

УДК 524.7—77

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ГАЛАКТИК
БЮРАКАНСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
НА ЧАСТОТЕ 102 МГц

В. С. АРТЮХ, М. А. ОГАННИСЯН

Поступила 8 февраля 1983

Принята к печати 4 августа 1983

На частоте 102 МГц проведены наблюдения 131 галактики бюраканской классификации методом мерцаний. Показано, что галактики с более выраженными ядрами имеют большую активность в радиодиапазоне и в них чаще встречаются мерцающие компоненты (с угловыми размерами $\sim 0.''1$). Спектры мерцающих компонентов — крутые.

1. Введение. В работах [1, 2] В. А. Амбарцумяном было высказано предположение о том, что активность галактик связана с их ядрами. В частности, галактики, имеющие более выраженные ядра, являются более яркими в оптическом и радиодиапазонах. Начиная с 1962 г., в Бюраканской обсерватории проведены фотографические наблюдения большого числа (711) галактик, на основании которых была предложена бюраканская классификация центральных частей галактик [3]. Согласно этой классификации все галактики разделены на 6 классов, начиная с галактик совсем не имеющих ядер (1-й класс) и кончая галактиками с четко выраженными звездообразными ядрами (5-й класс).

Наблюдения в сантиметровом диапазоне волн [4—6] показали, что действительно имеется заметная корреляция вида ядер галактик с их активностью в радиодиапазоне. Наблюдения большого числа галактик на волнах 6 см [7], 11 см [8], 13 см [9] и 21 см [10] включали в себя около 300 из 711 галактик бюраканской классификации. Для 40 из них, наблюдавшихся на всех частотах, мы получили спектры, которые можно аппроксимировать степенной зависимостью $S \sim \nu^{-\alpha}$. На рис. 1 приведено распределение галактик по спектральным индексам в сантиметровом диапазоне. Средний спектральный индекс равен $\alpha = 0.8$. Следовательно, можно ожидать заметного радиоизлучения этих галактик и на низких частотах.

На основании этого мы провели исследование радиоизлучения галактик всех шести классов в метровом диапазоне волн на частоте 102 МГц.

2. *Наблюдения.* Наблюдения проводились на Большой синфазной антенне (БСА) Физического института АН СССР в г. Пушино [11]. Диаграмма антенны имеет размер $1^\circ \times 0.5^\circ / \cos z$ (z — зенитное расстояние), максимальная эффективная площадь составляет $20\,000 \text{ м}^2$. Частота приема менялась от 102 до 103 МГц для наблюдения источников в максимуме диаграммы антенны по склонению. Постоянная времени 0.6 с, ширина полосы пропускания 1400 кГц, величина аппаратных шумов 0.14 Ян, эффект путаницы (confusion) $\sim 1^\circ$ Ян. Наблюдения проводились методом мерцаний источников на неоднородностях межпланетной плазмы. Разрешающая способность метода ~ 0.1 , что позволило исследовать тонкую структуру ядер галактик. Методика наблюдений и их обработки приведена в [12]. Плотности потоков оценивались относительно источников из 3С-каталога, как описано в [13].

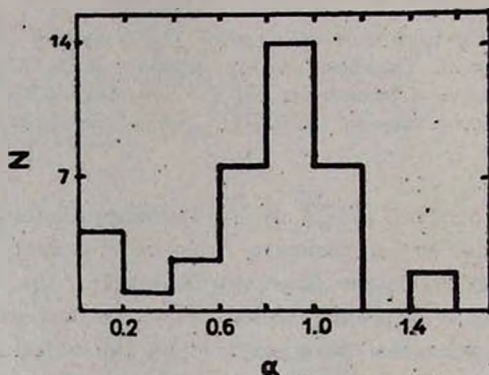


Рис. 1. Распределение галактик по спектральным индексам в сантиметровом диапазоне.

3. *Результаты наблюдений.* За период 1980—1982 гг. удалось пронаблюдать 131 галактику. Результаты наблюдений приведены в табл. 1. В первом столбце таблицы даны номера галактик из Нового общего каталога (NGC), во втором — класс галактики по бюраканской классификации, в третьем — измеренные плотности потока на частоте 102 МГц и их погрешности, в четвертом — плотность потока мерцающих компонентов, в пятом — примечания. В тех случаях, когда источника не было видно и на аналоговой записи наблюдалась ровная нулевая линия, мы давали верхнюю оценку плотности потока < 1 Ян.

Когда источник находился в сложной области и его не было видно, то мы принимали, что его плотность потока меньше 2 или 3 Ян в зависимости от области.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

NGC	Бюраканский класс	S_{102} (Ян)	S_{M102} (Ян)	Примечания
1	2	3	4	5
23	3	—	<0.5	Мешает протяженный источник
125	3	<3	<0.5	
127	3	<3	<0.5	
128	3	<3	<0.5	
160	4	<2	<0.5	
182	3	<3	<0.5	
194	3	<3	<0.5	
198	4	<3	<0.5	
200	1	<3	<0.5	
205	5	—	—	Мешает NGC 224
221	4	—	—	Мешает NGC 224
598	5	10.7 ± 2	<0.5	
672	1	<3	<0.5	
684	3	4.5 ± 1	—	$\theta < 0.1$
936	3	5.1 ± 1	—	Возможно, мерцает.
1055	1	—	—	На $40''$ позже наблюдается мерцающий источник: $S_{102} = 10.5$ Ян, $\theta = 0.8$, $S_M = 2$ Ян.
1058	4	<2	<0.5	
1068	5	24 ± 5	5 ± 1	$\theta = 0.2$
1637	4	<3	<0.5	
1961	4	<2	<0.5	
2268	4	<1	<0.5	
2236	1	<3	<0.5	
2366	2	<2	<0.5	
2403	1	3.5 ± 1	0.5 ± 0.2	
2500	2	<3	<0.5	
2545	5	<2	<0.5	
2551	3	<3	<0.5	
2562	3	<3	<0.5	
2563	3	<3	<0.5	
2636	3	<2	<0.5	
2646	3	—	—	На $1''.3$ позже источник $S_{102} = 2$ Ян, $\theta < 1''$, $S_M = 2$ Ян
2608	4	4.2 ± 1	—	$E = 12^\circ$
2681	4	<2	<0.5	
2701	2	<3	<0.5	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5
2713	4	<2	<0.5	
2742	1	<3	<0.5	
2793	2	5.5 ± 1	<0.5	
2798	4	<2	<0.5	
2859	3	<2	<0.5	
2903	2	<4	<0.5	
2911	3	<2	<0.5	
2914	3	<2	<0.5	
2967	2	<3	<0.5	
2976	2	<4	<0.5	
3077	1	<3	<0.5	
3162	4	6.5 ± 1.3	—	На 1^m раньше мерцающий источник, $S_m = 3$ Ян
3166/9	3	6.5 ± 1.3	—	Мешает мерцающий источник
3226	4	<3	<0.5	
3227	5	<2	<0.5	
3245	3	<3	<0.5	
3294	2	<2	<0.5	
3310	5	3.1 ± 1	(0.5 ± 0.2)	
3344	5	3.4 ± 1	<0.5	
3395	2	<2	<0.5	
3396	4	<2	<0.5	
3521	4	5.5 ± 1	(0.5 ± 0.2)	
3627	3	4 ± 1	2 ± 0.5	$\theta = 0.7$.
3773	4	<3	<0.5	
3928	5	<3	<0.5	
4051	5	<2	<0.5	
4123	4	<2	<0.5	
4151	5	6 ± 1.2	0.8 ± 0.5	$\theta = 0.1$
4478	3	—	—	Мешает NGC 4486.
4486	3	2000 ± 300	<100	
4532	1	<2	<0.5	
4725	4	<2	<0.5	
4765	3	<3	<0.5	
4772	3	<2	—	Возможно, мерцает
4958	3	<2	<0.5	
4999	4	<1	<0.5	
5033	2	<2	—	На $40''$ позже мерцающий источник, $S_{102} = 3$ Ян.
5055	5	8 ± 1.6	<0.5	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5
5173	3	<1	<0.5	
5194	4	20±4	—	$E = 73^\circ$.
5195	4	—	—	Мешает NGC 5194.
5198	3	<2	<0.5	
5204	2	—	<0.5	На 30 ^а раньше мерцающий источник, $S_{102} = 5$ Ян.
5248	2	<1	<0.5	
5308	4	<2	<0.5	
5350	3	—	—	На 40 ^а раньше мерцающий источник, $S_m = 3$ Ян.
5353	3	—	—	
5363	2	<1	<0.5	
5364	2	<1	<0.5	
5371	3	<2	<0.5	
5430	4	<3	<0.5	
5448	4	<2	<0.5	
5457	2	—	—	На 1 ^м раньше мерцающий источник, $S_{102} = 2$ Ян.
5473	3	<2	<0.5	
5485	3	<2	<0.5	
5523	1	—	—	На 40 ^а позже мерцающий источник, $S_{102} = 2$ Ян.
5548	5	<2	0.8±0.5	$\theta = 0.1$.
5574	3	—	—	На 1 ^м раньше мерцающий источник.
5676	4	<2	<0.5	
5683	3	<2	<0.5	
5701	3	<2	<0.5	
5713	4	4±1	<0.5	
5806	3	<1	<0.5	
5813	3	<3	<0.5	
5831	3	<2	<0.5	
5838	3	<1	<0.5	
5866	1	<2	0.7±0.5	
5921	4	<1	<0.5	
5949	1	<1	<0.5	
5962	2	<2	<0.5	
5982	3	<1	<0.5	
5985	3	<1	<0.5	
6027	3	<2	<0.5	
6070	2	<2	<0.5	

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5
6181	2	<1	<0.5	
6217	5	<1	<0.5	
6239	1	—	—	На 30" раньше мерцающий источник, $S_{102}=12.4$ Ян.
6308	4	<2	<0.5	
6314	3	<2	<0.5	
6384	3	<2	<0.5	
6412	4	<1	<0.5	
6503	2	<2	<0.5	
6574	4	<2	<0.5	
6643	4	<2	<0.5	
6654	5	<2	<0.5	
6661	3	<1	<0.5	
6703	3	—	—	Мешает ЗС 888, $S_{102}=44$ Ян.
6824	3	<2	<0.5	
7625	3	—	—	Мешает источник, $S_{102}=6$ Ян.
7716	4	7 ± 1.5	<0.5	
7741	2	<3	<0.5	
7769	5	<3	<0.5	
7770	3	<3	<0.5	
7771	4	<3	<0.5	
IC 342	4	15.7 ± 3	<0.5	
IC 520	4	—	—	На 2" раньше источник, $S_{102} = 2$ Ян, $S_{\text{н}} = 2$ Ян.
IC 1727	1	<2	<0.5	

Эффект путаницы для мерцающих источников на антенне БСА был исследован в [14], его медианное значение ~ 0.14 Ян. Поэтому мерцающие источники, плотность потока которых была меньше 0.5 Ян, относились к сомнительным, и если слабые мерцания все же наблюдались, то в примечаниях мы писали, что источник, возможно, мерцает.

Угловые размеры мерцающих компонентов приводятся в примечаниях. Методика измерения угловых размеров подробно описана в [12]. Здесь мы напомним, что погрешность измерений составляет $\begin{matrix} +100\% \\ -50\% \end{matrix}$, например, угловой размер $0.2 \begin{matrix} +0.2 \\ -0.1 \end{matrix}$.

На рис. 2 приведены четыре спектра, явно отличающиеся от остальных. NGC 3344 имеет очень крутой спектр ($\alpha = 1.5$), спектр NGC 2903

претерпевает явный излом. Измерения потоков NGC 598 и IC 342 имеют большой разброс. Возможно эти источники переменны.

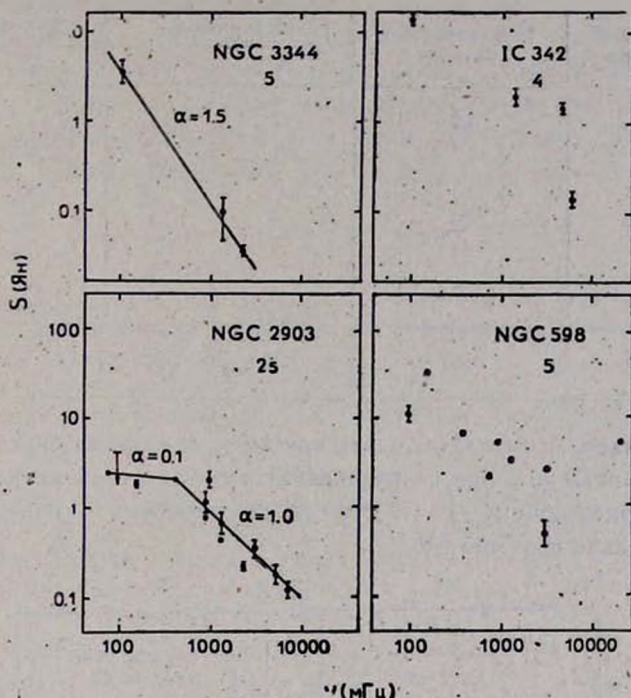


Рис. 2. Наиболее интересные спектры радиоизлучения галактик.

Вопрос о случайном совпадении слабого радиоисточника с исследуемой галактикой подробно рассмотрен в [15, 16]. Отметим, что для источника с плотностью потока 3 Ян вероятность такого совпадения ~ 0.01 . Для более сильных потоков она резко убывает.

4. Обсуждение результатов. Из 131 галактики радиоизлучение на частоте 102 МГц обнаружено у 22, из них 9 имеют мерцающие компоненты. В табл. 2 приведены галактики, имеющие радиоизлучение для каждого класса. Как видно из таблицы, процент радиоактивных галактик явно растет с номером класса галактик, что подтверждает предположение, высказанное в [1, 2]. Исключение составляет первый класс, но заметим, что излучение галактик NGC 2403 и NGC 5866 слабое, да и статистики еще недостаточно для окончательных выводов.

Для двух галактик NGC 1068 и NGC 5548 на высоких частотах имеются наблюдения с большим разрешением ($\sim 0.''1$) [19, 20]. Это позволило нам построить спектры точечных компонентов этих галактик (рис. 3).

Таблица 2

ЧИСЛО ГАЛАКТИК, ИМЕЮЩИХ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛАССА ГАЛАКТИК

Класс галактик по бюраканской классификации	Количество исследованных галактик	Количество радиоисточников		Количество мерцающих источников	
		N	$\%$	N	$\%$
1	13	2	15	2	15
2	17	1	5	0	0
2S	3	0	0	0	0
3	48	5	10	2	4
4	35	7	20	1	3
5	15	7	47	4	27
Общее число	131	22	16	9	7

Из рисунка видно, что спектры очень крутые и тем самым они ближе к точечным источникам в ядрах сейфертовских галактик и галактик с ультрафиолетовым континуумом [17, 15], тогда как точечные источники в квазарах имеют плоские спектры [18].

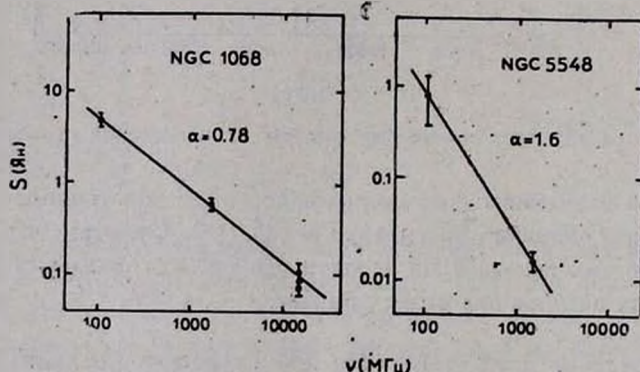


Рис. 3. Спектры точечных компонентов галактик.

В заключение авторы благодарят сотрудников группы эксплуатации антенны БСА за оказанную помощь в наблюдениях.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева АН СССР
Бюраканская астрофизическая
обсерватория

OBSERVATIONS OF GALAXIES OF BYURAKAN
CLASSIFICATION AT A FREQUENCY OF 102 MHz .

V. S. ARTYUKH, M. A. HOVANISSIAN

Interplanetary scintillation observations of 131 galaxies of Byurakan classification have been made at a frequency of 102 MHz. The galaxies which have brighter nuclei are more radio active and they have more frequently scintillation components (scale 0.1 arc sec). The scintillation components have steep spectra.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Изв. АН Арм.ССР, сер. ФМЕТ, 9, 23, 1956.
2. В. А. Амбарцумян, Изв. АН Арм.ССР, сер. физ.-мат. наук, 11, 9, 1958.
3. Сообщ. Бюраканской обс., 47, 43, 1975.
4. Г. М. Товмасын, Астрофизика, 2, 419, 1966.
5. Г. М. Товмасын, Астрофизика, 3, 555, 1967.
6. H. M. Toumassian, Ap. J., 178, L47, 1972.
7. R. A. Shramek, A. J., 80, 771, 1975.
8. J. Pfeleiderer, Astron. Astrophys. Suppl., ser., 28, 313, 1977.
9. L. L. Dressel, J. J. Condon, Ap. J. Suppl., ser., 36, 53, 1978.
10. E. Hummel, Astron. Astrophys. Suppl., ser., 41, 1951, 1980.
11. В. В. Виткевич и др., Радиофизика, 19, 1594, 1976.
12. В. С. Артюх, Астрон. ж., 58, 208, 1981.
13. V. S. Artyukh, B. Speed, Astrophys. Space Sci., 61, 229, 1979.
14. В. С. Артюх, В. И. Шишов, Астрон. ж., 59, 896, 1982.
15. В. С. Артюх, Р. А. Кандалян, М. А. Оганнисян, В. А. Санамян, Астрофизика, 18, 215, 1982.
16. В. С. Артюх, В. Г. Малумян, М. А. Оганнисян, Астрон. ж., 59, 1075, 1982.
17. В. С. Артюх, Ю. Н. Ветухновская, Письма АЖ, 1982 (в печати).
18. В. С. Артюх, Астрон. ж., 1983 (в печати).
19. J. M. van der Hulst, E. Hummel, J. M. Dickey, Ap. J. Lett., 261, 59, 1982.
20. D. L. Jones, R. A. Sramek, I. Terzian, National As. and Ionosphere center, September, 1980.