

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ СПЕКТРЫ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ
РАДИОИСТОЧНИКОВ

А. М. АСЛАНЯН, В. Г. МАЛУМЯН, В. А. САНАМЯН

Поступила 20 января 1968

Исправлена 10 июня 1968

В работе рассмотрены низкочастотные спектры 75 внегалактических радиоисточников. Большинство рассмотренных спектров можно разделить на три типа: 1. Линейные спектры; 2. Спектры с загибом „вверх“; 3. Спектры с загибом „вниз“.

Сделаны следующие выводы: примерно 60% квазаров имеют нелинейные спектры; приблизительно 65% источников, отождествленных с радиогалактиками, обладают линейными спектрами; около 90% двойных или кратных источников, отождествленных с радиогалактиками, имеют линейные спектры.

В настоящей работе рассмотрены спектры 75 радиоисточников, наблюдаемых на частоте 60 $M\mu$, данные о потоках которых приведены в [1]. В [1] указано также на важность исследования низкочастотных спектров источников космического радиоизлучения.

При построении спектров, кроме [1], мы пользовались результатами новых измерений потоков на 86 $M\mu$ [2]. На остальных частотах плотности потоков брались из работ [3—16]. На всех частотах потоки приводились к шкале, использованной в [17]. Спектры в основном охватывают диапазон 38—412 $M\mu$. Для тех источников, спектры которых представляют особый интерес или когда трудно судить о виде их низкочастотной части только по данным указанного диапазона (из-за недостаточного количества данных, либо по другим причинам), использованы измерения также на более высоких и низких частотах.

На рисунках 1 и 2 в виде графиков, представляющих зависимость $\log S$ от $\log \nu$ (где S — плотность потока, ν — частота), приведены

спектральные кривые квазаров и тех радиогалактик и неотождествленных источников, в спектрах которых имеют место отклонения от линейности. В табл. 1 приведены спектральные индексы радиогалактик и неотождествленных источников, спектры которых линейны в диапазоне 38—412 $M\mu$.

Остановимся на спектрах некоторых источников.

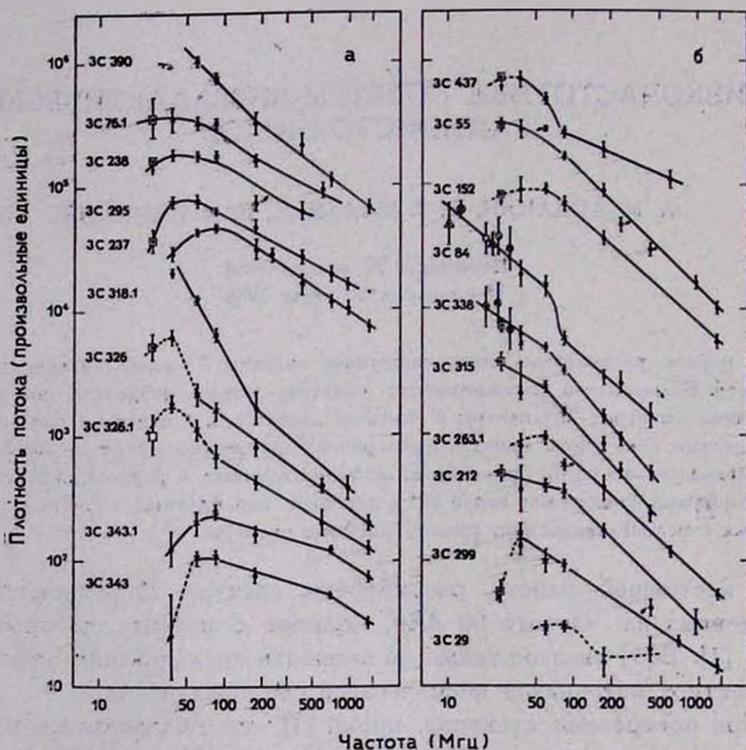


Рис. 1. Низкочастотные спектры радиогалактик и неотождествленных источников.

X — измерения на серпуховском радиотелескопе ДКР-1000 [1—3]. O — данные работы [15]. □ — измерения на 26.3 $M\mu$ [16]. ⊕ — измерения на 13.1 $M\mu$ [14]. Δ — измерения на 22, 25 и 10 $M\mu$ [18]. ● — данные работ [4—13].

3C 84. Спектральная кривая этого источника (рис. 16), отождествленного с сейфертовской галактикой NGC 1275, в области 86—60 $M\mu$ претерпевает резкий подъем. Начиная с 60 $M\mu$, наклон спектра снова уменьшается. Вывод о необычном виде спектра 3C 84 в области

низких частот был сделан ранее [18]. Измерения на 60 и 86 $M_{\text{ц}}$, сделанные с помощью серпуховского радиотелескопа ДКР-1000 [1, 2], позволили уточнить границы вышеупомянутого участка резкого подъема низкочастотного спектра ЗС 84. Эту особенность спектра ЗС 84 нельзя объяснить переменностью его радиоизлучения, так как оно перемененно только на гораздо более высоких частотах [19].

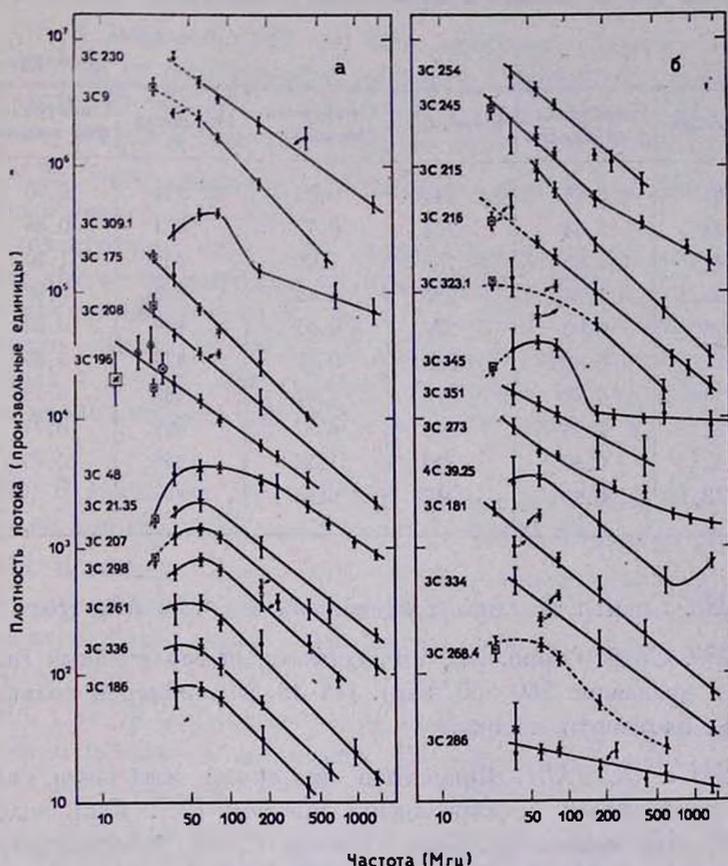


Рис. 2. Низкочастотные спектры квазизвездных радиоисточников (см. подпись к рис. 1).

ЗС 345. Этот переменный квазизвездный радиоисточник обладает весьма интересным спектром (рис. 26).

В области частот 1420—178 $M_{\text{ц}}$ его спектр почти плоский. На участке 178—85 $M_{\text{ц}}$ он становится довольно крутым. Начиная же приблизительно с 85 $M_{\text{ц}}$, наклон спектра уменьшается, и он в области частот $\nu \leq 60 M_{\text{ц}}$ заваливается. Поток излучения ЗС 345 на частотах $\nu \geq 1420 M_{\text{ц}}$ меняется со временем [19]. Измерения на ча-
8—447

стоте 750 МГц не показали изменений потока [19]. Не замечено изменений и на более низких частотах, так что необычный спектр этого источника для частот $\nu \leq 750 \text{ МГц}$ не может быть обусловлен временными вариациями.

ЗС 390. Спектр источника в диапазоне метровых волн, по-видимому, круче, чем на волнах дециметрового диапазона (рис. 1а).

Таблица 1

Источник	Спектральный индекс	Источник	Спектральный индекс	Источник	Спектральный индекс
ЗС 17	0.65	ЗС 234	0.83	ЗС 324	0.90
33	0.64	264	0.72	327	0.86
42	0.65	265	1.00	368	1.20
68.2	1.06	270	0.42	403	0.68
98	0.90	278	0.65	409	0.80
111	0.90	288	0.97	424	0.69
123	0.73	293	0.62	433	0.73
134	0.95	310	0.92	442	0.77
161	0.50	313	1.24	459	0.93
223.1	0.97	317	0.83		

ЗС 238. Спектр заваливается, начиная с $\nu \approx 86 \text{ МГц}$ (рис. 1а).

ЗС 230. Спектр (рис. 2а), по-видимому, прямолинейный (по крайней мере в диапазоне $960\text{--}60 \text{ МГц}$). На 38 МГц измерен только верхний предел плотности потока.

ЗС 343 и ЗС 343.1. Физически связанные источники, которые обладают необычными спектральными кривыми [20]. Они вплоть до частоты 60 МГц имеют подобные спектры с мало отличающимися величинами потоков. Начиная с $\nu \approx 750 \text{ МГц}$ наклоны спектров заметно уменьшаются. С 60 МГц спектры обоих источников заваливаются. О том, сохраняется ли подобие спектров в области завалов, трудно судить из-за весьма низкой точности измерения потока ЗС 343 на частоте 38 МГц [21] (рис. 1а).

ЗС 318.1. Спектр источника более крутой в метровом диапазоне, чем в дециметровом (рис. 1а).

ЗС 326. Спектральная кривая источника (рис. 1а) прямолинейна до $\nu = 60 \text{ МГц}$. С этой частоты наклон спектра резко увеличивается

(в диапазоне 60—38 $M_{\text{ц}}$ $\alpha \approx 2.3$). Для частот $\nu \leq 38 M_{\text{ц}}$ спектр, по-видимому, претерпевает завал.

3С 326.1. В интервале частот $38 \leq \nu \leq 86 M_{\text{ц}}$ спектр источника прямолинейный, но более крутой, чем на волнах дециметрового диапазона, где он также прямолинейен. Начиная с частоты 38 $M_{\text{ц}}$ спектр заваливается (рис. 1а).

3С 437. В диапазоне 617—86 $M_{\text{ц}}$ источник обладает прямолинейным спектром со спектральным индексом, равным приблизительно 0.4. В области 86—38 $M_{\text{ц}}$ спектральный индекс резко возрастает. Для меньших частот в спектре источника имеет место завал (рис. 16).

4С 39.25. Этот источник, отождествленный с квазаром, имеет своеобразный спектр (рис. 26).

Высокочастотная часть его спектра „вогнутая“, с минимальной плотностью потока примерно на частоте 700 $M_{\text{ц}}$. Невысокая точность измерения потока на частоте 38 $M_{\text{ц}}$ [4] не позволяет с уверенностью судить о виде спектра 4С 39.25 в области низких частот. По-видимому, начиная с $\nu \approx 150 M_{\text{ц}}$, спектр источника претерпевает излом (завал), и около частоты 50 $M_{\text{ц}}$ плотность потока достигает максимума.

3С 245. В диапазоне 38—178 $M_{\text{ц}}$ спектр источника прямолинейный, но более крутой, чем в диапазоне 178—1420 $M_{\text{ц}}$ (рис. 26).

3С 338. В области частот 400—10 $M_{\text{ц}}$ спектр источника можно представить двумя линейными отрезками (рис. 16). В диапазоне 400—60 $M_{\text{ц}}$ спектральный индекс равен приблизительно 1.2. На участке 60—10 $M_{\text{ц}}$ $\alpha \approx 0.5$.

3С 315. Спектр источника также можно представить двумя прямолинейными отрезками в диапазоне 400—26 $M_{\text{ц}}$. В области 400—60 $M_{\text{ц}}$ $\alpha = 1.15$. В области 60—26 $M_{\text{ц}}$ $\alpha = 0.55$ (рис. 16).

3С 212. В интервале 86—26 $M_{\text{ц}}$ источник обладает линейным спектром с $\alpha = 0.25$. На более высоких частотах спектр также линейный с $\alpha = 1$ (рис. 16).

3С 299. На частотах $\nu < 38 M_{\text{ц}}$ в спектре источника имеет место резкий излом (рис. 16).

3С 309.1. Спектр этого квазизвездного источника подобен спектрам 3С 345 и 3С 437. В диапазоне 1420—178 $M_{\text{ц}}$ его спектральный индекс равен 0.35 (рис. 2а). По всей вероятности, необычный вид низкочастотного спектра 3С 309.1 (а также 3С 345 и 3С 437) обусловлен наличием компонента, спектр которого заваливается в области низких частот.

Подавляющее большинство рассмотренных спектров можно отнести к одному из следующих трех типов:

1. Линейные спектры.
2. Спектры с загибом „вверх“ (то есть, когда, начиная с некоторой частоты данного диапазона, наклон спектра увеличивается).
3. Спектры с загибом „вниз“ (с завалом).

В табл. 2 в отдельности для квазаров, радиогалактик и неотожествленных источников приведено число объектов, имеющих тот или иной тип спектра. В последней строке таблицы выделены радиоисточники (кроме квазаров), которые согласно [22] являются двойными или кратными на частоте 1425 *Мгц*. Данные об отождествлении радиоисточников брались из [23, 24].

Таблица 2

Радиоисточники	Всего	Спектры загибаются „вниз“	Линейные спектры	Спектры загибаются „вверх“	Спектры неопределенные
Квазары	26	13	10	3	—
Радиогалактики	34	8	22	2	2
Неотожествленные	15	5	7	3	—
В с е г о	75	26	39	8	2
Из них двойные или кратные радиоисточники (кроме квазаров)	17	3	14	—	—

На основании анализа таблицы можно сделать некоторые выводы.

1. Из 26 квазаров, спектры которых приведены в настоящей работе, 13, то есть 50%, в диапазоне 38—412 *Мгц* имеют спектры с загибами „вниз“. Три квазара имеют спектры с загибами „вверх“. Таким образом, примерно 60% квазаров обладают нелинейными спектрами в указанном диапазоне.

2. Приблизительно 65% источников, отождествленных с радиогалактиками, обладают линейными спектрами в диапазоне 38—412 *Мгц*.

3. Около 90% двойных или кратных источников, отождествленных с радиогалактиками, имеют линейные спектры в указанном диапазоне.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE LOW-FREQUENCY SPECTRA OF EXTRA-GALACTIC RADIO SOURCES

A. M. ASLANIAN, V. H. MALUMIAN, V. A. SANAMIAN

The low-frequency spectra of 75 extra-galactic radio sources are considered. Most of the spectra are divided into the following types:

1. Linear spectra. 2 Upward curved spectra. 3. Downward curved spectra.

It is shown that nearly 60% of quasi-stellar radio sources have nonlinear low-frequency spectra. Nearly 65% of radio-galaxies have linear low-frequency spectra. Nearly 90% of double or multiple radio sources, identified as radio-galaxies have linear low-frequency spectra.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. М. Асланян, Р. Д. Даикесаманский, В. Н. Кожухов, В. Г. Малумян, В. А. Санамян, *Астрофизика*, 4, 129, 1968.
2. В. С. Артюх и др., *Препринт ФИАН*, № 82, 1967.
3. В. С. Артюх, В. В. Виткевич, Р. Д. Даикесаманский, *Астрон. ж.*, 44, 984, 1967.
4. P. J. S. Williams, S. Kenderdine, J. E. Baldwin, *Mem. R. A. S.*, 70, 53, 1966.
5. A. S. Bennet, *Mem. R. A. S.*, 68, 63, 1962.
6. R. J. Long, M. A. Smith, P. Stewart, P. J. S. Williams, *M. N.*, 134, 371, 1966.
7. J. R. Dickel, K. S. Yang, G. C. McVittie, G. W. Swenson, *A. J.*, 72, 757, 1967.
8. J. M. Macleod, G. W. Swenson, K. S. Yang, J. R. Dickel, *A. J.*, 70, 756, 1965.
9. G. A. Day, A. J. Shtimms, R. D. Ekers, D. J. Cole, *Austr. J. Phys.*, 19, 35, 1966.
10. D. H. Pilkington, P. E. Scott, *Mem. R. A. S.*, 69, 183, 1965.
11. R. G. Conway, K. I. Kellerman, R. J. Long, *M. N.*, 125, 261, 1963.
12. D. Wills, E. A. Parker, *M. N.*, 131, 503, 1966.
13. M. E. Clark, *Observatory*, 85, 67, 1965.
14. B. H. Andrew, *Ap. J.*, 147, 423, 1967.
15. Л. Л. Базелян и др., *Астрон. ж.*, 42, 618, 1965.
16. W. C. Erickson, W. M. Cronyn, *Ap. J.*, 142, 1156, 1965.
17. K. I. Kellerman, *Ap. J.*, 140, 969, 1964.
18. R. S. Roger, C. H. Costain, C. R. Purton, *Nature*, 207, 62, 1965.
19. J. J. K. Pauliny-Toth, K. I. Kellerman, *Ap. J.*, 146, 634, 1966.
20. A. T. Moffet, *Ap. J.*, 141, 1580, 1965.
21. P. J. S. Williams, *Observatory*, 86, 67, 1966.
22. E. M. Fomalont, *Observations of the Owens Valley Obs.*, No. 7, 1967.
23. J. D. Wyndham, *Ap. J.*, 144, 459, 1966.
24. P. Veron, *Ap. J.*, 144, 861, 1966.