список содержится в табл. 1. Там же указаны их красные смещения z и значения принятой для них в [4] (а также нами) величины поглощения в Галактике A_V . Потоки, приведенные в работе [4], уже исправлены за поглощение (с использованием нормальной кривой покраснения), в данные же работы [3] эта поправка была внесена нами. В последнем столбце табл. 1 указаны временные интервалы, в которых выполнены наблюдения.

Таблица 1

СВЕДЕНИЯ ОБ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ

Объект	z	A_V	Интервал наблюдений
АО 0235+164	0.940	0 ^m 26	22.11.82—25.01.84
PKS 0735+178	0.424	0.12	16.02.82—28.03.84
OI 090.4	0.128*	0.07	22.11.82—26.03.84
OJ 287	0.305	0.05	02.01.83—28.03.84
B2 1156+295	0.729	0.00	08.01.83—14.06.84
B2 1308+32	0.996	0.00	16.03.83—26.03.84
OQ 530	0.132*	0.00	19.04.82—14.06.84
BL Lac	0.069	1.33	28.05.82—13.06.84
3C 273	0.158	0.00	03.01.83—13.06.84

* Оценка красного смещения получена в [6] по фотометрическим данным.

Авторы работ [3, 4] использовали при наблюдениях одну и ту же аппаратуру, но абсолютные калибровки звездных величин у них разные. Особенно велико различие для полосы B (для $B = 15^m 0$ в [3] принято 4.49 мЯн, в [4] — 3.90 мЯн). Мы приняли калибровку, использованную в более поздней работе [4]. Одно из соображений, заставившее нас согласиться с этой калибровкой, следующее. В работе [3] построены в логарифмическом масштабе наблюдаемые спектры квазара 3C 345, причем точка для полосы B во всех случаях лежит выше прямой, которую можно провести через остальные точки. Авторы [3] объясняют это вкладом в поло-

су B эмиссии от линии $Mg II$. Если это объяснение правильное, то искажение должно усиливаться при уменьшении уровня блеска в континууме, поскольку переменность в линии (если она вообще есть) мала. Однако видно, что этого нет. Мы считаем, что дело здесь в неверной калибровке. Кроме того, использование калибровки работы [4], как видно из дальнейшего, приводит к прямолинейным спектрам в случае лацертид, использование же калибровки работы [3] привело бы к горбу в полосе B в распределении у всех лацертид, у которых, как известно, нет сильных эмиссий. Поэтому потоки из работы [3] были переведены в систему работы [4].

3. *Результаты анализа.* Результаты попарного сравнения потоков для лацертид PKS 0735+178, OI 090.4, OJ 287, B2 1156+29, OQ 530, BL Lac и квазара 3C 273, взятого для сравнения лацертид с типичными квазарами, не являющимися оптически активными (OVV), показали, во-первых, что между данными работ [3] и [4] нет систематических различий и, во-вторых, что все точки, соответствующие наблюдаемым потокам, в пре-

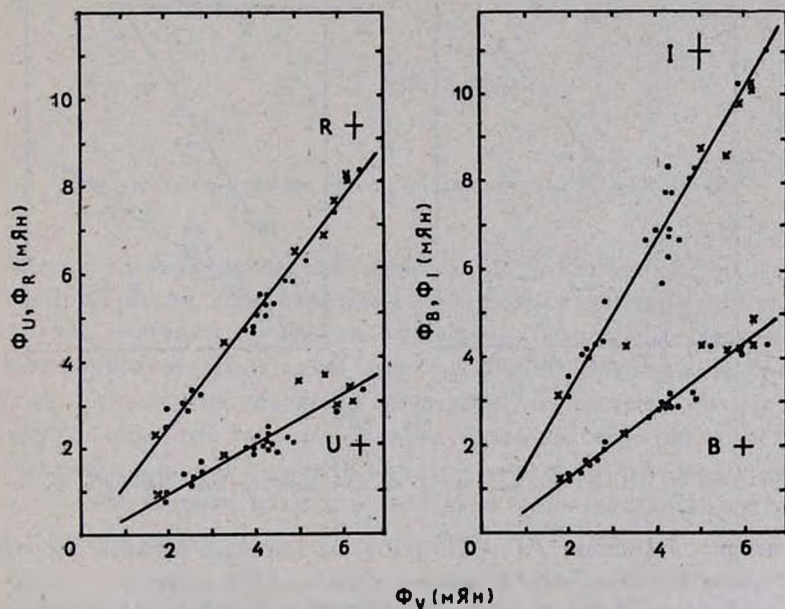


Рис. 1. Сопоставление наблюдаемых токов в полосах U , B , V , R , I для объекта PKS 0735+178.

делах ошибок наблюдений лежат на прямых линиях, и, следовательно, переменность в рассматриваемые периоды времени (в среднем это, как видно из табл. 1, интервалы в 1—2 года) можно объяснить наличием единственных источников с переменным потоком, но неизменным распределением энергии в спектре. Для примера на рис. 1 приводятся графики для

объекта PKS 0735+178, на которых потоки в полосах U , B , R и I сравниваются с потоками в полосе V . Точки — данные работы [4], крестики — данные работы [3]. Крест около названия спектральной полосы дает характерные ошибки наблюдений на уровне 1σ .

На рис. 2 приведены результаты сравнения потоков для объекта B2 1308+32. Цифрами 1, 2, 3 обозначены последовательные наблюдения, которые, как видно, указывают на систематически больший наклон по сравнению со средним на графиках для полос R и, в особенности, I (эти данные относятся к описанной в [7] вспышке в ИК-диапазоне). Тем не менее, здесь, как и во всех предыдущих случаях, все данные в среднем еще как-то можно представить единой зависимостью.

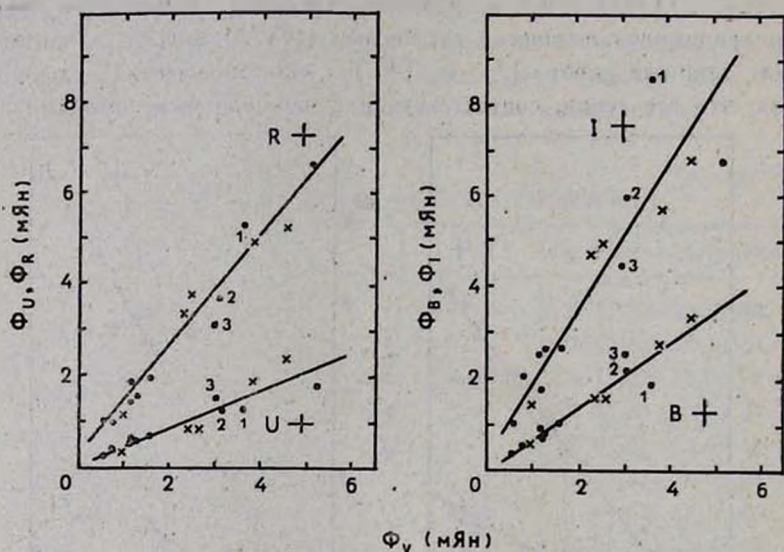


Рис. 2. То же, что на рис. 1, но для объекта B2 1308+32.

Но на рис. 3 (объект AO 0235+16), на котором точками и треугольниками (среди которых есть и данные работы [3]) нанесены данные для разных интервалов (точки относятся к 1983 г., треугольники — 1982 г.), значки уже явно не лежат на одной и той же прямой. Поэтому на всем промежутке наблюдений модель с одним переменным по потоку источником с постоянным распределении энергии в спектре неприменима. Однако по отдельности через треугольники и точки можно провести прямые, так что и здесь рассматриваемую модель можно использовать, но на существенно меньших временных интервалах. (Поведение в январе 1983 г. по существу аналогично поведению объекта B2 1308+32 в интервале, охватываемом на-

блюдениями 1, 2, 3; поэтому можно считать, что у АО 0235+16 в январе 1983 г. также произошла ИК-вспышка).

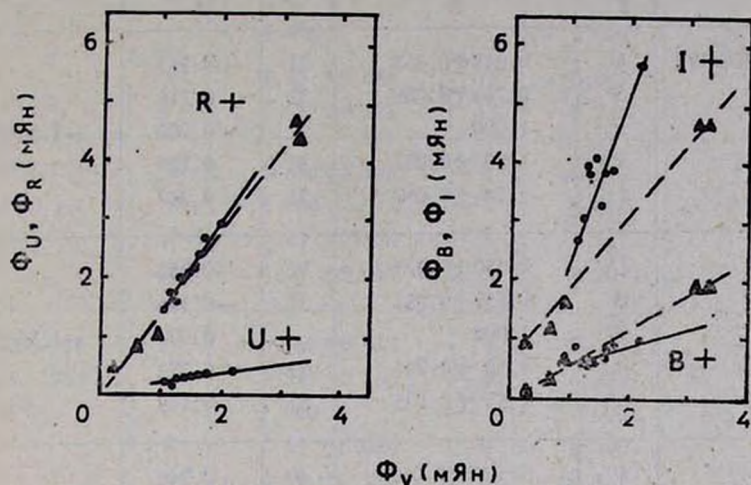


Рис. 3. То же, что на рис. 1, но для объекта АО 0235+164.

Во всех случаях проведение прямых было выполнено методом ортогональной регрессии [8], поскольку величины, откладываемые по обеим координатам, отягчены случайными ошибками. Полученные значения угловых коэффициентов (отношения потоков Φ_U/Φ_V для переменных источников) и их ошибки на уровне 2σ приведены в третьем столбце табл. 2. В первом столбце этой таблицы указаны названия объектов и пределы изменения потока в полосе V в мЯн в рассматриваемый интервал времени, во втором — спектральная полоса, в четвертом — количество точек, по которому проведены прямые.

4. *Распределения энергии в спектрах переменных источников.* В пятом столбце табл. 2 даются значения $\lg \Phi_*/\Phi_V$, которые сопоставляются со значениями $\lg \nu$ на рис. 4. Значения ошибок в величинах $\lg \Phi_*/\Phi_V$ на рисунке указаны на уровне 2σ .

Рассмотрение расположения точек на рис. 4а показывает, что у объектов, данные для которых представлены на этом рисунке (лацертиды ОJ 287, PKS 0735 + 14, ОI 090.4, B2 1156 + 29 и квазар 3C 273), между $\lg \Phi_*/\Phi_V$ и $\lg \nu$ имеется практически идеальная линейная зависи-

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ СПЕКТРОВ

Объект	Поло- са	$\Phi_v/\Phi_V \pm 2\sigma$	n	$\lg \Phi_v/\Phi_V$	$x \pm 2\sigma$
1	2	3	4	5	6
PKS 0735+178 1.8—6.5	<i>U</i>	0.543 ± 0.052	31	-0.265	-1.50 ± 0.03
	<i>B</i>	0.766 ± 0.039	32	-0.116	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.28 ± 0.037	32	0.109	
	<i>I</i>	1.74 ± 0.098	31	0.240	
OI 090.4 1.2—5.9	<i>U</i>	0.559 ± 0.027	31	-0.253	-1.35 ± 0.02
	<i>B</i>	0.731 ± 0.031	31	-0.136	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.18 ± 0.044	31	0.073	
	<i>I</i>	1.58 ± 0.105	31	0.198	
OJ 287 5.6—33.0	<i>U</i>	0.567 ± 0.012	40	-0.246	-1.27 ± 0.03
	<i>B</i>	0.747 ± 0.005	40	-0.127	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.15 ± 0.014	40	0.061	
	<i>I</i>	1.51 ± 0.024	40	0.179	
B2 1156+29 0.6—7.0	<i>U</i>	0.503 ± 0.053	21	-0.298	-1.87 ± 0.03
	<i>B</i>	0.700 ± 0.036	21	-0.155	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.37 ± 0.066	21	0.136	
	<i>I</i>	2.12 ± 0.300	19	0.326	
OQ 530 1.6—3.9	<i>U</i>	0.477 ± 0.065	15	-0.321	-1.50 ± 0.08 (-1.24)
	<i>B</i>	0.745 ± 0.058	16	-0.128	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.19 ± 0.073	16	0.076	
	<i>I</i>	1.52 ± 0.183	16	0.182	
BL Lac 5.2—15.4	<i>U</i>	0.401 ± 0.069	25	-0.397	-1.94 ± 0.07 (-1.62)
	<i>B</i>	0.712 ± 0.051	30	-0.148	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.30 ± 0.069	30	0.115	
	<i>I</i>	1.80 ± 0.153	29	0.256	

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
B2 1308+32 0.6—5.2	<i>U</i>	0.420 ± 0.051	15	-0.377	-1.77 ± 0.08 (-1.45)
	<i>B</i>	0.706 ± 0.053	14	-0.151	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.25 ± 0.087	15	0.097	
	<i>I</i>	1.62 ± 0.221	15	0.210	
АО 0235+16 (1982 г.) 0.2—3.2	<i>B</i>	0.608 ± 0.046	5	-0.216	-2.24 ± 0.03
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.40 ± 0.076	5	0.147	
	<i>I</i>	1.28 ± 0.050	5	0.107	
АО 0235+16 (январь 1983 г.) 1.1—2.2	<i>U</i>	0.166 ± 0.062	8	-0.780	-3.89 ± 0.03
	<i>B</i>	0.337 ± 0.260	9	-0.472	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.58 ± 0.068	9	0.200	
	<i>I</i>	2.89 ± 0.130	9	0.461	
ЗС 273 22.2—34.5	<i>U</i>	0.777 ± 0.151	10	-0.110	-0.61 ± 0.04
	<i>B</i>	0.899 ± 0.107	10	-0.046	
	<i>V</i>	1.000		0.000	
	<i>R</i>	1.11 ± 0.052	10	0.045	
	<i>I</i>	1.25 ± 0.127	10	0.097	

Примечание. Значения $\lg \gamma$ для полос следующие: *U* — 14.915, *B* — 14.834, *V* — 14.737, *R* — 14.672, *I* — 14.585.

мость. На рис. 4b (объекты OQ 530, BL Lac, B2 1308 + 326) точки также в пределах ошибок не уклоняются от прямых, хотя и можно заметить, что точка для полосы *U* всегда лежит ниже прямой, на которой располагаются остальные точки. Вероятно, это указывает на наличие высокочастотного загиба спектра. У объекта АО 0235 + 16 (рис. 4b) в одном случае (во время ИК-вспышки) спектр прямолинейный, в другом виден низкочастотный завал.

Сплошные линии на всех рисунках — это результат проведения прямых методом наименьших квадратов с учетом данных для всех пяти цветовых полос. Соответствующие значения угловых коэффициентов (спектральные индексы α) приведены вместе с их ошибками в шестом столбце табл. 2.

Пунктиром на рис. 4b проведены спектры, прямолинейные в области полос I , R , V , B , но с высокочастотным загибом в УФ. Спектральные индексы, найденные по данным для полос B , V , R , I также приведены в шестом столбце табл. 2 — они заключены в скобки. На рис. 4с пунктир дает

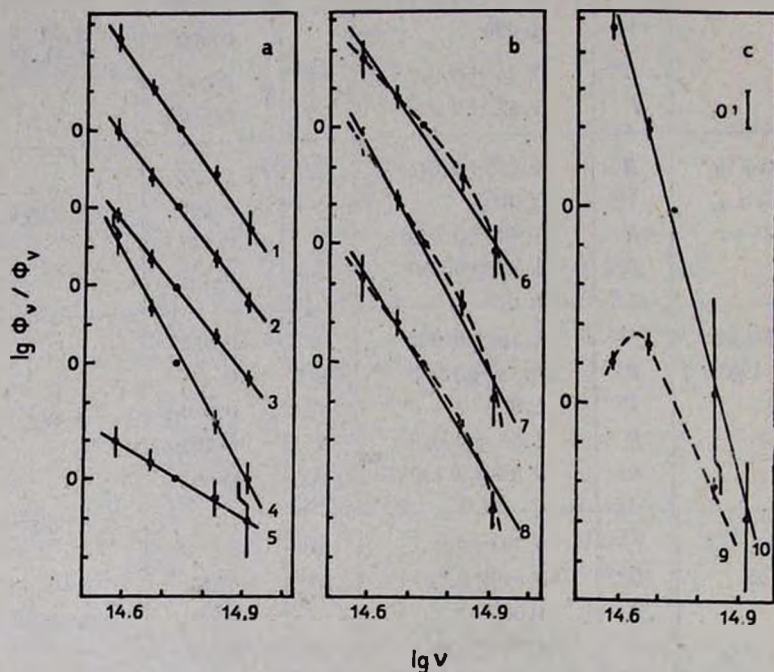


Рис. 4. Спектры переменных источников исследуемых объектов: 1—PKS 0738+17, 2—OI 030.4, 3—OI 287, 4—B2 1156+29, 5—3C 273, 6—OQ 50, 7—B. l. c. r. 2, 8—2 1308+32, 9—AO 0235+164 (1982 г.), 10—AO 0235+164 (1983 г.). Масштаб по вертикали I отделение — 0.1.

спектр для переменного источника, наблюдавшегося в АО 0235+16 в ноябре—декабре 1982 г. Спектральный индекс, приведенный в табл. 2, найден по участку вне низкочастотного завала (полосы B , V , R).

5. Обсуждение и выводы. а) Природа источников и причины переменности. Прежде всего отметим, что во всех случаях спектр переменного источника оказался степенным ($\Phi_\nu \sim \nu^{-\alpha}$). Учитывая то, что в ряде случаев имеет место быстрая переменность и что наблюдаемое излучение показывает высокую степень поляризации [3, 4], можно считать, что излучение переменных источников — синхротронное.

Как известно (см., например, [9]), плотность потока однородного синхротронного источника, содержащего ансамбль электронов с распределением по энергиям $N(E) dE = kE^{-\beta} dE$, дается выражением

$$\Phi_{\perp} = C k H_{\perp}^{\frac{\beta+1}{2}} \nu^{\frac{\beta-1}{2}} \int_{\nu/\nu_c}^{\infty} x^{\frac{\beta-3}{2}} F(x) dx, \quad (1)$$

где C — постоянная, включающая в себя расстояние до источника, $H_{\perp}$ — перпендикулярная составляющая магнитного поля, $F(x)$ — функция Макдональда, $\nu_c = \text{const } H_{\perp} E_{\text{max}}^2$ — критическая частота (E_{max} — энергия обрыва в распределении электронов по энергиям). Спектральный индекс α для прямолинейной области спектра (т. е. там, где $\nu \ll \nu_c$) позволяет найти коэффициент $\beta = 1 - 2\alpha$. Область, где ν сравнима с ν_c , — это область высокочастотного загиба.

Проведенное нами рассмотрение констатирует следующие свойства переменного источника: а) величина $\Phi_{\perp}$ переменна во времени; б) зависимость $\Phi_{\perp}(\nu)$ со временем не меняется; в) источник можно считать синхротронным, т. е. его излучение описывается формулой (1). Посмотрим, как в этих условиях можно объяснить наблюдаемую переменность.

В правую часть выражения (1) входят несколько величин, которые, вообще говоря, могут меняться со временем. Прежде всего это показатель в распределении электронов по энергиям β . Однако в нашем случае спектральный индекс α со временем не меняется, а значит не меняется и β . Остаются величины k , $H_{\perp}$ и ν_c , зависящая от $H_{\perp}$ и E_{max} . В тех случаях, когда замечен высокочастотный загиб (это, по-видимому, BL Lac, OQ 530 и B2 1308 + 32), неизменность распределения энергии в области загиба говорит о постоянстве величины ν_c (и почти наверняка величин $H_{\perp}$ и E_{max} по отдельности). Тогда единственной величиной в правой части (1), которая может меняться со временем, является k , т. е. переменность потока связана с изменением количества релятивистских электронов в источнике.

Если спектр прямолинейный, то плотность потока в рассматриваемой области частот нечувствительна к изменению ν_c и, следовательно, E_{max} . В этом случае переменность со временем может быть связана как с изменением k , т. е. количества электронов, так и $H_{\perp}$. При этом переменность $H_{\perp}$ не обязательно связана с изменениями характеристик магнитного поля, но может быть обусловлена движением электронов через области пространства с неизменным во времени, но различным полем. В этом случае изменения $H_{\perp}$ могут быть достаточно быстрыми.

Из вышесказанного ясно, как важно для источников с прямолинейными спектрами проведение синхронных наблюдений переменности в оптике и, скажем, заатмосферном ультрафиолете, поскольку в этом случае возможно продвижение в область высокочастотного загиба и исключение (или подтверждение) переменности $H_{\perp}$ как причины переменности пото-

ка. К сожалению, таких данных почти нет. Предварительное сопоставление рассматриваемых здесь данных для OJ 287 с результатами его квазиодно-временных наблюдений на IUE [10] показывает, что в области λ 1500 Å намечается высокочастотный загиб спектра переменного источника, не зависящий от времени, что говорит в пользу неизменности H_1 и объяснения переменности потока изменением количества релятивистских электронов.

б) *О связи между спектральным индексом и мощностью переменного источника.* Обратимся теперь к величине спектральных индексов у выделенных нами переменных источников в лацертидах. Рассмотрение табл. 2 показывает, что спектры их довольно крутые (α в пределах от -1.3 до -2.0 и даже ≈ -4 в случае ИК-вспышки) — существенно круче, чем у 3C 273, представляющего собой типичный квазар с небольшой амплитудой переменности (у него $\alpha = -0.61$). Отметим попутно, что для OVV-квазара 3C 345 в [1] нами был выделен источник с $\alpha = -1.71$, что подтверждает обоснованность объединения OVV-квазаров и лацертид в один класс — класс блазаров.

Разброс значений спектральных индексов у переменных источников в лацертидах довольно значителен, и интересно выяснить, не связана ли крутизна спектра с мощностью источников. Вычисленные нами для переменных источников относительные светимости, в качестве которых брались разности ΔL между наблюдавшимися в полосе V светимостями в максимуме и минимуме (при $H_0 = 50$ км/с/Мпк), сравниваются с величинами α в табл. 3 (второй и третий столбцы). Видно, что корреляции между α и ΔL скорее всего нет, т. е. крутизна спектра не связана с мощностью излучения.

в) *Связь с рентгеном.* От всех изученных здесь лацертид зафиксировано излучение в области мягкого рентгена (область 1 кэВ) [11, 12]. Для построения моделей лацертид важно выяснить, излучается ли рентгеновский поток тем же переменным синхротронным источником, который проявляет себя в оптике. С этой целью построенные нами спектры были экстраполированы в область 1 кэВ ($\lg \nu = 17.383$) и затем с учетом постоянства спектров переменных источников были найдены рентгеновские потоки, соответствующие максимальным наблюдавшимся в полосе V оптическим потокам (в силу слабости галактической подложки их можно считать максимальными потоками переменного компонента в рентгене). Сравнение этих потоков $\Phi_X^{\text{эстр}}$ с наблюдавшимися потоками $\Phi_X^{\text{набл}}$ дается в табл. 3 — четвертый и пятый столбцы. Для OJ 287 приведены данные для двух случаев: экстраполяции прямолинейного спектра и спектра с загибом в заат-

мосферном УФ. Для объектов с возможным загибом в оптике экстраполяция проведена для наклонов, учитывающих данные для всех пяти полус.

Таблица 3
ИЗМЕНЕНИЯ СВЕТИМОСТИ И РЕНТГЕНОВСКИЕ ПОТОКИ ИСТОЧНИКОВ

Объект	α	ΔL отн. ед.	$\Phi_{\text{рентр}}^{\text{эктр}}$ мЯн	$\Phi_{\text{набл}}^{\text{набл}}$ мЯн
PKS 0735+178	-1.50	19.3	$7.2 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$
OI 090.4	-1.35	1.7	$16.0 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$
OJ 287	-1.27	56.4	$14.0 \cdot 10^{-4}$ ($0.9 \cdot 10^{-4}$)	$(3-18) \cdot 10^{-4}$
B2 1156+295	-1.87	78.6	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$1.0 \cdot 10^{-4}$
B2 1308+32	-1.77 (-1.45)	92.9	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$2.8 \cdot 10^{-4}$
OQ 530	-1.50 (-1.24)	1.0	$4.0 \cdot 10^{-4}$	$4.3 \cdot 10^{-4}$
BL Lac	-1.94 (-1.62)	1.1	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$15.0 \cdot 10^{-4}$

Из рассмотрения табл. 3 ясно, что у DL Lac и B2 1308+32 наблюдаемые потоки явно выше экстраполированных, у третьего объекта с возможным загибом в оптике (OQ 530) это превышение незначительно, но если при экстраполяции учесть загиб в области полосы U, то картина будет такой же. В этих трех случаях рентгеновское излучение не может быть прямо приписано выделенным нами переменным синхротронным источникам.

Для объектов с прямолинейными спектрами экстраполяция дает потоки, не меньшие наблюдаемых, причем в случае PKS 0735+178 и OI 090.4 имеется еще некоторый запас на возможный загиб спектра. Для этих объектов рентгеновское излучение (даже с учетом переменности и неодновременности получения оптических и рентгеновских данных) может быть связано с переменными в оптике синхротронными источниками. Однако данные для OJ 287 заставляют отнестись к этому выводу с осторожностью. Действительно, в случае экстраполяции прямолинейного спектра мы получаем $\Phi_{\text{рентр}}^{\text{эктр}} \approx \Phi_{\text{набл}}^{\text{набл}}$, но учет загиба в далеком УФ дает значение экстраполированного потока уже существенно меньшее, чем наблюдаемое.

6. *Заключительные замечания.* В заключение мы еще раз настоятельно подчеркиваем преимущество использованной нами методики анализа переменности перед обычно применяемой, когда с разными характеристиками сопоставляются наблюдаемые наклоны спектра (показатели цвета), что приводит иногда к неверным выводам. Так, в работе [4] сделано заключение о том, что у OQ 530 активный компонент с ростом блеска стано-

вится более голубым. Наше рассмотрение показывает, что переменный источник не меняет своего цвета, а наблюдаемое поголубение объекта при увеличении блеска обусловлено уменьшением относительного вклада более красного постоянного компонента (галактической подложки). Представляется особенно важным использование корректной методики анализа переменности при изучении природы УФ-горба в спектрах активных галактик — важной задачи, которая, по-видимому, будет решаться в недалеком будущем в ходе заатмосферных УФ-наблюдений.

Ленинградский государственный
университет

VARIABLE SOURCES IN LACERTIDS: SPECTRAL ENERGY DISTRIBUTIONS IN OPTICAL REGION BASED ON MULTI-COLOUR PHOTOMETRY

V. A. HAGEN-THORN, S. G. MARCHENKO, O. V. MIKOLAYCHUK

Analysis of *UBVRI* photometric observations of eight lacertids [3, 4] is given. It is shown that in all but one case the variability on time scales of 1—2 years is due to single additional source of radiation. All sources are variable in flux but unvariable in spectral energy distribution. The power law spectra of the sources give evidence of their synchrotron nature. The spectral indexes seem not to be correlated with luminosity variations. The extrapolation of the spectra to X-rays shows that in most cases the observed X-ray fluxes exceed the ones extrapolated from the optical region.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Гаген-Торн, О. В. Миколайчук, *Астрофизика*, 29, 322, 1988.
2. P. S. Smith, T. J. Balonek, P. A. Heckert, R. Elston, *Astrophys. J.*, 305, 48, 1986.
3. M. L. Sitko, G. D. Schmidt, W. A. Stein, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 59, 323, 1985.
4. P. S. Smith, T. J. Balonek, R. Elston, P. A. Heckert, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 64, 459, 1987.
5. J. Choloniewski, *Acta Astron.*, 31, 293, 1981.
6. В. А. Гаген-Торн, С. Г. Марченко, *Астрофизика*, 31, 231, 1989.
7. M. L. Sitko, W. A. Stein, G. D. Schmidt, *Astrophys. J.*, 282, 29, 1984.
8. Ю. — Линник, *Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений*, Физ.-мат. лит., М., 1962, стр. 19.
9. N. Visvanathan, *Astrophys. J.*, 185, 145, 1973.
10. L. Maraschl, G. Togliferri, E. G. Tanzi, A. Treves, *Astrophys. J.*, 304, 637, 1986.
11. L. Maraschl, D. Maccagni, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, 59, 277, 1988.
12. I. McHardy, *Space Sci. Rev.*, 40, 559, 1985.