

УДК 524.7—77

СПЕКТРЫ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ И БЮРАКАНСКАЯ  
КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЛАКТИК

В. Г. МАДУМЯН

Поступила 16 сентября 1982

Принята к печати 27 января 1983

Показано, что среди спиральных галактик, центральные части которых согласно бюраканской классификации оценены баллами 2, 4, 5 и 2s, объекты с пологими радиоспектрами встречаются значительно чаще, чем среди галактик, центральные части которых оценены баллами 1 и 3, и, наоборот, среди последних существует большой избыток объектов с крутыми спектрами. Избыток объектов с пологими спектрами у галактик классов 2, 4, 5 и 2s еще раз свидетельствует в пользу отмеченного ранее факта, что галактики с центральными конденсациями, расщепленными, звездообразными или звездоподобными ядрами находятся в активной фазе развития.

В работах [1—4] Г. М. Товмасыаном показано, что спиральные галактики, центральные части которых согласно разработанной в Бюракане классификации оценены баллами 2, 4, 5 и 2s, обладают повышенным радиоизлучением по сравнению с галактиками с центральными частями, оцененными баллами 1 и 3. Повышенное радиоизлучение и ряд оптических признаков (сравнительно большая яркость центральных частей, наличие центральных сгущений, расщепленных, звездообразных или звездоподобных ядер и т. д.) указывают на то, что в областях ядер галактик бюраканских классов 2, 4, 5 и 2s происходят активные процессы [1—4], подтверждающие концепцию В. А. Амбарцумяна об активности ядер галактик [5, 6].

В связи с этим представляет определенный интерес сравнение спектров радиоизлучения галактик, принадлежащих к различным классам бюраканской классификации. Еще в [7] было отмечено, что нерегулярные галактики типа M 82, относящиеся к классу 2, обладают плоскими радиоспектрами, и что, по всей вероятности, это обусловлено активными процессами, имеющими место в галактиках этого класса.

К настоящему времени на разных частотах радиодиапазона измерены плотности потоков большого количества галактик, и полученные данные дают возможность изучить их спектры радиоизлучения. Используя дан-

ные о плотностях потоков, приведенных в [8—30], нам удалось построить спектры 105 спиральных и иррегулярных галактик из списка [31], где дается бюраканская классификация более 700 галактик. Спектры строились в диапазоне 1.4—5.0 ГГц по трем точкам (1.4, 2.7 и 5 ГГц). Для надежного построения спектров в этом диапазоне нами использовались также данные на частотах, ниже 1.4 ГГц и выше 5 ГГц. Для некоторых галактик из-за недостатка данных использовались спектры, построенные по двум точкам, находящимся в вышеуказанном частотном диапазоне.

В табл. 1 приведены результаты подсчетов относительного количества объектов, обладающих спектрами со спектральным индексом  $\alpha \leq 0.6$  ( $S \sim \nu^{-\alpha}$ , где  $S$  — плотность потока радиоизлучения на частоте  $\nu$ ), для галактик разных бюраканских классов. Во второй строке таблицы приведены общие количества объектов для каждого класса —  $N$ , в третьей — количества объектов со спектральным индексом  $\alpha \leq 0.6$  —  $n$ , в четвертой — относительные количества галактик с пологими спектрами —  $n/N$ .

Таблица 1

Бюраканский класс	1	2	3	4	5	2s
$N$	11	18	23	29	14	10
$n$	1	5	4	9	6	4
$n/N$	0.09	0.28	0.17	0.31	0.43	0.4

Как видно из табл. 1, относительное количество объектов с пологими спектрами больше у галактик классов 2, 4, 5 и 2s по сравнению с галактиками классов 1 и 3. Но значимость этих различий невелика. Для получения более надежных результатов мы объединили в две отдельные группы галактики классов 2, 4, 5, 2s и 1, 3 соответственно.

Гистограммы распределения спектральных индексов радиоизлучения 71 галактики классов 2, 4, 5 и 2s и 34 галактик классов 1 и 3 приведены на рис. 1. Рассмотрение гистограмм показывает, что хотя средние значения спектральных индексов двух групп галактик мало отличаются, среди группы галактик классов 2, 4, 5 и 2s существует значительный избыток объектов с пологими спектрами. Доля объектов с  $\alpha \leq 0.5$  среди галактик этой группы составляет 19/71 (27%  $\pm$  6%), между тем среди галактик классов 1 и 3 эта доля равна 3/34 (9%  $\pm$  5%). То есть среди галактик первой группы объекты с пологими спектрами в диапазоне 1.4—5 ГГц встречаются в три раза чаще, чем среди галактик второй группы.

Отсюда следует, что в галактиках классов 2, 4, 5 и 2s чаще встречаются молодые, недавно образовавшиеся компактные радиисточники. Такие радиисточники, как известно, обладают пологими спектрами, которые

впоследствии из-за потерь энергии излучающими релятивистскими электронами за сравнительно короткий промежуток времени становятся круче.

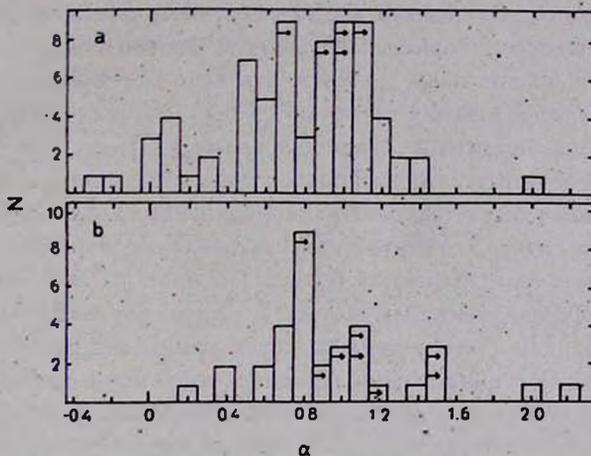


Рис. 1. Гистограмма распределения спектральных индексов радиоизлучения: а — для 71 галактики бюраканских классов 2, 4, 5 и 2s (среднее значение спектрального индекса  $\langle \alpha \rangle = 0.74 \pm 0.05$ ); б — для 34 галактик бюраканских классов 1 и 3 ( $\langle \alpha \rangle = 0.87 \pm 0.08$ ). Средние спектральные индексы вычислены без учета нижних пределов их значений. Стрелками указаны объекты, для которых определены нижние пределы спектральных индексов.

Доказательством того, что у галактик классов 2, 4, 5 и 2s на самом деле чаще встречаются объекты с компактными радиоисточниками, служат выполненные Г. М. Товмасыном в [4] подсчеты относительного числа таких объектов среди галактик из списка [31]. Интересно отметить, что полученные им данные о процентах галактик с компактными источниками и приведенные в табл. 1 наши данные об объектах с пологими спектрами для галактик классов 2, 3, 4 и 5 практически совпадают. Процент галактик с компактными радиокомпонентами у группы галактик 2, 4, 5 и 2s по данным [4] также совпадает с нашей оценкой доли объектов с пологими спектрами ( $33\% \pm 5\%$  и  $27\% \pm 6\%$  соответственно).

Дальнейшее рассмотрение гистограмм распределения спектральных индексов (рис. 1) показывает, что если пологие спектры чаще встречаются у галактик классов 2, 4, 5 и 2s, то крутые спектры ( $\alpha \geq 1.5$ ), наоборот, во много раз чаще встречаются у галактик классов 1 и 3. Среди группы галактик классов 2, 4, 5 и 2s есть всего один объект с  $\alpha \geq 1.5$ , а среди группы галактик классов 1 и 3 — 5. Относительные числа объектов с  $\alpha \geq 1.5$  равны  $1/71 = 0.014$  и  $5/34 = 0.15$  для первой и второй групп галактик соответственно. Это значит, что сравнительно старых, прошедших уже ак-

тивную фазу своей эволюции, объектов гораздо больше среди галактик классов 1 и 3.

Среди 14 галактик класса 5, исследованных нами, два объекта в диапазоне 1.4—5 ГГц обладают спектрами, где плотность потока растет с частотой. Если существование таких спектров обусловлено синхротронным самопоглощением, то можно предположить, что наиболее компактные, то есть наиболее молодые, образования встречаются в галактиках класса 5 — в галактиках с четко различимыми звездообразными ядрами.

Необходимо отметить, что причиной пологих спектров в диапазоне 1.4—5 ГГц не может быть тепловое радиоизлучение галактик. Как показано в [32], даже в случае сейфертовских галактик, в центральных областях которых, как известно, существуют большие комплексы ионизованного газа, вклад теплового излучения на частоте 5 ГГц может составить всего несколько процентов. На более низких частотах этот вклад еще меньше.

Таким образом, существование избытка объектов с плоскими радиоспектрами среди галактик с центральными сгущениями, расщепленными, звездообразными или звездоподобными ядрами является еще одним доказательством активности их ядер.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## THE SPECTRA OF RADIO EMISSION AND THE BYURAKAN CLASSIFICATION OF GALAXIES

V. H. MALUMIAN

It has been shown that objects having flat radio spectra occur considerably more often among spiral galaxies with the central parts marked according to the Byurakan classification by 2, 2s, 4 and 5 than among galaxies marked by 1 and 3 and vice versa. Among the latter there is a large excess of objects which have steep spectra. The excess of objects which have flat spectra among galaxies of the Byurakan classification marked by 2, 2s, 4 and 5 is once more an evidence of the earlier noted fact, that galaxies with central condensations, split, stellar or semistellar nuclei are in the active stage of their evolution.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 2, 419, 1966.
2. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 3, 555, 1967.
3. H. M. Tovmassian, *Ap. J.*, 178, L47, 1972.

4. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 18, 25, 1982.
5. В. А. Амбарцумян, *Изв. АН Арм.ССР, сер. ФМЕТ наук*, 11, 9, 1958.
6. V. A. *Ambarsumian*, *The Structure and Evolution of Galaxies*, Interscience Publishers, London—New York—Sydney, 1965, p. 1.
7. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 3, 427, 1967.
8. J. *Lequeux*, *Astron. Astrophys.*, 15, 30, 1971.
9. W. *Huchtmeier*, *Astron. Astrophys.*, 44, 101, 1975.
10. W. H. *McCutcheon*, *A. J.*, 78, 18, 1973.
11. M. *Haynes*, R. *Sramek*, *A. J.*, 80, 673, 1975.
12. R. *Sramek*, *A. J.*, 80, 771, 1975.
13. J. F. C. *Wardle*, R. *Sramek*, *Ap. J.*, 189, 399, 1974.
14. D. S. *Heeschen*, C. M. *Wade*, *A. J.*, 69, 277, 1964.
15. M. J. *Cameron*, *M. N.*, 152, 403, 1971.
16. M. J. *Cameron*, J. R. *Glanfield*, *M. N.RAS*, 141, 145, 1968.
17. G. *Colla*, C. *Fantt*, R. *Fantt*, I. *Giola*, C. *Lari*, J. *Lequeux*, R. *Lucas*, M.-H *Ulrich*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 20, 1, 1975.
18. H. M. *Towmassian*, Y. *Terzian*, *Astrophys. Letters*, 15, 97, 1973.
19. A. E. *Wright*, *M.N.RAS*, 167, 273, 1974.
20. M. L. *De Jong*, *Ap. J.*, 142, 1333, 1965.
21. M. L. *De Jong*, *Ap. J.*, 144, 553, 1966.
22. A. M. *le Squeren*, J. *Crovisier*, *Astron. Astrophys.*, 31, 447, 1974.
23. J. *Sulentic*, *Ap. J. Suppl. ser.*, 32, 171, 1976.
24. J. M. *Giola*, L. *Gregorin*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 41, 329, 1980.
25. D. H. *Rogstad*, G. H. *Shostak*, A. H. *Rots*, *Astron. Astrophys.*, 22, 111, 1973.
26. J. *Pfleiderer*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 28, 313, 1977.
27. J. *Pfleiderer*, C. *Durst*, K.-H. *Gebler*, *M.N.RAS*, 192, 635, 1980.
28. J. *Pfleiderer*, H. *Boden*, K.-H. *Gebler*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 40, 351, 1980.
29. P. *Crane*, *Ph. D. Thesis*, Massachusetts Institute of Technology, 1977.
30. E. *Hummel*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 41, 151, 1980.
31. Классификация центральных частей 711 галактик, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 47, 43, 1975.
32. J. S. *Ulvestad*, A. S. *Wilson*, R. A. *Sramek*, *Ap. J.*, 247, 419, 1981.