

УДК 524.7-77

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОИСТОЧНИКОВ В РАДИО- И ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНАХ

© 2003 г. В. Л. Афанасьев¹, С. Н. Додонов¹, А. В. Моисеев¹,
А. Г. Горшков², В. К. Конникова², М. Г. Мингалиев¹

¹ Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, Россия

² Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

Поступила в редакцию 26.03.2003 г.; принята в печать 15.01.2003 г.

Представлены результаты классификации оптических отождествлений и радиоспектры восьми радиоисточников из полной по плотности потока выборки в области склонений 4° – 6° (B1950). Наблюдения проводились на 6-м телескопе БТА САО РАН в диапазоне 4000 – 9000 Å и на радиотелескопе РАТАН-600 в диапазоне частот 0.97 – 21.7 ГГц. Из восьми исследованных объектов пять оказались квазарами и три — эмиссионными радиогалактиками.

1. ВВЕДЕНИЕ

В статье представлены результаты работы по классификации оптических объектов, отождествленных с радиоисточниками из полной по плотности потока выборки. Работа проводится с целью получения функции радиосветимости, космологических зависимостей. Для этого необходимо получить красные смещения для большинства объектов выборки. Все объекты, спектры которых представлены в данной статье, являются оптическими отождествлениями радиоисточников из полной выборки из Зеленчукского обзора на частоте 3.9 ГГц. Выборка содержит все источники с потоками $S_{3.9} > 200$ мЯн в области склонений 4° – 6° (B1950), прямые восхождения 0 – 24^h , $|b| > 10^\circ$ и исследуется нами с 1980 г. [1–3]. К настоящему времени классифицировано примерно 75% источников с плоскими спектрами. Результаты предыдущих работ по классификации объектов, отождествленных с источниками этой выборки, опубликованы в работах [4–6].

2. РАДИО- И ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Оптические спектры объектов получены в июне и ноябре 2000 г. на 6-м телескопе БТА САО РАН. При наблюдениях объектов 1522+0400 и 1600+0412 использовался мультиспектральный спектрограф (http://www.sao.ru/gafan/devices/mpfs/mpfs_main.htm) с CCD-детектором ТК1024 (1024x1024 каналов, шум считывания 3 электрона). Спектральный диапазон 4000 – 9000 Å с дисперсией 5 Å/пикс. Эффективное инструментальное

разрешение порядка 15 Å. Спектры остальных объектов получены на универсальном инструменте SCORPIO (<http://www.sao.ru/moisav/scorpio/scorpio.html>) в моде “длинная щель”, использовался тот же детектор; спектральный диапазон — 3800 – 9200 Å, дисперсия — около 6 Å/пикс. Эффективное инструментальное разрешение — порядка 20 Å. Проведена стандартная обработка спектров с использованием математического обеспечения, разработанного в Лаборатории спектроскопии и фотометрии САО РАН.

Наблюдения источников выборки в радиодиапазоне проводились на Южном секторе радиотелескопа РАТАН-600 с плоским отражателем на частотах 3.9 и 7.5 ГГц в 1980–1991 гг. и на Северном секторе на частотах 0.97 , 2.3 , 3.9 , 7.7 , 11.1 и 21.7 ГГц в 1996–1999 гг. Параметры используемых приемников на Южном секторе приведены в [1], на Северном — в [7], характеристики диаграмм направленности Северного и Южного секторов РАТАН-600 приведены в работах [2, 8]. В каждой серии источники наблюдались ежедневно от 15 до 100 дней.

Наблюдения на Северном секторе РАТАН-600 проводились в режиме неподвижного фокуса [9]. Перестановка главного зеркала осуществлялась в диапазоне высот $\pm 1^\circ$ от центра зоны наблюдений. При этом на всех высотах устанавливалось одинаковое количество щитов, чтобы уменьшить влияние изменения степени облучения крайних щитов при изменениях кривизны кругового отражателя телескопа. Эффективная площадь антенны для всех высот предполагалась постоянной.

Таблица 1. Координаты объектов

Имя объекта	Радиокоординаты J2000.0		Оптика-радио		Ссылка
	R.A.	DEC.	Δ R.A.	Δ DEC.	
0323+0446	03 23 14.72	+04 46 12.59	0.02 ^s	0.01''	JVAS
0323+0534	03 23 20.21	+05 34 11.20	0.05	1.10	NVSS
0354+0441	03 54 24.13	+04 41 07.27	-0.02	0.21	JVAS
0357+0542	03 57 46.13	+05 42 31.28	0	-0.04	JVAS
0427+0457	04 27 47.57	+04 57 08.34	0.02	-0.10	JVAS
1522+0400	15 22 32.76	+04 00 29.70	0.05	0.18	NVSS
1600+0412	16 00 02.54	+04 12 57.84	0	0.03	JVAS
2301+0609	23 01 53.46	+06 09 12.84	-0.02	0.03	JVAS

Во всех наблюдениях в диапазоне склонений $4^\circ-6^\circ$ в качестве калибратора использовался источник 2128+048. Размеры источника много меньше размеров горизонтального сечения диаграммы направленности вплоть до частоты 21.7 ГГц. Плотности потока источника 2128+048 приняты 4.25, 3.07, 2.35, 1.57, 1.24 и 0.75 Ян на частотах 0.97, 2.3, 3.8, 7.7, 11.1 и 21.7 ГГц, соответственно.

Для обработки наблюдений использовался пакет программ, позволяющий получать как плотность потока индивидуального наблюдения источника, так и средние потоки за весь цикл наблюдений. В основу обработки положена оптимальная фильтрация исходных данных, подробно методика описана в [10]. Перед фильтрацией исходные данные при помощи нелинейных фильтров очищались от импульсных помех, скачков и трендов с временными масштабами большими, чем масштаб диаграммы направленности телескопа по прямому восхождению. При получении средних плотностей потока за все дни наблюдения использовались только те записи, дисперсия шумов которых в месте локализации источника принадлежит одной генеральной совокупности, методика отбора таких записей описана в [11].

Средняя плотность потока определялась оптимальной фильтрацией средней записи, i -я точка которой есть медианное значение всех i -х точек очищенных исходных записей. Для контроля определялась также средняя плотность потока

$$\bar{S} = \left(\sum_i^n S_i \right) / n, \quad (1)$$

где S_i — плотность потока в i -м наблюдении, n — число наблюдений. Введение весовой функции в данном случае излишне, поскольку суммируются только записи, принадлежащие одной генеральной совокупности.

Ясно, что плотности потока, полученные двумя методами, должны быть близки, их существенное

различие свидетельствует о наличии плохой записи, не устраненной предварительной фильтрацией. Как показал опыт работы, такое различие само по себе достаточно редкое событие, что свидетельствует о правильности используемого алгоритма фильтрации. В основном оказывались неисключенными записи с неправильной установкой антенны. Если различие наблюдалось, то все записи просматривались визуально, исключались вызывающие подозрение, и вся процедура обработки повторялась.

Ошибка измерений тоже определялась двумя способами:

$$\sigma_\Sigma = \left(\sigma^2 / \sum_i A_i^2 \right)^{\frac{1}{2}},$$

где σ^2 — дисперсия остаточных шумов средней записи после исключения из нее обнаруженного источника, A_i — табулированные значения диаграммы направленности и

$$\sigma_s = \left(\left(\sum_i^n (S_i - \bar{S})^2 \right) / n(n-1) \right)^{\frac{1}{2}},$$

где \bar{S} — средняя плотность потока, согласно (1).

Обе оценки также должны быть близки. Если они принадлежат разным генеральным совокупностям (по критерию Фишера), то также ведется поиск плохой или плохих записей. В любом случае большая из двух величин принимается за ошибку измеренной плотности потока. Согласно принятой методике оценки ошибки, в нее входит также среднеквадратичная ошибка изменения плотности потока вследствие собственной переменности источника в течение серии наблюдений.

3. РАДИО- И ОПТИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

В табл. 1 приведены радиокоординаты исследуемых объектов на эпоху 2000.0 и разность меж-

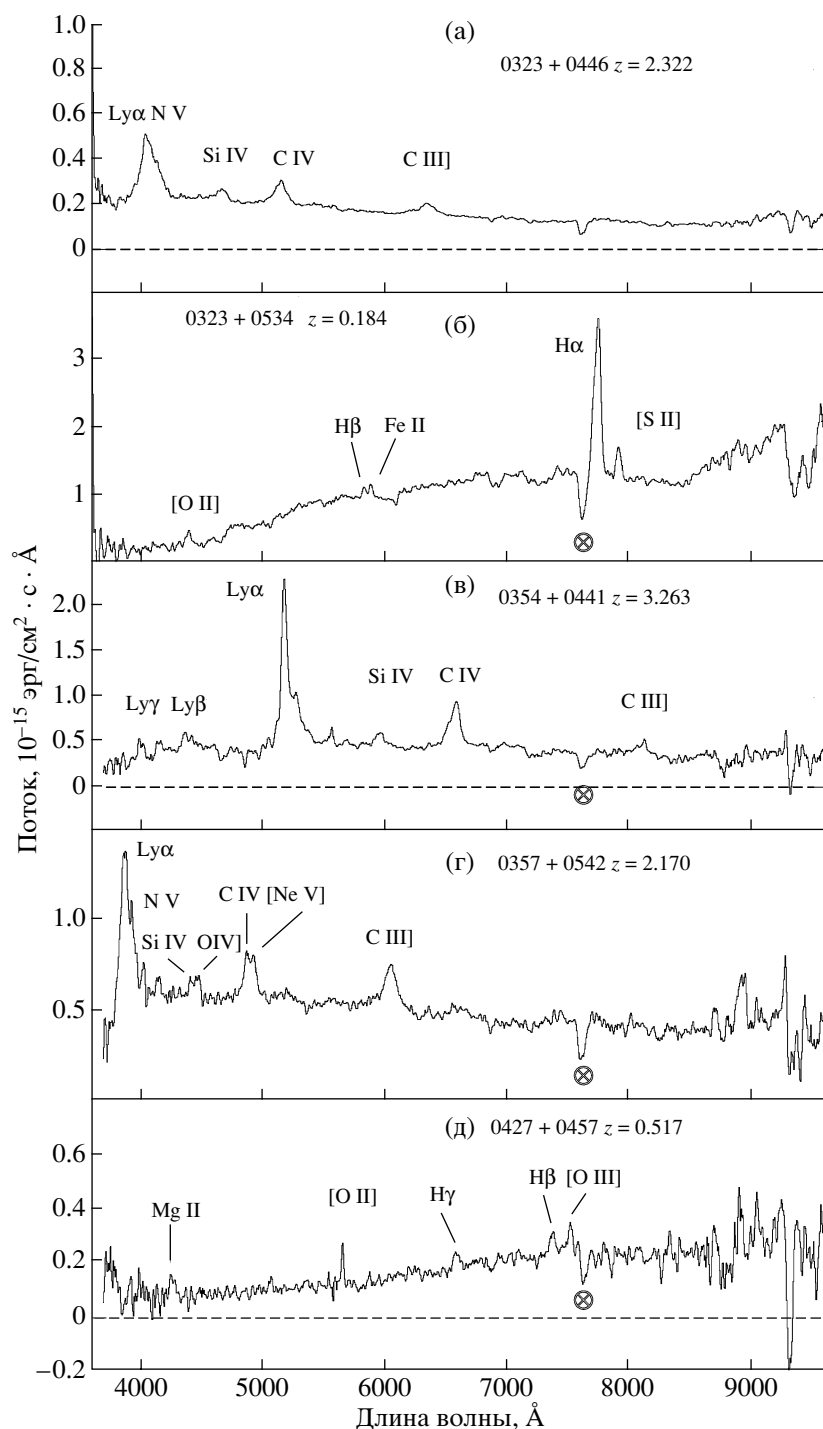


Рис. 1. Оптические спектры объектов 0323+0446, 0323+0534, 0354+0441, 0357+0542 и 0427+0457, полученные на БТА САО РАН.

ду оптическими и радиокоординатами. Радиокоординаты взяты из каталогов JVAS¹ на частоте 8.4 ГГц [12] (среднеквадратичная ошибка координат

¹JVAS — the Jodrell Bank-VLA Astrometric Survey.

составляет 0.014") и обзора NVSS² [13] на 1.4 ГГц (среднеквадратичная ошибка в среднем около 0.11" и 0.56" для прямых восхождений и склонений, соответственно). Имена источников со-

²NVSS — the NRAO VLA Sky Survey.

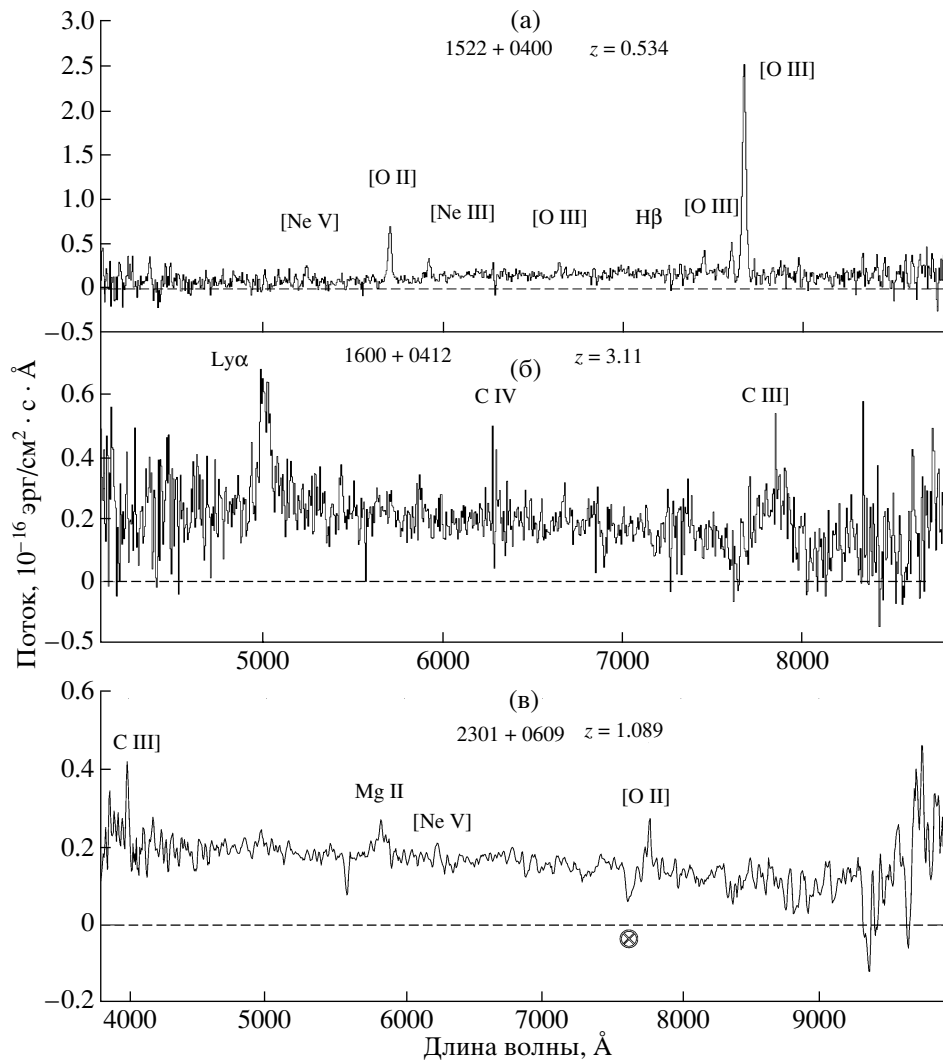


Рис. 2. Оптические спектры объектов 1522+0400, 1600+0412 и 2301+0609, полученные на БТА САО РАН.

ставлены из часов и минут прямого восхождения и градусов и минут склонения. Оптические координаты получены из астрометрического обзора USNO [14] или из базы данных оптических объектов Паломарского обзора АРМ [15]. Разность радио- и оптических координат для всех источников меньше 3σ совокупной ошибки радио- и оптических координат.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Оптические и радиоспектры объектов приведены соответственно на рис. 1, 2 и 3, 4.

В табл. 2 приведены данные оптических наблюдений. Колонка 1 — имя объекта, колонка 2 — линии, присутствующие в спектре, колонка 3 — длины волн линий в системе покоя и наблюдаемые, колонка 4 — красное смещение, колонка 5 — тип

объекта, колонка 6 — звездные величины B , взятые из работ [14, 15], колонка 7 — дата наблюдения, колонка 8 — время экспозиции объекта в минутах.

В табл. 3 даны плотности потоков всех источников, приведенных на рис. 3 и 4. Колонка 1 — имя объекта, колонки 2–7 — плотности потоков и среднеквадратичные ошибки наблюдений на частотах 0.97, 2.3, 3.9, 7.7, 11.1 и 21.7 ГГц в мЯн, колонка 8 — эпоха наблюдения.

Далее мы приводим замечания по индивидуальным объектам.

4.1. Источник 0323+0446

Спектр источника, полученный в 1998 г. (рис. 3а), является падающим с уплощением к высоким частотам и аппроксимируется логарифмической параболой $\lg S = -0.652 - 0.512 \lg \nu + 0.171 \lg^2 \nu$ (плотность потока в Ян, частота в

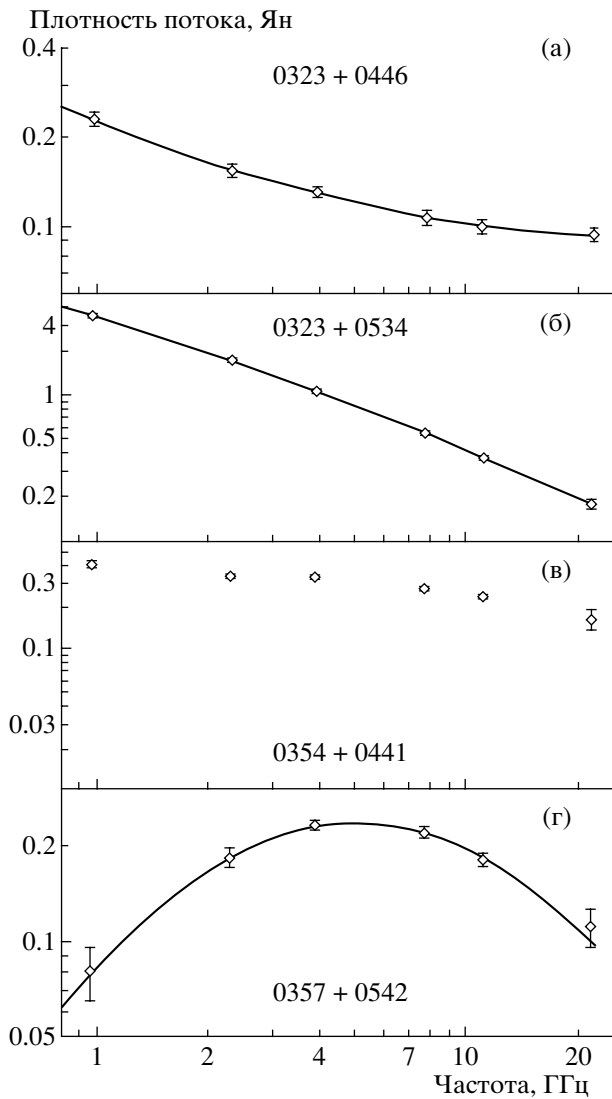


Рис. 3. Радиоспектры объектов 0323+0446, 0323+0534, 0354+0441 и 0357+0542.

ГГц). Источник обладает незначительной переменностью, за 10 лет наблюдений на частоте 7.7 ГГц с частотой примерно раз в год зарегистрировано изменение потока от 135 ± 30 до 104 ± 4 мЯн ($1.3 \pm \pm 0.3$ раза).

Оптический спектр данного объекта был получен ранее на 2.1-м телескопе обсерватории им. Г. Аро в Мексике в диапазоне $4500\text{--}9000 \text{ \AA}$. Объект по двум линиям CIV 1549 \AA и CIII] 1909 \AA был классифицирован как квазар с красным смещением 2.322 [6]. В оптическом спектре объекта, полученном на БТА (рис. 1а), отождествлены 6 линий: мощная широкая линия Ly α 1216 \AA (FWHM $\approx 130 \text{ \AA}$), линия NV 1240 \AA , слившиеся дублет SiIV 1394,1403 \AA и OIV] 1406 \AA , а также линии CIV 1549 \AA и CIII] 1909 \AA . По всем линиям красное

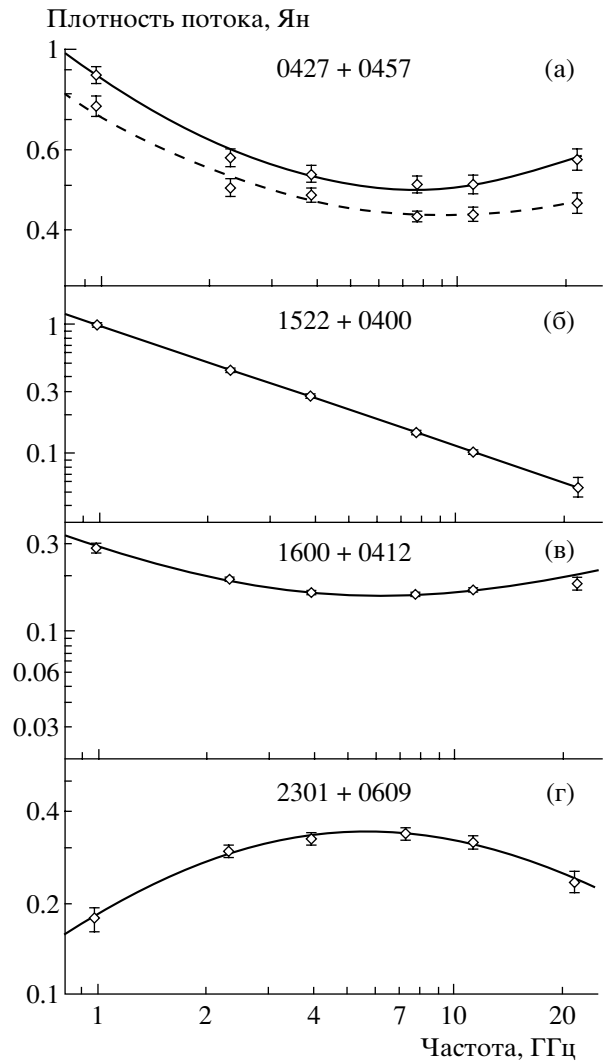


Рис. 4. Радиоспектры объектов 0427+0457, 1522+0400, 1600+0412 и 2301+0609. Верхний спектр источника 0427+0457 получен в эпоху 11.1997, нижний — 07.1999.

смещение объекта равно $z = 2.322 \pm 0.001$. Объект является квазаром.

4.2. Источник 0323+0534

Радиоисточник в диапазоне частот 0.97–21.7 ГГц имеет постоянную во времени плотность потока, его спектр на частотах 2.3–21.7 ГГц хорошо аппроксимируется прямой $S = 3976\nu^{-0.968}$ мЯн (рис. 3б). К низким частотам спектр уплощается. По частоте завала из-за самопоглощения ($\nu_m \approx 0.25$ ГГц) и плотности потока на этой частоте ($S_m \approx 8$ Ян) размер излучающих структур превышает 200 кпк (принято значение магнитного поля в джете $H = 10^{-4}$ э).

В оптическом спектре (рис. 1б) идентифицированы две линии бальмеровской серии: мощная

Таблица 2. Данные оптических наблюдений

Имя объекта	Линии в спектре	Длина волны, Å	z	Спектральный класс	B	Дата	T , мин
0323+0446	Ly α	1216/4040	2.322	QSO	19.1	05.11.00	8
	SiIV/OIV]	1400/4650					
	CIV	1549/5145					
	CIII]	1909/6340					
0323+0534	[OII]	3727/4400	0.184	EmG	19.6	04.11.00	10
	H β	4861/5820					
	FeII	4924/5890					
	H α	6563/7760					
0354+0441	[SII]	6724/7960	3.263	QSO	19.9	04.11.00	10
	Ly γ	973/4150					
	Ly β	1026/4375					
	Ly α	1216/5185					
0357+0542	NV	1240/5285	2.170	QSO	19.6	05.11.00	10
	SiIV/OIV]	1400/5940					
	CIV	1549/6600					
	CIII]	1909/8135					
0427+0457	Ly α	1216/3865	0.517	EmG	19.3	05.11.00	10
	NV	1240/3930					
	SiIV/OIV]	1400/4440					
	CIV	1549/4875					
1522+0400	[NeV]	1575/4930	0.534	EmG	20.9	06.06.00	40
	CIII]	1909/6056					
	MgII	2798/4245					
	[OII]	3727/5654					
1600+0412	H γ	4340/6590	3.11	QSO	21.1	06.06.00	40
	H β	4861/7375					
	[OIII]	4959/7522					
	[NeV]	3426/5255					
2301+0609	[OII]	3727/5725	1.089	QSO	19.1	02.11.00	10
	[NeIII]	3869/5930					
	[OIII]	4363/6655					
	H β	4861/7465					
1600+0412	[OIII]	4959/7615	3.11	QSO	21.1	06.06.00	40
	[OIII]	5007/7685					
	Ly α	1216/5000					
	CIV	1549/6320					
2301+0609	CIII]	1909/7850	1.089	QSO	19.1	02.11.00	10
	MgII	2798/5830					
	[NeV]	2973/6210					
	[OII]	3727/7780					

Таблица 3. Данные радионаблюдений

Имя объекта	Плотности потоков и ошибки, мЯн						Эпоха
	0.97 ГГц	2.3 ГГц	3.9 ГГц	7.7 ГГц	11.1 ГГц	21.7 ГГц	
0323+0446	230 21	149 06	132 05	105 06	97 05	95 06	01.1998
0323+0534	3568 52	1750 27	1070 10	556 06	380 07	190 12	07.1999
0354+0441	420 18	331 10	344 08	278 08	252 10	146 17	01.1998
0357+0542	80 15	182 11	232 09	220 07	181 06	112 15	07.1999
0427+0457	902 35	576 25	534 20	504 20	498 22	577 25	11.1997
	712 30	475 20	460 15	412 10	418 12	442 22	07.1999
1522+0400	1010 33	450 15	284 08	147 07	104 05	58 08	07.1999
1600+0412	289 15	189 07	159 05	163 06	172 07	182 16	01.1998
2301+0609	177 16	295 12	322 10	336 12	324 12	235 18	08.1997

Н α 6563 Å и слабая Н β 4861 Å, а также линии [OII] 3727 Å, FeII 4924 Å и дублет запрещенной линии [SII] 6717, 6731 Å. Ширина водородных линий FWHM \approx 70 Å. Все эти линии видны в излучении, красное смещение объекта $z = 0.186 \pm \pm 0.005$. Объект является эмиссионной радиогалактикой.

4.3. Источник 0354+0441

Источник наблюдался с 1985 г. на частотах 3.9 и 7.7 ГГц. На рис. 5а показано изменение плотности потока на частоте 7.7 ГГц. С 1980 г. плотность потока медленно падала, в 1995 г. достигла минимального значения, далее начала расти. Характерное время переменности плотности потока источника (максимум-минимум) больше 10 лет. Приведенный на рис. 3в спектр источника в диапазоне 0.97–21.7 ГГц получен в 1998 г. (показан ромбиками). Спектр – комплексный, логарифмической параболой не аппроксимируется.

В оптическом спектре (рис. 1в) отождествлены три линии лаймановской серии Ly γ , Ly β и мощная Ly α 973, 1026 и 1216 Å, а также линия NV 1240 Å, слившиеся линии дублета SiIV 1394, 1403 Å и OIV] 1406 Å и две линии углерода CIV и CIII] 1549 и 1909 Å. Красное смещение по всем линиям $z = 3.263 \pm 0.002$. Объект является далеким квазаром.

4.4. Источник 0357+0542

Спектр источника в диапазоне частот 0.97–21.7 ГГц на эпоху 07.1999 хорошо представляется логарифмической параболой $\lg S = -1.076 + 1.266 \lg \nu - 0.902 \lg^2 \nu$ с максимумом

на частоте 5.0 ГГц и плотностью потока в максимуме 230 мЯн (рис. 3г). Источник показывает небольшую амплитуду долговременной переменности, за 11 лет наблюдений источника (примерно одно наблюдение в год) на частоте 7.7 ГГц мы зарегистрировали изменение плотности потока от 275 ± 9 до 220 ± 5 мЯн (1.25 ± 0.05 раза).

В оптическом спектре (рис. 1г) отождествлены мощная линия излучения Ly α 1216 Å и близкая линия NV, дублет SiIV 1394, 1403 Å, OIV] 1406 Å, слившиеся линии CIV 1549 Å и [NeV] 1575 Å, а также полузапрещенная линия CIII] 1909 Å на красном смещении $z = 2.17 \pm 0.007$. Объект классифицирован как квазар.

4.5. Источник 0427+0457

Источник обладает значительной долговременной переменностью плотности потока. На рис. 5б показано изменение плотности потока источника на частоте 7.7 ГГц с 1980 по 1999 гг. Максимальное изменение плотности потока на частоте 7.7 ГГц $S_{\max}/S_{\min} = 2 \pm 0.14$. На рис. 4а приведены спектры источника, полученные в эпохи 11.1997 (верхний спектр) и 07.1999. Оба спектра – с минимумом, соответствуют аппроксимации $\lg S = -0.057 - 0.570 \lg \nu + 0.327 \lg^2 \nu$ и $\lg S = -0.165 - 0.455 \lg \nu + 0.236 \lg^2 \nu$. Следует отметить значительную переменность плотности потока на низких частотах.

В оптическом спектре (рис. 1д) отождествлены 5 слабых линий излучения: MgII 2798 Å, запрещенная линия [OII] 3727 Å, две линии бальмеровской серии Н γ 4340 Å и Н β 4861 Å и линия [OIII] 4959 Å на красном смещении $z = 0.517 \pm 0.008$. Объект является эмиссионной галактикой.

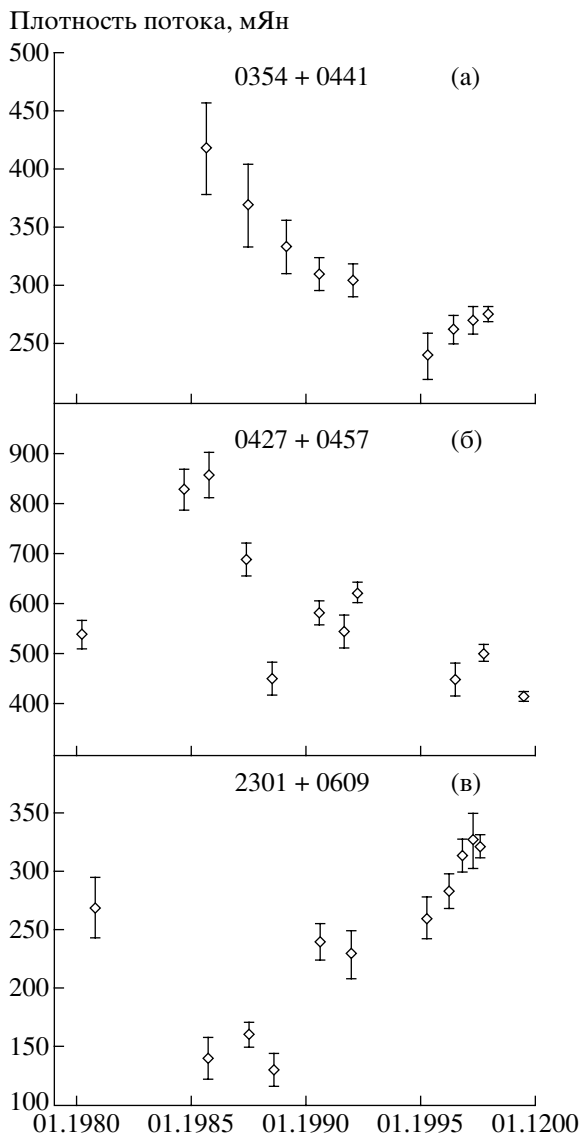


Рис. 5. Световые кривые радиоисточников 0427+0457 и 2301+0609 на частоте 7.7 ГГц. Данные плотностей потоков до 1991 г. получены на Южном секторе, после 1995 г. на Северном секторе РАТАН-600.

4.6. Источник 1522+0400

В диапазоне частот 0.97–11.1 ГГц источник имеет степенной спектр: $S = 985\nu^{-0.927}$ мЯн (рис. 4б) и постоянную во времени плотность потока.

В оптическом спектре (рис. 2а) отождествляются 4 линии кислорода, а именно, мощная линия [OIII] 5007 Å, более слабые линии [OII] 3727 Å, [OIII] 4363 Å и [OIII] 4959 Å, а также слабые линии [NeV] 3426 Å, [NeIII] 3869 Å и линия балмеровской серии Hβ 4861 Å. Все линии, кроме Hβ, запрещенные и видны в излучении, по всем линиям

красное смещение $z = 0.534 \pm 0.001$. Объект классифицирован как эмиссионная радиогалактика.

4.7. Источник 1600+0412

За период наблюдения с 1989 по 1999 гг. в пределах ошибок мы не обнаружили изменения плотности потока источника на частотах 3.9 и 7.7 ГГц при частоте наблюдений один раз в год; отношение максимальной и минимальной зарегистрированной плотности потока на частоте 7.7 ГГц $S_{\max}/S_{\min} = 1.1 \pm 0.15$. Спектр источника (рис. 4в) имеет минимум на частоте около 6 ГГц, на эпоху 01.1998 его аппроксимация $\lg S = -0.553 - 0.617 \lg \nu + 0.384 \lg^2 \nu$.

В оптическом спектре (рис. 2б) четко выделяется одна широкая линия, которую мы интерпретировали как близкие линии Lyα 1216 Å и NV на красном смещении $z = 3.11 \pm 0.01$. На уровне шумов можно выделить также линии CIV 1549 Å и HeII 1640 Å. Объект классифицирован как квазар.

4.8. Источник 2301+0609

Источник наблюдался с 1980 г. на частотах 3.9 и 7.5 ГГц. На рис. 5в приведены данные измерений плотности потока на частоте 7.7 ГГц в 1980–1997 г. В 1987 г. поток источника был минимальным, затем начал расти. Характерное время переменности (максимум–минимум) не менее 10 лет, максимальное изменение потока на 7.7 ГГц $S_{\max}/S_{\min} = 2.7 \pm 0.5$. Спектр источника (рис. 4г), полученный в эпоху 08.1997, хорошо аппроксимируется логарифмической параболой $\lg S = -0.733 + 0.695 \lg \nu - 0.456 \lg^2 \nu$, имеет максимум на частоте 5.8 ГГц и плотность потока в максимуме 340 мЯн.

В оптическом спектре объекта (рис. 2в) отождествлены 4 линии в излучении: CIII] 1909 Å, MgII 2798 Å, запрещенные линии [NeV] 2973 Å и [OII] 3727 Å. По этим линиям красное смещение объекта $z = 1.089 \pm 0.003$. Объект является квазаром.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из 8 исследованных объектов 5 оказались квазарами (из них два квазара с красным смещением $z > 3$) и 3 эмиссионными радиогалактиками. Радиогалактики 0323+0534 и 1522+0400 имеют постоянные во времени плотности потока и степенные спектры. Объекты 0427+0457, отождествленный с эмиссионной галактикой с $z = 0.517$, и 2301+0609, отождествленный с квазаром с $z = 1.089$, обладают значительной переменностью в радиодиапазоне. У источника 1600+0412, отождествленного с далеким квазаром с $z = 3.11$, мы не обнаружили

значимой переменности за 10 лет на частотах 3.9 и 7.7 ГГц. У всех объектов с большими красными смещениями, как и следовало ожидать, наблюдается большое характерное время переменности плотности потока радиоизлучения. Почти все оптические спектры имеют богатый набор линий, позволивший определить красное смещение с большой точностью.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта 01-02-16321), грантом “Университеты России” (код проекта УР.02.03.005) и грантом ФЦНТП “Астрономия” (проект 1.2.5.1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, Астрон. журн. **72**, 291 (1995).
2. А. М. Боташов, А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, Астрон. журн. **76**, 723 (1999).
3. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, Астрон. журн. **77**, 407 (2000).
4. В. Чавушян, Р. Мухика, А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, Письма в “Астрон. журн.” **26**, 403 (2000).
5. В. Чавушян, Р. Мухика, А. Г. Горшков и др., Астрон. журн. **78**, 99 (2001).
6. В. Чавушян, Р. Мухика, Р. Валдес, и др., Астрон. журн. **79**, 771 (2002).
7. А. Б. Берлин, А. А. Макяшева, Н. А. Нижельский и др., Тезисы докл. XXVIII радиоастрон. конф. С-Петербург, **3**, 115 (1997).
8. В. Р. Амирханян, А. Г. Горшков, В. К. Конникова, Астрон. журн. **69**, 225 (1992).
9. Н. С. Соболева, А. В. Темирова, Т. В. Пятунина, Препринт Специальной астрофиз. обсерв., **32** (1986).
10. А. Г. Горшков, О. И. Хромов, Астрофиз. исслед. (Изв. САО). **14**, 15 (1981).
11. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, Астрон. журн. **73**, 351 (1996).
12. I. W. A. Browne, Monthly Notices Roy. Astron. Soc. **293**, 257 (1998).
13. J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen, *et al.*, Astron. J. **115**, 1693 (1998).
14. D. Monet, A. Bird, B. Canzian, *et al.*, USNO-SA1.0, (U.S. Naval observatory, Washington DC, 1996).
15. R. L. Pennington, R. M. Humphreys, S. C. Odewahn, *et al.*, Publ. Astron. Soc. Pacif. **105**, 103 (1993).

RADIO AND OPTICAL SPECTRAL STUDIES OF RADIO SOURCES

V. L. Afanas'ev, S. N. Dodonov, A. V. Moiseev, A. G. Gorshkov,
V. K. Konnikova, and M. G. Mangaliev

Optical identifications and an analysis of the radio spectra of eight radio sources from a flux-complete sample at declinations 4° – 6° (B1950) are presented. The observations were carried out at 4000–9000 Å on the 6-m telescope of the Special Astrophysical Observatory and at 0.97–21.7 GHz on the RATAN-600 telescope. Five of the eight sources are quasars and three are emission-line radio galaxies.