

УДК 524.7-77

СПЕКТРЫ, ОПТИЧЕСКИЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ И СТАТИСТИКА ПОЛНОЙ ПО ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ВЫБОРКИ РАДИОИСТОЧНИКОВ В ОБЛАСТИ СКЛОНЕНИЙ 10° – $12^{\circ}30'$

© 2003 г. А. Г. Горшков¹, В. К. Конникова¹, М. Г. Мингалиев²

¹Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

²Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, Россия

Поступила в редакцию 07.04.2003 г.; принята в печать 08.05.2003 г.

Представлены результаты наблюдений на частотах 0.97, 2.3, 3.9, 7.7, 11.1 и 21.7 ГГц на радиотелескопе РАТАН-600 полной по плотности потока выборки радиоисточников. Выборка получена из обзора MGB 4.85 ГГц и содержит все источники в области склонений 10° – $12^{\circ}30'$ (J2000) с галактическими широтами $|b| > 15^{\circ}$, имеющие плотность потока $S_{4.85} > 200$ мЯн. С оптическими объектами отождествлено 86% радиоисточников с плоскими спектрами и 59% источников с нормальными спектрами. Проведено разделение источников с плоскими спектрами на протяженную и компактную компоненты.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нами исследуются две полных по плотности потока выборки. Первая выборка, полученная из Зеленчукского обзора на частоте 3.9 ГГц [1], содержит все источники с плотностью потока $S_{3.9} > 200$ мЯн в области склонений $3^{\circ}30'$ – 6° (B1950); диапазон прямых восхождений составляет 0 – 24^{h} , галактическая широта $|b| > 10^{\circ}$. Выборка исследуется нами с 1984 г. и содержит 160 объектов.

Вторая выборка из каталога GB6 на 4.85 ГГц [2] содержит все источники с плотностью потока $S_{4.85} > 200$ мЯн в области склонений 10° – $12^{\circ}30'$ (J2000), диапазон прямых восхождений составляет 0 – 24^{h} , галактическая широта $|b| > 15^{\circ}$. В выборке 153 объекта, из них 83 имеют плоские спектры с $\alpha_{(3.9-7.7)} > 0.5$ ($S \propto \nu^{\alpha}$) и 70 — нормальные спектры с $\alpha_{(3.9-7.7)} < -0.5$.

Основные цели изучения наших выборок следующие:

1) исследование переменности источников на масштабах времени от нескольких дней до нескольких лет (наблюдения в широком частотном диапазоне 0.97–21.7 ГГц дают возможность получить основные характеристики переменности: временную шкалу, амплитуду переменности, спектр переменной составляющей и зависимость его амплитудно-частотных характеристик от времени);

2) получение статистических параметров спектров радиоисточников;

3) обнаружение интересных объектов, имеющих нестандартные характеристики как в радио-, так и в оптическом диапазонах;

4) обнаружение космологической эволюции квазаров (для этого необходимо получить красные смещения большинства объектов, отождествленных с исследуемыми радиоисточниками).

Ежедневные многочастотные наблюдения в 1998–1999 гг. на радиотелескопе РАТАН-600 подтвердили существование обнаруженной ранее [3] переменности плотности потока на временных масштабах около 4 дней [4, 5] — так называемой переменности IDV (Intra Day Variability). Наши исследования показали, что подобная переменность присуща практически всем источникам с плоскими спектрами, IDV характеризуется плоским частотным спектром со средним индексом модуляции около 2% в частотном диапазоне 2.3–21.7 ГГц. Примерно 20% объектов обладают значительной IDV, отчетливо видной на структурных функциях этих радиоисточников. У нескольких источников обнаружена циклическая переменность с характерными временами 4–25 дней. Получены статистические характеристики долговременной переменности источников полной выборки и индивидуальные характеристики отдельных вспышек для наиболее активных радиоисточников [1, 6].

Также получены различные статистические характеристики спектров источников выборки [7, 8]. Обнаружен и исследован уникальный радиоисточник 0527 + 0331 (все имена радиоисточников, приведенные в статье, составлены из первых четырех

цифр прямого восхождения и склонения на эпоху J2000), обладающий самой большой долговременной переменностью [4, 9, 10]. Продолжаются оптические наблюдения для получения спектров и красных смещений объектов, отождествленных с источниками выборки до 21^m . Исследование второй выборки начато для подтверждения полученных результатов на основе другого статистически независимого ансамбля радиисточников. К 2002 г. проведены три серии многочастотных ежедневных наблюдений в течение 80 дней (2000 г.), 104 дней (2001 г.) и 98 дней (2002 г.) для большей части источников выборки.

В данной работе мы приводим первые результаты исследования источников второй выборки.

2. НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения проводились в меридиане на Северном секторе РАТАН-600 на частотах 0.97, 2.3, 3.9, 7.7, 11.1 и 21.7 ГГц в июне–ноябре 2001 г. Параметры используемых приемников приведены в работе [11]. Наблюдения проводились в режиме неподвижного фокуса [12]. Перестановка главного зеркала осуществлялась в диапазоне высот $\pm 1.25^\circ$ от центра зоны склонений. На всех высотах устанавливалось одинаковое количество щитов главного зеркала, чтобы уменьшить влияние изменения степени облучения крайних щитов при изменении кривизны кругового отражателя телескопа. При этом эффективная площадь во всем диапазоне высот оставалась постоянной.

В наблюдениях в качестве калибратора использовался источник 1347 + 1217. Угловые размеры источника много меньше размеров горизонтального сечения диаграммы направленности вплоть до частоты 21.7 ГГц. Плотности потока источника 1347 + 1217 приняты 6.15, 4.12, 3.23, 2.36, 1.99 и 1.46 Ян на частотах 0.97, 2.3, 3.9, 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 среднюю плотность потока за весь цикл наблюдений. В основу обработки положена оптимальная фильтрация исходных данных, подробно методика описана в [13]. Перед оптимальной 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 средней плотности 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 работе [14].

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 — достаточное 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 величина изменения плотности потока вследствие собственной переменности источника в течение серии наблюдений.

Для нескольких источников с нормальными спектрами со значительной степенью линейной поляризации, полученной из работы [15], приводятся

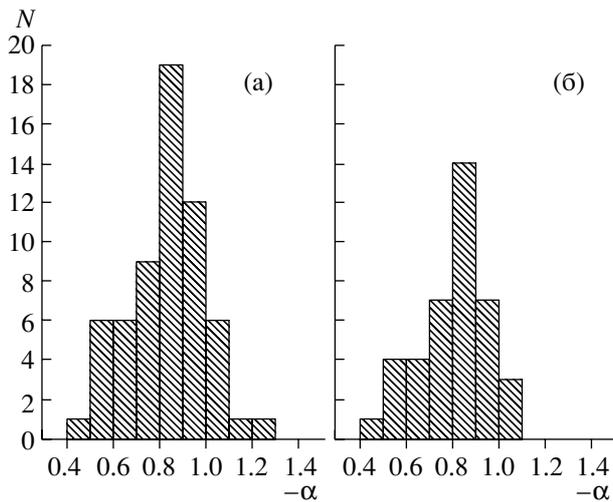


Рис. 1. Распределение спектральных индексов для всех источников с нормальными спектрами на частоте 3.9 ГГц (а) и для источников с S -спектрами (б).

восстановленные значения плотностей потоков по формуле [16]

$$S = 0.5S_0[1 + p \cos 2(q - \chi - \psi)],$$

где S_0 — полная излучаемая плотность потока источника, p и q — соответственно степень линейной поляризации и параллактический угол, χ — угол между плоскостью линейной поляризации приемника и вертикалом, ψ — позиционный угол поляризации.

3. ОПТИЧЕСКИЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ

Для оптического отождествления источников выборки использовались наиболее точные координаты

Таблица 1. Координаты и оптические отождествления протяженных радиоисточников выборки

Радиокоординаты (J2000.0)		Id	z	Ссылка	V
R.A.	DEC.				
02 ^h 17 ^m 07.62 ^s	11°04'10.59"	Q	0.408	[21]	15.9
03 58 57.71	10 27 17.76	G	0.031	[21]	15.4
04 13 42.14	11 11 44.82	G	0.306	[21]	19.5
09 14 19.36	10 06 38.28	G	0.311	[25]	19.9
12 29 51.84	11 40 24.09	G	0.083	[22]	16.0
12 30 48.27	12 23 33.07	G	0.004	[21]	12.9
14 16 53.51	10 48 40.06	G	0.024	[22]	13.0
15 14 49.50	10 17 00.74	EF			
22 49 54.59	11 36 30.84	G	0.026	[22]	9.4
23 15 34.40	10 27 18.40	G	0.255	[25]	17.6

наты, взятые, в основном, из каталогов JVAS¹ на частоте 8.4 ГГц [17] (среднеквадратичная ошибка координат составляет 0.014") и NVSS² [18] на частоте 1.4 ГГц (среднеквадратичная ошибка координат составляет в среднем около 0.11" и 0.56" для прямых восхождений и склонений, соответственно). Оптические координаты и звездные величины в фильтре B получены из астрометрического обзора USNO [19] или APM [20]. Радиоисточник отождествлялся с оптическим объектом, если разность радио- и оптических координат для всех источников была меньше 3σ ошибки радиокоординат.

Значительное число объектов, отождествленных с источниками выборки, было классифицировано ранее, все приведенные в дальнейшем красные смещения и типы объектов получены из каталога квазаров и активных ядер галактик 2001 г. [21], из базы данных внегалактических источников NED [22] и из наших работ [23–25]. 13 объектов, отождествленных с источниками выборки, еще не классифицированы.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

4.1. Радиоисточники с нормальными спектрами и шкала плотностей потоков

В исследуемой выборке находится 70 источников с нормальными спектрами. Мы не включили в полную выборку двойные источники, для которых на 4.85 ГГц измерена суммарная плотность потока меньше 400 мЯн. 10 источников нами не наблюдались, так как их угловые размеры больше диаграммы направленности на большинстве частот, либо это двойные источники, которые мы не можем разрешить. В табл. 1 приведены их координаты (колонки 1, 2), классификация объектов (Q — квазар, G — галактика), красное смещение, ссылка на красное смещение и звездная величина в фильтре B (соответственно колонки 3–6).

Калибровочный источник 1347 + 1217 в диапазоне 0.97–21.7 ГГц аппроксимирован прямой $\lg S = A + B \lg \nu$. При этом спектры 68% источников также аппроксимируются прямой (S -спектры), спектры остальных источников аппроксимируются параболой $\lg S = A + B \lg \nu + C \lg^2 \nu$.

Спектры трех источников показывают уплощение на высоких частотах (C_+), вызываемое, по-видимому, компактной компонентой, спектры 15 источников уплощаются к низким частотам из-за синхротронного самопоглощения (C_-), в основном это уплощение сказывается на частотах ниже 2.3 ГГц, на более высоких частотах их спектры также близки к прямой.

¹ JVAS — the Jodrell Bank-VLA Astrometric Survey.

² NVSS — the NRAO VLA Sky Survey.

Таблица 2. Оптические отождествления и аппроксимации постоянных выборки

Радиокоординаты (J2000.0)		Id	z	Ссылки	B	Параметры аппроксимации			Приме- чания (см. текст)
R.A.	DEC.					A	B	C	
00 ^h 29 ^m 08.953 ^s	+11°36'28.20''	EF				2.984	-0.792	-0.086	
00 34 56.157	+10 27 52.03	G	0.057	[22]	15.0	3.021	-0.636		*
00 40 50.354	+10 03 23.14	G	0.188	[21]	18.7	3.872	-0.984		
00 44 34.653	+12 11 19.32	G	0.228	[21]	18.9	2.934	-0.832		*
02 20 47.458	+11 21 42.40	EF				3.278	-0.846	-0.108	*
02 38 30.865	+10 10 07.66	G			19.6	3.171	-0.938		
02 45 14.608	+10 47 01.57	EF				2.740	-0.796		
03 15 21.039	+10 12 43.12	G	0.222	[25]	19.6	3.331	-0.925	0.240	
03 27 23.109	+12 08 35.71	EF				3.191	-0.815	0.081	
04 40 12.413	+11 34 03.83	EF				2.998	-0.861	-0.087	
07 28 32.882	+12 10 10.39	EF				3.152	-0.891		
07 45 28.211	+12 09 28.85	EF				3.007	-1.067		
08 04 47.974	+10 15 22.73	Q	1.956	[21]	17.6	3.415	-1.030		
09 06 04.192	+11 03 27.61	G		[25]	19.2	3.011	-0.874		*
10 14 16.028	+10 51 06.16	+			18.7	3.048	-0.673	-0.224	
10 34 05.090	+11 12 31.95	EF				3.175	-0.908		
11 00 47.733	+10 46 12.98	Q	0.420	[21]	17.9	2.954	-0.936		*
11 04 34.802	+11 03 23.90	EF				3.006	-0.792	-0.138	
11 09 46.038	+10 43 43.21	EF				3.244	-0.562	-0.377	
11 26 27.190	+12 20 33.10	G			19.2	3.123	-0.910		
11 30 19.246	+10 15 26.30	EF				2.694	-0.505		
11 40 27.693	+12 03 07.44	G			15.0	3.301	-0.913		
11 53 03.107	+11 07 20.29	EF				3.079	-1.043	-0.116	
11 59 29.114	+10 46 01.00	EF				2.953	-0.920		
12 04 26.711	+11 29 09.68	EF				2.893	-0.766		
12 23 08.875	+10 29 01.05	EF				2.843	-0.643	-0.132	
12 28 36.804	+10 18 41.69	Q	2.305	[21]	19.0	2.941	-0.885		
12 31 19.866	+11 22 45.03	EF				2.979	-0.709	-0.104	
13 06 19.248	+11 13 39.79	G	0.084	[24]	15.4	2.684	-0.605		
13 09 05.161	+10 29 39.91	EF				2.826	-0.786		
13 21 18.844	+11 06 49.25	Q	2.175	[21]	18.4	3.475	-0.778	-0.052	
13 41 04.302	+10 32 05.96	EF				2.902	-0.988		
13 47 33.425	+12 17 23.94	G	0.121	[21]	14.9	3.783	-0.463		
13 52 56.363	+11 07 07.57	EF				3.295	-0.739	-0.353	
14 23 30.103	+11 59 51.24	Q	1.611	[21]	17.5	3.077	-0.635		
15 11 29.436	+10 01 43.73	EF				2.935	-0.874		
15 22 12.151	+10 41 30.35	G	0.204	[25]	21.0	2.783	-0.823		*
15 23 27.563	+11 30 23.76	+			19.1	2.697	-0.555		
15 23 56.936	+10 55 44.02	+			21.1	3.137	-0.786	-0.115	
15 59 06.913	+12 10 26.95	EF				2.839	-0.814		
15 59 16.840	+11 15 46.11	EF				2.926	-0.746		
16 04 05.732	+11 27 59.88	EF				2.871	-0.892		
16 21 10.388	+10 46 13.88	Q	1.305	[25]	21.8	3.107	-0.743	+0.118	

Таблица 2. Окончание

Радиокоординаты (J2000.0)		Id	z	Ссылки	B	Параметры аппроксимации			Приме- чания (см. текст)
R.A.	DEC.					A	B	C	
16 ^h 31 ^m 45.247 ^s	+11°56′02.99″	Q	1.792	[21]	18.2	3.306	-0.582		
16 38 22.118	+10 35 07.74	EF				3.144	-0.614		
16 40 47.989	+12 20 02.08	EF				3.382	-0.414	-0.064	
17 09 35.035	+11 40 27.72	+			18.8	2.865	-0.780		*
17 13 43.382	+10 37 24.86	+			19.3	2.869	-0.749	-0.084	
17 27 53.762	+10 42 56.50	Q	0.833	[21]	20.2	2.784	-0.891		
20 22 08.547	+10 01 10.81	Q	0.469	[21]	19.4	3.651	-0.941		*
21 38 26.222	+11 58 04.15	EF				2.979	-0.940		*
21 51 04.053	+12 19 50.45	EF				3.114	-0.958	-0.070	*
22 01 16.687	+10 23 47.59	Q	1.729	[21]	18.1	2.832	-0.848		
22 03 45.543	+12 17 15.63	+			18.9	2.895	-0.844		
22 29 57.456	+11 27 37.73	G	0.239	[23]	21.2	2.794	-0.783		
22 41 34.421	+11 45 44.84	EF				3.062	-0.841		*
22 54 10.450	+11 36 37.90	Q	0.325	[21]	15.6	3.283	-0.739		
23 11 17.868	+10 08 15.35	Q	0.432	[21]	16.2	2.950	-0.897		*
23 12 10.467	+12 24 03.46	Q	1.285	[25]	19.1	2.842	-0.745		
23 29 41.090	+11 17 28.60	G	0.119	[22]	18.4	2.758	-0.507		

У 36 источников с нормальными спектрами плотности потоков на частоте 21.7 ГГц оказались ниже предела обнаружения, У части источников измеренные плотности потоков занижены, в основном, на частотах выше 7.7 ГГц из-за соизмеримости

угловых размеров источника с диаграммой направленности по прямому восхождению. Это занижение согласуется с угловыми размерами, приведенными в Техасском обзоре на 0.365 ГГц [26]. Для этих источников аппроксимация спектров проводилась только с использованием данных на тех частотах, где угловые размеры меньше диаграммы направленности антенны на данной частоте.

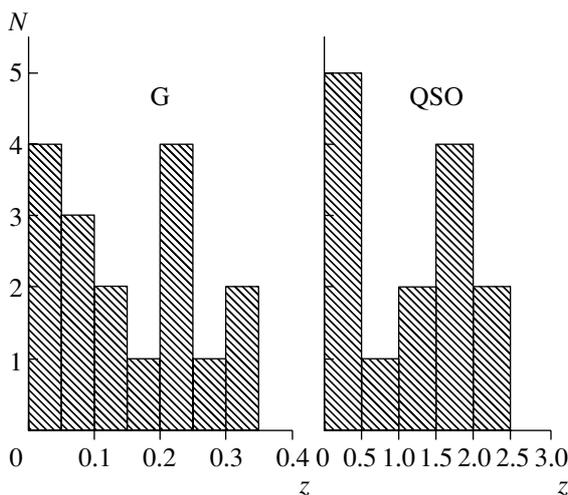


Рис. 2. Распределение галактик и квазаров, отождествленных с источниками с нормальными спектрами, по красным смещениям.

В табл. 2 дана информация о 60 источниках с нормальными спектрами: колонки 1 и 2 — координаты объектов на эпоху J2000, колонки 3–6 — соответственно оптические отождествления (Q — квазар, G — галактика, “+” — источник отождествлен, но спектр еще не получен), красные смещения, ссылки на красные смещения объектов и звездные величины в фильтре B , колонки 7–9 — коэффициенты аппроксимации A , B , C измеренных плотностей потоков, Звездочками в последней колонке отмечены источники, угловые размеры которых соизмеримы с диаграммой направленности по прямому восхождению на частотах выше 7.7 ГГц. Плотность потока источника 1140 + 1203 на частоте 3.9 ГГц находится значительно ниже аппроксимированной по остальным данным.

На рис. 1 показано распределение спектральных индексов для всех источников (а) и для источников, имеющих S -спектры (б). Средний спектральный индекс для источников с S -спектрами равен $\bar{\alpha} = -0.808$, стандарт распределения $\sigma = 0.15$, для всех источников на частоте 3.9 ГГц $\bar{\alpha} = -0.815$, $\sigma = 0.17$. В работе [7] для выборки источников в области склонений $3^{\circ}30' - 6^{\circ}$ (B1950) мы получили для источников со степенными спектрами среднее значение спектрального индекса $\bar{\alpha} = -0.857$, стандарт распределения $\sigma = 0.14$. После учета заведомо протяженных для используемых диаграмм источников это значение уменьшилось до $\bar{\alpha} = -0.81$, что практически совпадает со значением среднего спектрального индекса, полученного для исследуемой области склонений.

По всем источникам с нормальными спектрами с угловыми размерами, много меньшими диаграммы направленности ниже частоты 11.1 ГГц, соотношение шкал плотностей потоков на частоте 1.4 ГГц из обзора NVSS [18] и аппроксимированных плотностей потоков в наших наблюдениях на этой частоте равно $S_{app1.4}/S_{NVSS} = 1.019 \pm 0.004$, среднее отношение аппроксимированных плотностей потоков из наших измерений и обзора GB6 на частоте 4.85 ГГц равно $S_{app4.85}/S_{GB6} = 1.09 \pm 0.01$. Аппроксимированные на частоту 0.365 ГГц плотности потоков в среднем совпадают с полученными в Техасском обзоре, хотя точность аппроксимации вне диапазона частот наших наблюдений ниже, чем внутри исследуемого интервала частот.

Из 70 радиоисточников с нормальными спектрами 21 объект отождествлен с галактиками (у 17 галактик измерены красные смещения), 14 объектов отождествлены с квазарами, 29 — пустые поля до 21^m . Спектры 6 объектов еще не получены. На рис. 2 показано распределение галактик и квазаров по красным смещениям. Среднее красное смещение галактик $\bar{z}(G) = 0.15$ ($\sigma = 0.1$), квазаров $\bar{z}(Q) = 1.22$ ($\sigma = 0.7$).

4.2. Радиоисточники с плоскими спектрами ($\alpha > -0.5$)

В колонках 1, 2 табл. 3 приведены радиокоординаты источников с плоскими спектрами на эпоху J2000, в колонках 3–6 — тип объекта отождествленного с данным источником, красное смещение объекта, ссылка на измерение красного смещения и звездная величина в фильтре в колонках 7–18 — плотности потоков и среднеквадратичные ошибки измерения. Для всех источников получены плотности потоков на 6 частотах, кроме источника 2203 + 1007, у которого на частоте 0.97 ГГц плотность потока не превышает 70 мЯн, для источника 0448 + 1127 на частоте 7.7 ГГц мы не смогли получить

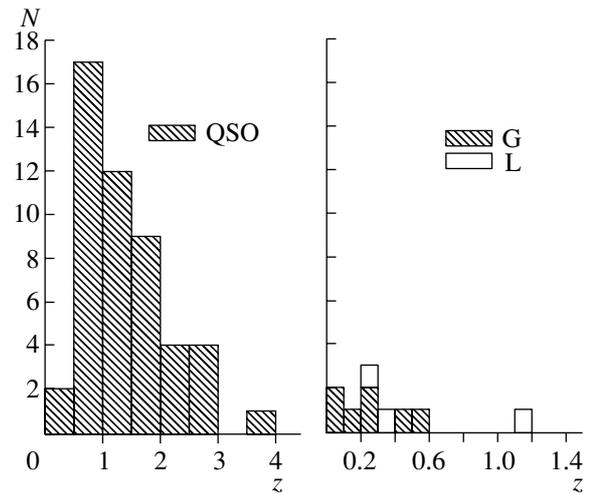


Рис. 3. Распределение квазаров, галактик и объектов типа BL Lac, отождествленных с источниками с плоскими спектрами, по красным смещениям.

истинную плотность потока из-за попадания соседнего сильного источника 0449 + 1121 во второй рупор. Источники 0449 + 1121 и 1728 + 1215 имеют быструю и значительную переменность плотности потока, в таблице приведены спектры, полученные соответственно 05.06.2001 и 30.08.2001.

Из 83 объектов с плоскими спектрами, составляющих полную выборку, 72 (86%) — отождествлены с оптическими объектами, 11 — пустые поля до 21^m . Спектр объекта, отождествленного с источником 1603 + 1105, — звездный; по-видимому, реальное оптическое отождествление блендируется звездой. 49 источников классифицированы как квазары, 8 — как галактики (7 из них имеют измеренные красные смещения). 7 объектов являются объектами типа BL Lac (3 — с измеренными красными смещениями), среди них объекты 0409 + 1217, 0757 + 0956 и 1309 + 1154 обладают высокой степенью поляризации радиоизлучения. 6 объектов еще не классифицированы.

На рис. 3 приведено распределение квазаров и галактик по красным смещениям. Среднее значение красного смещения квазаров равно $\bar{z}(Q) = 1.40$ (стандарт распределения $\sigma(Q) = 0.74$), объектов типа BL Lac — $\bar{z}(L) = 0.55$ ($\sigma(L) = 0.40$), галактик — $\bar{z}(G) = 0.26$ ($\sigma(G) = 0.19$).

На рис. 4 показана зависимость абсолютной спектральной светимости на частоте 11.1 ГГц от красного смещения для источников выборки с плоскими спектрами, рассчитанная для однородной изотропной космологической модели с равной нулю космологической постоянной, с параметром замедления $q = 0.5$ и $H = 50$ км/с Мпк. Сплошная

Таблица 3. Отождествления и плотности потоков источников с плоскими спектрами

Координаты (J2000.0)		Id	z	Ссылки	B	Плотности потоков и ошибки, мЯн											
R.A.	DEC.					0.97 ГГц		2.3 ГГц		3.9 ГГц		7.7 ГГц		11.1 ГГц		21.7 ГГц	
00 ^h 07 ^m 55.710 ^s	+10°27'43.89''	EF				310	[25]	300	11	285	4	262	6	255	8	225	10
00 10 31.007	+10 58 29.51	G	0.089	21	14.1	90	[15]	148	10	182	2	257	3	354	4	650	20
00 36 23.767	+10 07 57.43	Q	1.909	21	17.2	822	[25]	553	10	501	7	483	10	490	10	500	26
00 37 26.042	+11 09 50.91	EF				235	[20]	235	14	230	9	215	4	223	4	226	10
00 38 18.017	+12 27 31.25	Q	1.395	21	16.5	1196	[26]	781	10	683	6	564	6	539	6	440	22
00 42 44.371	+10 09 49.19	EF				257	[20]	252	18	243	6	215	6	230	7	210	20
01 21 29.001	+11 27 00.53	Q	2.487	23	19.7	88	[15]	150	15	186	6	210	6	181	11	150	20
01 21 41.595	+11 49 50.42	Q	0.570	21	19.2	1532	[20]	1704	17	1779	18	1948	13	2030	14	1996	45
01 43 31.090	+12 15 42.95	Q	1.178	25	19.7	348	[15]	220	10	173	3	136	4	128	2	110	10
02 03 46.657	+11 34 45.39	Q	3.610	21	19.4	682	[24]	882	11	902	5	984	7	1039	8	1060	32
02 11 13.177	+10 51 34.79	L		23	15.1	160	[15]	297	9	317	5	333	5	364	5	420	20
02 25 41.910	+11 34 25.47	Q	0.924	21	17.9	380	[22]	361	8	333	4	280	5	282	4	303	15
02 42 29.171	+11 01 00.72	Q	2.694	25	19.3	1690	[25]	1341	15	1166	7	1156	9	1266	9	1357	43
03 02 30.548	+12 18 56.77	EF				514	[29]	536	18	501	5	415	7	361	10	232	20
03 09 03.625	+10 29 16.34	Q	0.863	21	18.4	459	[24]	544	12	651	8	835	9	1018	10	1500	30
03 21 53.104	+12 21 13.95	Q	2.670	21	19.4	2000	[36]	1844	19	1748	4	1442	10	1471	10	1487	40
03 45 01.317	+12 18 48.77	Q	0.901	23	19.5	430	[15]	296	10	205	3	158	3	149	3	147	14
03 55 45.553	+12 31 46.14	Q	1.616	21	18.2	960	[21]	595	10	527	5	443	5	398	5	333	17
04 09 22.009	+12 17 39.85	L	1.020	21	19.2	1003	[26]	1076	15	938	9	814	7	775	7	723	20
04 44 12.467	+10 42 47.29	Q	2.400	25	19.0	820	[32]	596	18	500	13	377	5	340	8	250	30
04 48 50.413	+11 27 54.39	Q	1.375	25	19.4	92	[15]	178	15	230	11	280	13	280	11	260	20
04 49 07.672	+11 21 28.63	Q	1.207*	21	19.9	689	[24]	1279	15	1732	21	2573	29	3235	30	4377	115
05 09 27.457	+10 11 44.59	L		25	19.2	663	[20]	552	12	464	5	467	10	490	8	589	21
05 16 46.646	+10 57 54.77	Q	1.580	25	19.1	1330	[20]	940	12	818	5	655	6	583	6	470	20
07 45 33.060	+10 11 12.69	EF				2503	[35]	3930	30	3726	23	2956	22	2502	20	1831	40
07 49 27.385	+10 57 33.12	G	0.214	25	19.1	219	[43]	180	15	182	4	169	9	165	11	126	15
07 50 52.047	+12 31 04.83	Q	0.889	21	17.7	1401	[34]	1385	39	1516	31	1875	32	2370	21	3252	70
07 57 06.640	+09 56 34.80	L	0.280	21	14.7	1089	[41]	1121	12	1130	9	1320	11	1433	17	1536	56
07 58 07.658	+11 36 46.05	G	0.573	25	16.0	557	[30]	393	20	346	5	298	7	294	7	250	20
08 27 06.513	+10 52 24.15	Q	2.295	21	17.8	185	[20]	144	12	141	5	138	5	127	7	150	25

Таблица 3. Продолжение

Координаты (J2000.0)		Id	z	Ссылки	B	Плотности потоков и ошибки, мЯн											
R.A.	DEC.					0.97 ГГц		2.3 ГГц		3.9 ГГц		7.7 ГГц		11.1 ГГц		21.7 ГГц	
08 ^h 32 ^m 38.478 ^s	+10°40'19.68''	EF				193	[24]	254	15	210	8	191	5	183	10	230	20
08 33 14.368	+11 23 36.25	Q	2.979	21	18.3	724	[30]	351	7	351	3	290	3	274	3	253	10
09 45 49.860	+12 05 31.32	+			19.3	553	[28]	358	17	308	4	246	6	250	8	262	24
09 46 35.069	+10 17 06.13	Q	1.007	24	18.7	358	[20]	352	10	338	4	280	3	250	3	181	16
09 47 45.857	+11 13 53.99	Q	1.760	21	18.1	278	[25]	230	15	215	5	187	6	168	10	134	15
10 01 57.735	+10 15 49.70	Q	1.530	21	17.7	352	[20]	321	11	299	3	267	3	266	4	226	11
10 02 52.846	+12 16 14.59	+			19.6	207	[20]	250	11	302	6	360	8	401	13	405	20
10 15 44.024	+12 27 07.07	L		24	19.2	185	[31]	232	11	277	3	367	4	446	5	532	27
10 42 44.530	+12 03 31.73	Q	1.028	21	17.5	4191	[33]	2435	20	1750	12	1230	10	1049	9	766	11
11 03 03.530	+11 58 16.61	Q	0.917	24	18.9	305	[20]	293	7	320	4	345	6	388	5	474	20
11 18 57.302	+12 34 41.72	Q	2.118	21	17.9	2410	[25]	1836	17	1690	15	1534	15	1591	14	1543	38
11 32 59.491	+10 23 42.63	Q	0.540	21	16.9	1154	[25]	617	10	443	4	364	4	375	4	364	19
12 07 12.625	+12 11 45.88	Q	0.896	24	19.0	112	[20]	224	10	260	9	265	9	281	5	318	18
12 18 26.094	+11 05 05.27	Q	1.403	21	19.0	247	[33]	222	8	217	2	283	3	352	3	335	18
12 54 38.256	+11 41 05.89	Q	0.870	21	16.1	730	[24]	706	12	682	10	746	6	888	7	924	30
13 09 33.933	+11 54 24.56	L		21	18.5	850	[23]	990	12	1062	6	1170	8	1238	10	1248	30
13 15 01.853	+12 20 52.63	G	0.261	24	18.7	298	[20]	245	18	219	8	205	10	210	7	215	20
13 27 54.465	+12 23 11.16	Q	0.950	25	19.5	560	[30]	420	15	411	9	405	10	409	8	415	20
14 30 09.739	+10 43 26.86	Q	1.710	21	17.8	220	[30]	624	09	889	5	916	7	911	8	778	29
14 44 50.736	+11 31 56.40	Q	0.851	21	17.9	367	[20]	211	10	160	4	120	7	110	7	98	10
14 53 44.241	+10 25 57.57	Q	1.770	25	20.5	383	[15]	361	10	295	4	195	4	161	2	102	14
14 55 55.418	+11 51 45.86	EF				450	[30]	327	10	222	6	172	8	146	6	115	18
15 04 24.980	+10 29 39.20	Q	1.833	21	18.8	1687	[29]	1637	14	1745	10	2136	16	2388	18	2540	76
15 07 21.882	+10 18 44.99	G			13.5	340	[30]	295	15	252	4	176	6	144	7	98	15
15 25 02.936	+11 07 44.09	Q	0.331	21	17.4	450	[15]	361	07	223	2	284	3	283	3	282	18
15 50 43.595	+11 20 47.45	Q	0.436	21	16.3	1042	[20]	544	13	390	4	279	5	252	8	220	20
15 55 43.044	+11 11 24.38	L	0.360	21	14.5	314	[15]	300	08	274	3	328	3	355	4	419	17
16 03 41.930	+11 05 48.68				18.3	185	[25]	194	12	215	7	237	4	254	6	257	30
16 08 46.203	+10 29 07.78	Q	1.226	21	17.8	1671	[34]	2217	20	2711	17	3286	27	3714	37	4258	133
16 27 37.032	+12 16 07.11	Q	1.216	25	18.2	348	[30]	294	13	275	7	259	11	252	7	220	20
16 40 58.892	+11 44 04.23	G	0.078	22	15.6	481	[36]	315	16	276	9	231	6	219	14	230	36

Таблица 3. Окончание

Координаты (J2000.0)		Id	z	Ссылки	B	Плотности потоков и ошибки, мЯн											
R.A.	DEC.					0.97 ГГц		2.3 ГГц		3.9 ГГц		7.7 ГГц		11.1 ГГц		21.7 ГГц	
16 ^h 45 ^m 54.675 ^s	+11°13'52.64''	EF				583	[20]	365	10	301	4	246	6	239	8	250	30
17 06 20.498	+12 08 59.81	+			19.0	115	[17]	159	07	187	2	199	3	197	3	173	11
17 22 44.582	+10 13 35.77	Q	0.732	25	21.6	380	[30]	378	18	374	7	370	6	369	12	351	34
17 28 07.051	+12 15 39.48	Q	0.588	25	21.7	256	[20]	405	08	524	6	611	8	635	10	680	29
17 46 56.965	+11 27 17.35	EF				555	[20]	345	10	290	4	260	3	249	4	195	10
20 31 54.995	+12 19 41.34	Q	1.215	21	18.2	875	[17]	876	13	902	6	850	8	914	8	1034	20
20 35 22.334	+10 56 06.78	Q	0.601	21	16.6	1156	[25]	780	20	785	11	842	10	942	10	1040	47
20 49 45.865	+10 03 14.40	EF				185	[20]	434	08	500	3	480	4	492	4	511	22
21 23 13.359	+10 07 54.96	Q	0.932	21	18.1	930	[30]	646	10	513	3	403	4	368	3	336	18
21 45 18.776	+11 15 27.30	Q	0.550	21	18.0	364	[18]	368	07	413	4	460	4	499	5	571	16
21 57 12.862	+10 14 24.80	Q	0.761	21	18.4	215	[20]	272	12	267	3	269	4	318	2	428	16
22 00 07.933	+10 30 07.90	+			21.7	300	[20]	269	12	296	8	319	5	344	10	358	26
22 03 30.953	+10 07 42.58	EF						220	13	325	3	276	3	215	3	102	10
22 22 52.991	+12 13 49.82	+			20.9	290	[15]	260	15	252	2	230	3	228	3	200	10
22 32 36.409	+11 43 50.89	Q	1.037	21	17.1	7822	[47]	6297	26	5316	28	4266	36	4264	40	4686	70
22 33 58.450	+10 08 52.10	Q	1.854	23	17.6	395	[25]	320	24	360	13	350	10	315	18	275	20
23 00 18.317	+10 37 54.08	Q	2.816	23	19.3	79	[10]	130	10	168	4	159	9	161	7	148	15
23 10 28.517	+10 55 30.68	G	0.494	25	18.9	303	[18]	274	8	447	5	357	4	395	4	427	22
23 30 09.952	+12 28 28.60	G	0.144	23	17.5	510	[26]	343	19	269	6	206	5	190	8	153	20
23 30 40.853	+11 00 18.71	Q	1.489	21	17.8	1180	[20]	1255	20	1183	10	1053	10	1026	10	923	14
23 47 36.406	+11 35 17.89	+			18.3	468	[40]	267	20	220	5	183	5	186	6	153	20
23 50 02.031	+11 06 36.71	+			19.7	275	[15]	256	6	257	2	269	3	279	3	280	17

Примечание. Оптический спектр объекта, отождествленного с источником 0449+1121, был получен 21.09.2001 на 6-м телескопе БТА САО РАН. Спектр чисто континуальный, без линий. Объект отнесен нами к классу лацертид [25]. Ссылки на измерение красного смещения, приведенные в каталоге квазаров и активных ядер галактик 2001 г. ($z = 1.207$) не содержат данных наблюдения этого объекта.

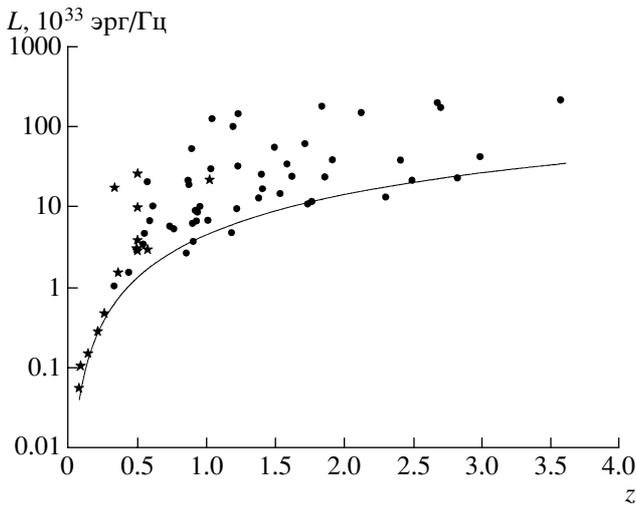


Рис. 4. Зависимость абсолютной спектральной светимости на частоте 11.1 ГГц от красного смещения для источников выборки с плоскими спектрами: звездочки — лацертиды и галактики, кружки — квазары. Объяснение сплошной кривой см. в тексте.

линия — значение минимальной светимости, которая может быть обнаружена для данной ограниченной по плотности потока выборки.

Большинство источников с плоскими спектрами состоят, по крайней мере, из двух компонент — протяженной и компактной.

Для изучения характеристик спектров компактных компонент нужно получить их спектры в чистом виде, т.е. исключить излучение от протяженной компоненты. Под компактной компонентой мы подразумеваем суммарное излучение джета, который состоит из облаков релятивистских электронов, сформировавшихся в результате распространения ударных волн и находящихся на различных стадиях эволюции. Именно формированием и эволюцией этих облаков под воздействием ударных волн в релятивистской плазме возможно объяснение существования переменности источников внегалактического радиоизлучения [27–29]. В [30] рассмотрена на полуколичественном уровне “обобщенная модель”, дающая возможность проследить эволюцию спектральных и временных характеристик вспышки на разных стадиях взаимодействия фронта ударной волны с облаком релятивистских электронов.

В [31] на основе почти одновременных наблюдений, проведенных по кооперативной программе в диапазоне от 20 см до 1400 Å, построены спектры, охватывающие более 6 декад по частоте. Авторы отмечают, что спектры активных источников гладкие и хорошо описываются параболой в логарифмическом масштабе. В то же время спектры источников с малой активностью не столь гладкие

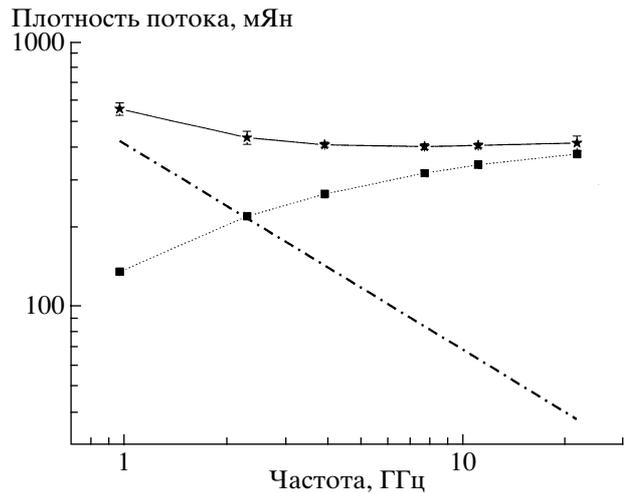


Рис. 5. Разделение компонент спектра источника 1327 + 1223 на эпоху 06.2001. Сплошная линия — исходный спектр, пунктирная — спектр компактной компоненты, штрих-пунктирная — спектр протяженной компоненты.

и плохо описываются параболой. В работе [32] на основе анализа данных исследования переменных источников в 1965–1973 г. на частотах 6.6 и 10.7 ГГц [33], в 1965–1984 г. на частотах 4.8, 8.0 и 14.5 ГГц [34] и с 1978 г. по настоящее время в миллиметровом диапазоне [35] получены средние спектры переменных источников на различных стадиях развития переменности. Показано, что эти спектры также хорошо аппроксимируются логарифмической параболой.

При дальнейшем анализе предполагается, что спектры радиоисточников состоят из двух компонент: степенной, вида

$$\lg S = S_0 + \alpha \lg \nu,$$

и компактной, которую можно представить квадратичной функцией вида

$$\lg S = C + 0.5(\lg \nu - B)^2/A,$$

где C — логарифм плотности потока в максимуме спектра, B — логарифм частоты, на которой этот максимум достигается, A — логарифмический интервал от частоты максимума до частоты, на которой $d \lg S / d \lg \nu = 1$ (параметр кривизны спектра) [31].

Процедура разделения компонент была следующей: выбиралось решение с минимальными невязками

$$\sum [S_{\nu i} - (S_{\nu i}^s + S_{\nu i}^c)]^2,$$

где $S_{\nu i}$ — измеренная на данной частоте плотность потока, $S_{\nu i}^s$ — плотность потока, относящаяся к степенному спектру и $S_{\nu i}^c$ — плотность потока, относящаяся к компактной компоненте.

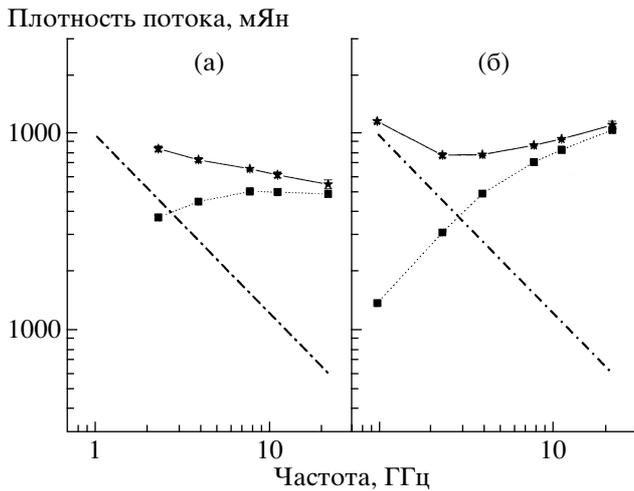


Рис. 6. То же, что на рис. 5, для источника 2035 + 1056 на эпохи 06.2002 (а) и 06.2001 (б).

Практически для всех источников задача решалась с привлечением данных на частоте 0.365 ГГц [26].

Мы считаем, что спектральные характеристики протяженных компонент источников с плоскими спектрами и источников с нормальными спектрами близки, поэтому разделение считалось успешным, если спектральные индексы лежали в диапазоне $\alpha = -0.5 \div -1.1$. Спектр протяженной компоненты считается постоянным для всех эпох наблюдений.

Ниже приведены характеристики спектров на эпоху наблюдений 06.2001–11.2001. Изменения спектральных характеристик рассмотрены только в узком временном интервале от рассматриваемой эпохи наблюдений (1 год).

Спектры источников выборки можно разделить на 4 группы.

1. Спектры 28 источников представляются двумя компонентами: протяженной со степенным спектром и компактной, которая хорошо аппроксимируется логарифмической параболой с максимумом, находящимся в диапазоне частот, не превышающем 25 ГГц. При этом спектр протяженной компоненты определяется наиболее точно. Средний спектральный индекс протяженных компонент $\bar{\alpha} = -0.79$, что близко к среднему индексу, полученному для степенных спектров данной выборки и подтверждает правильность проведенного разделения.

На рис. 5 приведен пример разделения компонент источника 1327 + 1223, а на рис. 6 — разделения компонент источника 2035 + 1056 на эпоху 06.2002 (а) и 06.2001 (б).

У 23 объектов протяженная компонента на частоте 0.97 ГГц составляет от 18% (1706 + 1208)

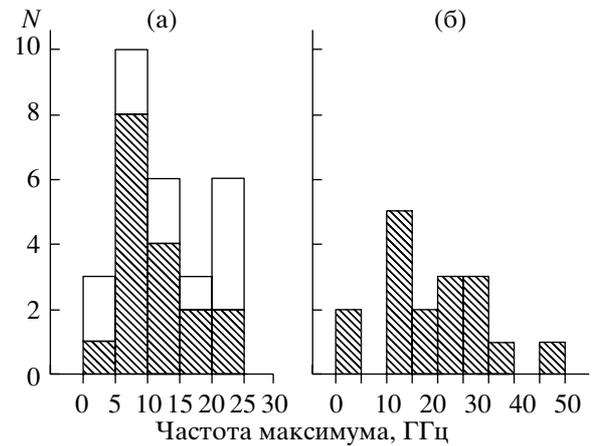


Рис. 7. Распределение частот максимумов компактных компонент в системе наблюдателя (а) и в системе покоя источника (б). На левой диаграмме заштрихованная часть — источники с измеренными красными смещениями.

до 100% (1042 + 1203). У 5 объектов протяженная компонента мала, например, у 0121 + 1127 и 2203 + 1007.

Среднее красное смещение квазаров этой группы $\bar{z} = 1.58$, стандарт распределения $\sigma = 0.61$. На рис. 7 показано распределение частот максимумов компактных компонент в системе наблюдателя и источника. Для квазаров существует зависимость частоты максимума от красного смещения: $\bar{\nu}_{\max} = 8.5$ ГГц для квазаров с красными смещениями $z > 1.3$ и $\bar{\nu}_{\max} = 14$ ГГц для квазаров с $z < 1.3$. В системе покоя источника зависимость исчезает, средние частоты максимума соответственно равны 25 и 26 ГГц. Не найдено статистически значимых корреляций между коэффициентами аппроксимации спектров компактных компонент в системе покоя источника и зависимостей коэффициентов аппроксимации от абсолютной спектральной радиосветимости источников. Такой же результат получен для спектров компактных компонент источников в области склонений $3^{\circ}30' - 6^{\circ}$ [8].

Плотности потоков большинства источников этой группы меняются медленно, индекс переменности $V = (S_{\max} - S_{\min}) / (S_{\max} + S_{\min})$ не превышает 0.05. Исключение в этой группе составляет источник 1722 + 1013, обладающий значительной переменностью плотности потока, индекс переменности на частоте 21.7 ГГц составляет $V = 0.32$ за 6 мес. На эпоху 11.2001 наблюдаемый спектр этого источника — растущий с частотой, максимум плотности потока в спектре находится за пределами исследуемого диапазона. Изменение спектра большинства источников со временем характеризуется перемещением максимума в сторону низких частот, наблюдается развитие одной вспышки.

2. Спектры 22 источников разделяются на степенную компоненту и параболу, максимум которой находится заметно выше исследуемого диапазона. Средний спектральный индекс и стандарт распределения протяженных компонент для этой группы не отличаются от предыдущей. Среднее красное смещение квазаров и объектов типа BL Lac для этой группы источников $\bar{z} = 0.99$, стандарт распределения $\sigma = 0.57$. Точность аппроксимации недостаточна для количественных оценок. В этой группе находятся более активные источники, у большей части которых максимум в спектре находится на частотах выше 30 ГГц по всем наблюдениям; изменение спектров с течением времени для таких источников характеризуется изменением спектрального индекса, соответствующего растущей с частотой части параболы. Например, у компактной компоненты источника 1015 + 1227 спектральный индекс между частотами 7.7 и 11.1 ГГц за 3 года менялся от +0.38 до +0.55. Частота максимума в спектрах компактных компонент трех источников с самыми большими красными смещениями этой группы, $-1118 + 1234$ ($z = 2.118$), $1504 + 1029$ ($z = 1.883$) и $1608 + 1029$ ($z = 1.226$) — в другие эпохи наблюдений находилась на частотах меньше 25 ГГц. Спектр компактной компоненты галактики 0010 + 1058 на эпоху 09.2000 также аппроксимируется параболой с максимумом в исследуемом диапазоне (10 ГГц). Семь источников этой группы имеют в исследуемом диапазоне большую протяженную компоненту, мы видим компактную компоненту только на высокочастотном конце диапазона.

Принципиального различия между первой и второй группами нет, при наблюдениях в более широком диапазоне частоты максимумов распределяются достаточно равномерно. Большая активность источников второй группы объясняется более высокой частотой максимума [30].

3. Спектры 17 источников не удается разделить в рамках рассматриваемой двухкомпонентной модели. Мы считаем, что в их спектрах присутствует одновременно несколько компактных компонент. Имеющихся точек в спектрах недостаточно для однозначного разделения компонент. Только для двух источников, протяженная компонента в которых мала и для которых есть измерения на частоте 0.365 ГГц, удалось разделить спектр на 2 компоненты, каждая из которых описывается параболой. Например, у источника 1453 + 1025 спектр является суперпозицией двух парабол с максимумами на частотах 1.3 и 20 ГГц. Большинство источников этой группы остаются комплексными во все наблюдаемые эпохи. Среднее красное смещение квазаров $\bar{z} = 1.76$, $\sigma = 0.87$. Многие источники имеют значительную переменность плотности потока на высоких частотах $V_{21.7} > 0.13$ за год. У нескольких

источников значительная переменность, сравнимая по амплитуде с переменностью на высоких частотах, наблюдается и на низких частотах. Например, индекс переменности источника 0409 + 1217 на 2.3 ГГц составляет $V = 0.33$, на 21.7 — $V = 0.29$. В этой группе находятся больше половины объектов типа BL Lac.

4. Спектры 11 источников в диапазоне 0.365—21.7 ГГц аппроксимируются либо логарифмической прямой с индексами от $\alpha = -0.04$ (0037 + 1109) до $\alpha = -0.5$ (1455 + 1151, 1507 + 1018), либо спектры имеют уплощение на частотах выше 3.9 ГГц. Уплощение, вероятнее всего, вызывается компактной компонентой, активной на более высоких частотах, однако в рамках рассматриваемой модели не удается разделить компоненты для этих источников. 60% отождествленных источников этой группы составляют галактики; источники, которые наблюдались более одного раза, не показывают значимой переменности плотности потока.

Не удалось интерпретировать спектры источников 0833 + 1123 и 2310 + 1055. У первого источника отсутствуют данные измерения плотности потока на частотах ниже 0.97 ГГц, в то время как в наших наблюдениях измеренная плотность потока на 0.97 ГГц равна 724 мЯн. У второго источника на нескольких частотах в диаграмму попадает близкий источник.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для всех источников выборки с нормальными спектрами получены плотности потоков в диапазоне частот 0.97—11.1 Гц, а для трети источников — до 21.7 ГГц. Спектры 68% источников аппроксимируются прямой во всем диапазоне частот, спектры 28% источников имеют самопоглощение к низким частотам, 3 источника имеют спектры, уплощающиеся к высоким частотам, что, по-видимому, вызывается излучением компактных компонент с частотами максимумов выше исследуемого диапазона.

Для всех источников выборки с плоскими спектрами получены плотности потоков в диапазоне частот 0.97—21.7 ГГц. Проведено разделение этих спектров на протяженную и компактную компоненты. Протяженная компонента аппроксимировалась логарифмической прямой со спектральным индексом $\alpha = -0.5 \div -1.1$, компактная — логарифмической параболой. Для 50 источников удалось найти решение этой задачи, согласующееся с имеющимися низкочастотными данными измерения плотностей потоков. Вклад протяженной компоненты на частоте 0.97 ГГц для разных источников меняется от 0 до 100%. Спектры 17 источников не удается разделить в рамках двухкомпонентной

модели, по-видимому, в источниках присутствует одновременно несколько компактных компонент.

Для компактных компонент с максимумом до 25 ГГц в системе покоя источников не найдено статистически значимой корреляции между параметрами их спектров и абсолютными спектральными радиосветимостями.

Проведено оптическое отождествление всех источников выборки. Значительное количество оптических объектов, отождествленных с источниками выборки, было классифицировано ранее, для остальных отождествлений продолжается работа по получению оптических спектров.

59% источников с нормальными спектрами отождествлены до 21^m : среди них 52% составляют галактики со средним красным смещением $\bar{z} = 0.15$, 34% — квазары с $\bar{z} = 1.22$, спектры 6 объектов еще не получены.

86% источников с плоскими спектрами отождествляются с оптическими объектами: среди них 68% составляют квазары со средним красным смещением $\bar{z} = 1.40$, 10% — объекты типа BL Lac ($\bar{z} = 0.55$) и 11% — галактики ($\bar{z} = 0.26$), остальные объекты еще не классифицированы.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта 01-02-16331), грантом программы “Университеты России” (код проекта УР.02.03.005) и грантом ФЦНТП “Астрономия”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, *Астрон. журн.* **72**, 291 (1995).
2. P. C. Gregory, W. K. Scott, K. Douglas, and J. J. Condon, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* **103**, 427 (1996).
3. D. S. Heeschen, *Astron. J.* **89**, 1111 (1984).
4. A. G. Gorshkov, V. K. Konnikova, and M. G. Mingaliev, *Astrophys. and Space Sci.* **278**, 93 (2001).
5. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, и др., *Астрон. журн.* (в печати).
6. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, *Астрон. журн.* (в печати).
7. А. М. Боташев, А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, *Астрон. журн.* **76**, 723 (1999).
8. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, *Астрон. журн.* **77**, 407 (2000).
9. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, *Астрон. журн.* **74**, 374 (1997).
10. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, М. Г. Мингалиев, *Астрон. журн.* **77**, 188 (2000).
11. А. Б. Берлин, А. А. Максяшева, Н. А. Нижельский и др., Тез. докл. XXVII радиоастрон. конф. С.-Петербург **3**, 115 (1997).
12. Н. С. Соболева, А. В. Темирова, Т. В. Пятунина, Препринт Специальн. астрофиз. обсерв. 1986. 32 л.
13. А. Г. Горшков, О. И. Хромов, *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО) **14**, 15 (1981).
14. А. Г. Горшков, В. К. Конникова, *Астрон. журн.* **73**, 351 (1996).
15. H. Tabara and M. Inoue, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **39**, 379 (1980).
16. А. Д. Кузьмин, А. Е. Соломонович, *Радиоастрономические методы измерения параметров антенн* (М., Сов. Радио, 1964).
17. I. W. A. Browne, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **293**, 257 (1998).
18. J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen, *et al.*, *Astron. J.* **115**, 1693 (1998).
19. D. Monet, A. Bird, B. Canzian, *et al.*, USNO-SA1.0 (U. S. Naval observatory, Washington DC, 1996).
20. R. L. Pennington, R. M. Humphreys, S. C. Odewahn, *et al.* *Publs Astron. Soc. Pacif.* **105**, 103 (1993).
21. M. P. Veron-Cetty and P. Veron, *Astron. and Astrophys.* **374**, 92 (2001).
22. NASA/IPAC Extragalactic Database. <http://nedwww.ipac.caltech.edu>.
23. В. Чавушян, Р. Мухика, Х. Р. Валдес, и др., *Астрон. журн.* **79**, 771 (2002).
24. В. Л. Афанасьев, С. Н. Додонов, А. В. Моисеев и др., Письма в “Астрон. журн.” **6** (2003).
25. В. Л. Афанасьев, С. Н. Додонов, А. В. Моисеев, и др., *Астрон. журн.* (в печати).
26. J. N. Douglas, *Bull. Amer. Astron. Soc.* **19**, 1048 (1987).
27. R. D. Blandford and A. Kongil, *Astrophys. J.* **232**, 34 (1979).
28. A. H. Marscher and W. K. Gear, *Astrophys. J.* **298**, 114 (1985).
29. P. A. Hughes, H. D. Aller, and M. F. Aller, *Astrophys. J.* **374**, 57 (1991).
30. E. Valtaoja, H. Terasranta, S. Urpo, *et al.*, *Astron. and Astrophys.* **254**, 71 (1992).
31. R. Landau, B. Golisch, T. J. Jones, *et al.*, *Astrophys. J.* **308**, 78 (1986).
32. А. Г. Горшков, Тез. докл. XXVII радиоастрон. конф. С.-Петербург **1**, 176 (1997).
33. B. H. Andrew, J. M. Macleod, G. A. Harvey, and W. J. Medd, *Astron. J.* **83**, 863 (1978).
34. H. D. Aller, M. F. Aller, G. Latimer, and P. E. Hodge, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* **59**, 513 (1985).
35. H. Terasranta, M. Tornikoski, E. Valtaoja, *et al.*, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **94**, 121 (1992).

**SPECTRA, OPTICAL IDENTIFICATIONS, AND STATISTICS
OF A FLUX-DENSITY-COMPLETE SAMPLE OF RADIO SOURCES
AT DECLINATIONS $10^{\circ} - 12^{\circ}30'$**

A. G. Gorshkov, V. K. Konnikov, and M. G. Mingaliev

The results of 0.97, 2.3, 3.9, 7.6, 11.1, and 21.7 GHz observations of a flux-density-complete sample of radio sources obtained on the RATAN-600 radio telescope are presented. The sample is comprised of sources from the 4.95-GHz MGB survey, and contains all sources at declinations $10^{\circ} - 12^{\circ}30'$ (J2000) with Galactic latitudes $|b| > 15^{\circ}$ and flux densities $S_{4.85} > 200$ mJy. About 86% of the radio sources with flat spectra and 59% with normal spectra are identified with optical objects. The flat-spectrum sources are separated into extended and compact components.