Investigation of Galaxies of High Surface Brightness at 3.95 GHz. The results of observations of 31 galaxies of high optical surface brightness at 3.95 GHz are presented.

24 мая 1983

Бюраканская астрофизическая обсерватория

В. Г. МАЛУМЯН

ЛИТЕРАТУРА

- 1. С. Э. Хайкин, Н. Л. Кайдановский, Ю. Н. Парийский, Н. А. Есепкина. Изв. ГАО. № 188, 3, 1982.
- 2. М. А. Аракелян, Сообщ. Бюраканской обс., 47, 3, 1975.
- 3. А. Б. Берлин, Л. Г. Гассанов, В. Я. Гольнев, Д. В. Корольков, В. И. Лебедь, Н. А. Нижельский, Е. Е. Спанзенберз, Г. М. Тимофеева, А. В. Ярёменко. Радиотский ка и электроника, 27, 1268, 1982.
- 4. В. Г. Малумян, Астрофизика, 16, 31, 1980; 17, 245, 1981.
- 5. В. Г. Малумян, Г. А. Озанян, Астрофизика, 18, 325, 1982.
- 6. H. Kuhr, A. Witzel, I. I. K. Pauliny-Toth, U. Nauber, Astron. Astrophys. Suppl. sor., 54, 367, 1981.
- 7. G. Kojolan, R. Ellist, M. D. Bicay, M. A. Arakelian, A. J., 86, 820, 1981.
- 8. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, Астрофизика, 11, 15, 1975; 12, 195, 1976.
- 9. G. Kojotan, D. F. Dickinson, M. A. Arakeltan (in preparation).
- 10. A. G. de Brugn, V. H. Malumian (in preparation).
- 11. R. Sramek, A, J., 80. 771, 1975.
- 12. J. Sulentic, Ap. J. Suppl. ser., 32, 171, 1976.
- 13, J Pfleiderer, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 28, 313, 1977.
- 14. J. Pfleiderer, C. Durst, K.-H. Gebler, M. N., 192, 653, 1980.
- 15. E. Hummel, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 41, 151, 1980.
- 16. P. C. Crane, Ph. D. Thesis, Masachusetts Institute of Technology, 1977.
- 17. В. С. Артюх, В. Г. Малумян, М. А. Озанисян, Астрон. ж., 59, 1075, 1982.
- 18. В. С. Артюх, В. Г. Малумян, М. А. Озанисян (не опубликовано).

УДК 5524.7—77

РАДИОГАЛАКТИКИ С ШИРОКИМИ И УЗКИМИ ЭМИССИОННЫМИ ЛИНИЯМИ

1. Введение. Все возрастающее количество наблюдательных данных отчетливо указывают на фундаментальную роль ядер галактик в их эволюции [1, 2]. К числу галактик с активными ядрами в первую очередь относятся радиогалактики, в которых одновременно проявляются разные формы активности (выбрасывание из ядра радиокомпонентов, мощное радноизлучение, переменность излучения ядра, наличие широких и узких эмиссионных линий и т. д.).

В настоящей работе приводятся результаты наблюдений 5 радиогалактик с широкими (ШЭЛ) и узкими (УЭЛ) оптическими эмиссионными линиями в диапазоне частот 0.97—7.7 ГГц, выполненных с помощью радиотелескопа РАТАН-600. На основе выборки 33 радиогалактик ШЭЛ и УЭЛ показано, что по среднему спектральному индексу (α) эти две группы галактик существенно отличаются друг от друга. Это является следствием активности их ядер в радиодиапазоне.

2. Результаты наблюдений. В программу наблюдений были включены радиогалактики с эмиссионными линиями 3С 59, 433, 445, 4С 35.37, PKS 2322—12 с целью получения одномерных распределений их радиояркости в сантиметровом диапазоне. Галактики 3С 433, 445, PKS 2322—12 наблюдались в конце 1981 г. на северном секторе, а 3С 59, 4С 35.37 — в конце 1982 г. на западном секторе радиотелескопа. Метод наблюдений, характеристики радиотелескопа и данные опорных источников приведены в [3, 4]. В табл. 1 приведены интегральные значения плотностей потоков этих объектов на частотах 0.97, 3.65, 7.7 ГГц. Результаты наших наблюдений хорошо согласуются с данными на других частотах спектра (см., например, [5—7]). Ниже мы обсудим результаты наблюдений галактики 3С 59, для которой получено высокочастотное одномерное радиоизображение. Для остальных талактик разрешающая способность РАТАН-600 оказалась недостаточной для разделения компонентов, если не считать талактику 3С 445, которая разрешается частично.

Таблица 1

5 РАДИОГАЛАКТИК				
F	S* (P _H)			
I AAAKTHKA	0.97 FTg	3.65 TTg	7.7 FTg	
3C 59	-	1.23+0.08	0.69+0.07	
433	21.3+1.2	4.24+0.21	1.87±0.11	
3C 445	7.7 <u>+</u> 0.5	2.70±0.17	1.60+0.10	
4C 35.37	_	0.25+0.03	<0.25	
PKS 2322-12	2.8 <u>+</u> 0.3	0.63±0.05	<0.25	

ДАННЫЕ РАДИОНАБЛЮДЕНИЙ 5 РАДИОГАЛАКТИК

* S~v*.

3C 59 (4C 29.06). Галактика типа Е с широкими вмиссионными линиями. В работах [5, 8] были получены двумерные изображения втой галактики на частоте 1.4 ГГц. На более высоких частотах структура источника не исследовалась. На рис. 1а, b представлены кривые прохождения

краткие сообщения

источника на частотах 3.65 ГГц и 7.7 ГГц соответственно. Обозначения компонентов (В, С, D) приведены по Меурсу—Вильсону [5]. При наблюдениях с низким разрешением источник выглядит двойным, с отношением интенсивностей компонентов ~ 1.5 (рис. 1а и [7]). Однако с увеличением разрешения источник четко разделяется на 4 компонента (согласно [5]





компонент A физически не связан с галактикой 3С 59 и является неотождествленным источником поля). Для определения частотной зависимости радиоизображения 3С 59 мы провели стрип-интегрирование изофот на частоте 1.4 ГГц [5]. На рис. 1с представлены результаты стрип-интегрирования, сглаженного диаграммой направленности ($\sim 30''$) РАТАН-600 на частоте 7.7 ГГц, и кривая прохождения источника на втой же частоте. В пределах ошибок вти кривые совпадают, что свидетельствует о приближенной независимости радиоизображения галактики в сантиметровом диапазоне длин волн. Интегральная спектральная кривая и опектральные кривые компонентов В, С, D представлены на рис. 2. Интегральный спектр представляется прямою ($\alpha = -0.74$), хотя в метровой области длин волн данные противоречивы.

Следует отметить, что более полный и однородный обзор радиогалактик с помощью радиотелескопа РАТАН-600 ведется Н. С. Соболевой [3].

3. Некоторые свойства радиогалактик с широкими и узкими линиями. Подобно сейфертовским галактикам, среди радиогалактик встречаются объекты с широкими и узкими эмиссионными линиями бальмеровской серии. По спектроскопическим характеристикам ШЭЛ близки к Sy 1, а УЭЛ к Sy 2. Если спектроскопические характеристики УЭЛ практически не отличаются от Sy 2 [9], то между ШЭЛ и Sy 1 существуют некоторые отличия [10]. В табл. 2 приведен список известных до настоящего времени (май 1983 г.) 33 радиогалактик ШЭЛ и УЭЛ с радиосветимостью на частоте 1.4 ГГц lg $L_{1.4} > 25.0$ ($H_0 = 75$ км/с Мпс), эвездной величиной ≤ 19 ."5 и угловым размером > 1". Последнее условие связано с тем, чтобы получить однородную выборку объектов по спектральным индексам, угловым



Рис. 2. Интегральный спектр и спектры компонентов В. С. D; о — наши измерения.

размерам и светимостями. Такое ограничение сделано для того, чтобы исключить из данной выборки радиогалактики и сейфертовские галактики $lg L_{1.4} < 25.0$, так как последние объекты в основном имеют угловые размеры « 1" и поэтому для большинства из них отсутствуют данные о радиоструктуре. В табл. 2 даны: спектральный индекс, морфологический и спектральный тип галактик. Из них 14 являются ШЭЛ, а 19 — УЭЛ. Выборка галактик была составлена на основе работ [10, 11] (там же ссылки на красные смещения и на другие оптические характеристики). Эти галактики в радиодиапазоне исследовались неоднократно, однако для некоторых из них данные спектральных индексов в литературе противоречивы. Поэтому в табл. 2 мы привели осредненные значения спектральных индексов, используя данные ряда работ (см., например, [3, 12-15] и настоящую работу). Объект 3С 178 не был включен в эту выборку, так как согласно [6] отождествление этого радиоисточника с галактикой NGC 2377 сомнительно. Основная часть объектов табл. 2 является классическими радиогалактиками (о радиоморфологии с разрешением > 1" см., например, [3, 7, 8, 16]). Как показывают простые расчеты, средние значения интегральных характеристик, кроме спектрального индекса (абсолютная звездная величина, радносветимость, линейные размеры, поверхностная радиояркость) этих групп радиогалактик существенно не отличаются. А средние значения спектральных индексов для ШЭЛ и УЭЛ получаются:

 α (Ш $\Im \Lambda$) = -0.74 ± 0.10, α (У $\Im \Lambda$) = -0.89 ± 0.16.

краткие сообщения

Таблица 2

ГАЛАКТИКИ С ШИРОКИМИ И УЗКИМИ ЭМИССИОННЫМИ ЛИНИЯМИ

Галактика	2	Морфологический тип	Спектральвый тип
3C 33	0.72	DE4	УЭЛ
59	-0.74	E	шэх
98	-0.71	ED3	УЭЛ
99	-0.96	N	УЭЛ
109	-0.68	N	шэх
111	-0.63	N	шэл
171	-1.00	N	УЭЛ
184.1	-0.85	D	Уэл
192	-0.68	DE1	уэл
198	-1.04	D4	УЭЛ
219	-1.04	cD5	УЭЛ
223	-0.75	D2	УЭЛ
223.1	-0.65	DEA	уэл
227	-0.81	N	шэл
234	-0.90	N	шэл
287.1	-0.53	N	шэл
305	-1.00	SA	Уэл
317	-1.23	cD4	уэл
327	-0.81	DE3-4	УЭЛ
332	-0.75	DE3	шэл
381	-0.85	E	уэл
382	-0.75	D3	шэх
390.3	-0.69	N	ШЭЛ
405	-0.80	cD3	УЭЛ
433	-1.00	D4	УЭЛ
445	-0.78	N	шэх
3C 452	-0.96	ED1	УЭХ
4C 35.37	-0.87	E Namij	шэх
4C 39.72	-0.85	Е	УЭЛ
PKS 0353+027	-0.90	N	шэх
1417—19	-0.70	N	ШЭХ
2322-12	-1.10	E5	УЭУ
PKS 2349-01	-0.70	N	шэх
and the second se	and the second		

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С точки зрения распределения Стьюдента расхождение этих двух средних с надежностью более 0.99 можно считать неслучайным. Таким образом, спектральные кривые УЭЛ являются более крутыми, чем у ШЭЛ. По всей вероятности, такое отличие спектральных индексов этих галактик обусловлено большим вкладом радиоизлучения ядра галактики в интегральное радиоизлучение ШЭЛ. Действительно, согласно [17], центральные ядерные источники у галактик ШЭЛ по интенсивности радиоизлучения существенно превосходят таковые у УЭЛ. С другой стороны, известно, что компактные ядерные радиоисточники в основном имеют плоский спектр. Поэтому интегральный спектр у ШЭЛ получается менее крутым. В этой связи на рис. 3 представлена зависимость относительного вклада радиоизлучения центрального источника в интегральное излучение (*R*) на частоте 5 ГГц



Рис. 3. Зависимость R (%) от 2.

от интегрального спектрального индекса. Данные, относящиеся к значениям R, брались из [17]. Несмотря на немногочисленность данных по R, из рис. 3 видно, что с увеличением R значение спектрального индекса падает, особенно для галактик ШЭЛ. Недостаточность данных о спектральных индексах самих ядер не позволяет построить подобную зависимость отдельно для них. Вероятно, отдельно для ядер галактик эта зависимость будет проявляться еще сильнее.

Другой примечательной особенностью галактик ШЭЛ и УЭЛ является то, что галактики с широкими эмиссионными линиями в основном отождествляются с N-галактиками, а УЭЛ — с галактиками E, cD, DE. Впервые на это обстоятельство было обращено внимание в [10]. Из табл. 2 также следует, что среди галактик ШЭЛ только три (3C 59, 332 и 382) из 14 не являются N-галактиками, а среди УЭЛ кроме двух галактик (3C 99, 171) остальные 17 являются либо E, либо cD или DE галактиками. Выше было отмечено, что в среднем радиосветимости галактик ШЭЛ и УЭЛ существенно не отличаются. С другой стороны, ядра галактик ШЭЛ по интенсивности радиоизлучения превосходят ядра УЭЛ [17]. Следовательно, мощность радиоизлучения радиовыбросов у УЭЛ больше, чем у ШЭЛ.

Из всего сказанного можно заключить, что с галактиками ШЭЛ ассоциируются большая радиосветимость центрального источника и менее крутой радиоспектр галактики (по сравнению с галактиками УЭЛ), а с галактиками УЭЛ — мощные радиокомпоненты вне ядерной области и более крутой радиоспектр.

Автор выражает благодарность Г. М. Товмасяну и рецензенту за полезные замечания.

Radio Galaxies with Broad and Narrow Emission Lines. The results of observations of radio galaxies with broad and narrow emission lines at 0.97-7.7 GHz are presented. Some properties of these galaxies are discussed. In particular, there is a difference between the average spectral indices for these two types of galaxies. This difference is due to the nuclei activity of these galaxies.

10 мая 1983

Бюраканская астрофизическая обсерватория

Р. А. КАНДАЛЯН

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбаруумян, Изв. АН Арм.ССР, сер. физ.-мат. наук, 11, 9, 1958.

2. В. А. Амбаруумян, Нестационарные явления в галактиках, Изд. АН Арм.ССР. 11. 1968.

3. Н. С. Соболева, Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 14, 50, 1981.

4. В. А. Санамян, Р. А. Кандалян, Г. А. Оганян, Астрофизика, 19, 429, 1983.

5. E. J. H. Meurs, A. S. Wilson, Astron. Astrophys., Suppl. ser., 45, 99, \$1981.

6. A. D. Haschick, P. C. Crane, P. E. Greenfield, B. F. Barke, W. A. Baan, Ap. J. 239, 774, 1980.

7. O. B. Slee, Austral. J. Phys. Suppl., 43, 1, 1977.

8. E. B. Fomalont, A. J., 76, 6, 1971.

9. A. T. Koski, Ph. D. Thesis, Univ. California, Santa Cruz, 1976.

10. S. A. Grandi, D. E. Osterbrock, Ap. J., 220, 783, 1978.

11. R. D. Cohen, D. E. Osterbrock, Ap. J., 243, 81, 1981.

- 12. O. B. Slee, B. C. Slegman, P. S. Mulhall, Astron. Soc. Australia Proc., 4, 278, 1982.
- 13. G. Burbidge, A. H. Crowne, Ap. J. Suppl. ser., 40, 583, 1979.
- 14. H. Kahr, A. Witzel, I. I. K. Pauling-Toth, U. Nauber, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 45, 367, 1981.
- 15. M. P. Ve'ron, P. Ve'ron, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 40, 191, 1980.

16. C. J. Jenkins, G. G. Pooley, J. M. Riley, Mem. Roy. Astron. Soc., 84, 61, 1977.

17. R. G. Hine, M. S. Longair, M. N. RAS, 188, 111, 1979.

УДК 524.3—355

SPECTRAL CLASSIFICATIONS OF EMISSION-LINE STARS*

A few years ago, a number of new emission-line stars in Cygnus were identified on an objective-prism plate obtained with the Byurakan 1 m Schmidt telescope [1]. Spectra of nine of these stars were obtained in August, 1982, with the 80 cm telescope of l'Observatoire de Haute-Provence (CNRS, France), using the "D" spectrograph. This spectrograph gives, equipped with a two-stage RCA image tube, a reciprocal dispersion of about 92 A mm⁻¹, and covers the wavelength range 3600-5400A.

The spectra were measured with the PDS machine of the Lund observatory, and the subsequent reductions were performed by means of the HP computer of the Uppsala observatory. As an aid to spectral classifications, spectra of a number of standard stars, taken with the same equipment, were used.

Throughout, the widening of the spectra was made by letting the stars transverse only about half the length of the slit. Thus a sky spectrum was obtained beside the stellar spectrum. In this way the influence of, e. g., emission in surrounding nebulae could be taken into account.

In the following, the stars are referred to by their number in the above-mentioned list.

Star No. 2: The spectral type is about A7. The lower Balmer lines $(H_{\beta}, H_{\gamma} \text{ and } H_{\delta})$ are relatively broad, and have emission cores, which may, however, be due largely to emission from the H II region on which the star is superimposed.

* Based on observations made at l'Observatoire de Haute-Provence, CNRS, France.