

## НАБЛЮДЕНИЯ КВАЗИЗВЕЗДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЧАСТОТЕ 7700 МГц

*Н. М. Липовка*

Проведенные наблюдения радиоисточников с плоским спектром и их отождествления с оптическими объектами позволяют предположить, что большинство отождествленных источников связано с квазарами. В большинстве своем эти объекты имеют сложную структуру, переменны в радиодиапазоне, а два из них (NRAO 140 и 2134+000), по-видимому, переменны и в оптическом диапазоне волн.

The observations of radio sources with a flat spectrum and their identification with optical objects allow to suppose the majority of the identified sources to be related to quasars. Most of these objects have a complex structure, are variable in the radio wave region, two of them (NRAO 140 and 2134+000) appears to be variable in the optical region as well.

Изучение внегалактических радиоисточников, имеющих спектр необычной формы, так называемый плоский спектр (в сантиметровом диапазоне волн плотность потока мало изменяется при изменении частоты) представляет интерес как с точки зрения физических процессов, протекающих в них, так и с точки зрения связи этих источников с квазарами и ядрами галактик Сейферта.

По каталогам [1—3] нами были отобраны радиоисточники с указанием на плоский спектр или на наличие инверсии в спектре на частотах, превышающих 2650 МГц. Были проведены наблюдения на волне 4 см в течение мая—декабря 1968 г. при помощи Большого пулковского радиотелескопа с разрешением по уровню половинной мощности  $\varphi_A = 1.5 \times 8' (\sin h)^{-1}$  ( $h$  — высота источника над горизонтом). В наблюдениях использовался приемник на туннельных диодах с параметрическими усилителями на входе чувствительностью  $\Delta T_m = 0.03^\circ \text{K}$  при постоянной времени 1 сек. [4]. В качестве опорного объекта для определения плотности потоков использовался радиоисточник Дева А ( $S_{7700 \text{ МГц}} = 47 \cdot 10^{-26} \text{ вт} \times \text{м}^{-2} \cdot \text{Гц}^{-1}$ ). Прямые восхождения радиоисточников определялись привязкой к квазарам (3С 84, 3С 354, NRAO 701, 3С 120, 3С 273, 3С 279), которые отождествлены с оптическими объектами.

За последние два года выполнено много наблюдений [5—16] в широком диапазоне частот (400—31 600 МГц), что позволило построить уверенные спектры объектов, наблюдавшихся нами, а также обнаружить наличие переменности плотности потока для некоторых из них.

В табл. 1 приведены данные об исследованных нами объектах: прямые восхождения, полученные нами (столбец 2), склонения, при которых велись наблюдения (столбец 4), прецессия за год (столбцы 3 и 5), плотность потока на волне 4 см (столбец 6).

Спектры объектов, построенные по нашим измерениям (кружки) и по [1—3, 5—16], приведены на рис. 1. Из рисунка видно, что для некоторых

ТАБЛИЦА 1  
Данные об исследованных объектах

Объект	$\alpha_{1950.0}$ ( $\lambda = 4$ см)	$P_{\alpha}$	$\delta_{1950.0}$ ( $\lambda = 4$ см)	$P_{\delta}$	$S$ ( $10^{-26}$ вт · м <sup>-2</sup> × Гц <sup>-1</sup> )	Структура и диаметр объекта, $\theta$	$\alpha_{\text{опт 1950.0}}$	$\delta_{\text{опт 1950.0}}$	$m_{\theta}$	$CI$	Эпоха	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NRAO 140	03 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> 3 ± 3 <sup>s</sup> 3 <sup>s</sup> 75		32°08' 28"	11.8	2.0	Сложная структура	03 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> 5 ± 0 <sup>s</sup> 5	32°08' 40" ± 20"	18 <sup>m</sup> 3 0 <sup>m</sup> 6		1955.83	Наше отождествление, $z = 1.258$
NRAO 190	04 40 07.6 ± 3	3.06	-00 23 21	6.83	2.2	0.0009 ± 0 <sup>o</sup> 0002	04 40 05.4 ± 0.5	-00 23 10 ± 10	18.4	0.6	1955.08	$z * < 0.2$ , переменный в радиодиапазоне
0723-00	07 23 20 ± 2	3.05	-00 48 48	-7.17	2.1	—	-07 23 17.5 ± 0.5	-00 48 40 ± 20	20.0	0.4	1955.92	
0741-06	—	—	—	—	< 1.8	—	—	—	—	—	—	Невидим на $\lambda = 4$ см
0742+10	07 42 48.3 ± 2	3.29	+10 19 48	8.73	1.8	Сложная структура	07 42 47.5 ± 0.3	10 19 40 ± 20	20.5	0.0	1954.41	Возможно, переменный в радиодиапазоне
1127-14	11 27 35.5 ± 0.5	3.02	-14 32 24	-19.8	перем. (см. табл. 2)	Сложная структура	11 27 35.65 ± 0.05	-14 32 54 ± 0.4	16.9	0.27	1969.11	Переменный в радиодиапазоне, $z = 1.187$
1548+05	15 48 07.5 ± 3	2.96	05 36 18	-10.8	2.3	—	15 48 08.0 ± 0.5	05 36 10 ± 10	18.6	0.5	1954.5	Переменный в радиодиапазоне
1555+00	15 55 30 ± 3	3.07	00 07 12	-10.3	1.6	0.0006 ± 0 <sup>o</sup> 0001	15 55 27 ± 0.5	00 07 47 ± 10	19.0	0.7	1953.58	Переменный в радиодиапазоне
2134+000	21 34 04.9 ± 0.5	3.07	00 26 00	16.1	12.3	0.0007 ± 0 <sup>o</sup> 0001	21 34 05.6 ± 0.3	00 28 30 ± 10	17	0.6	1954.5	$z = 1.94$ , переменный в оптическом диапазоне
	21 34 13.4 ± 0.5	3.07	00 26 00	16.1	4.0	—	21 34 13.5 ± 0.5	00 25 00 ± 10	20	0.0	1954.5	

\* Предсказываемое по радионамерениям.

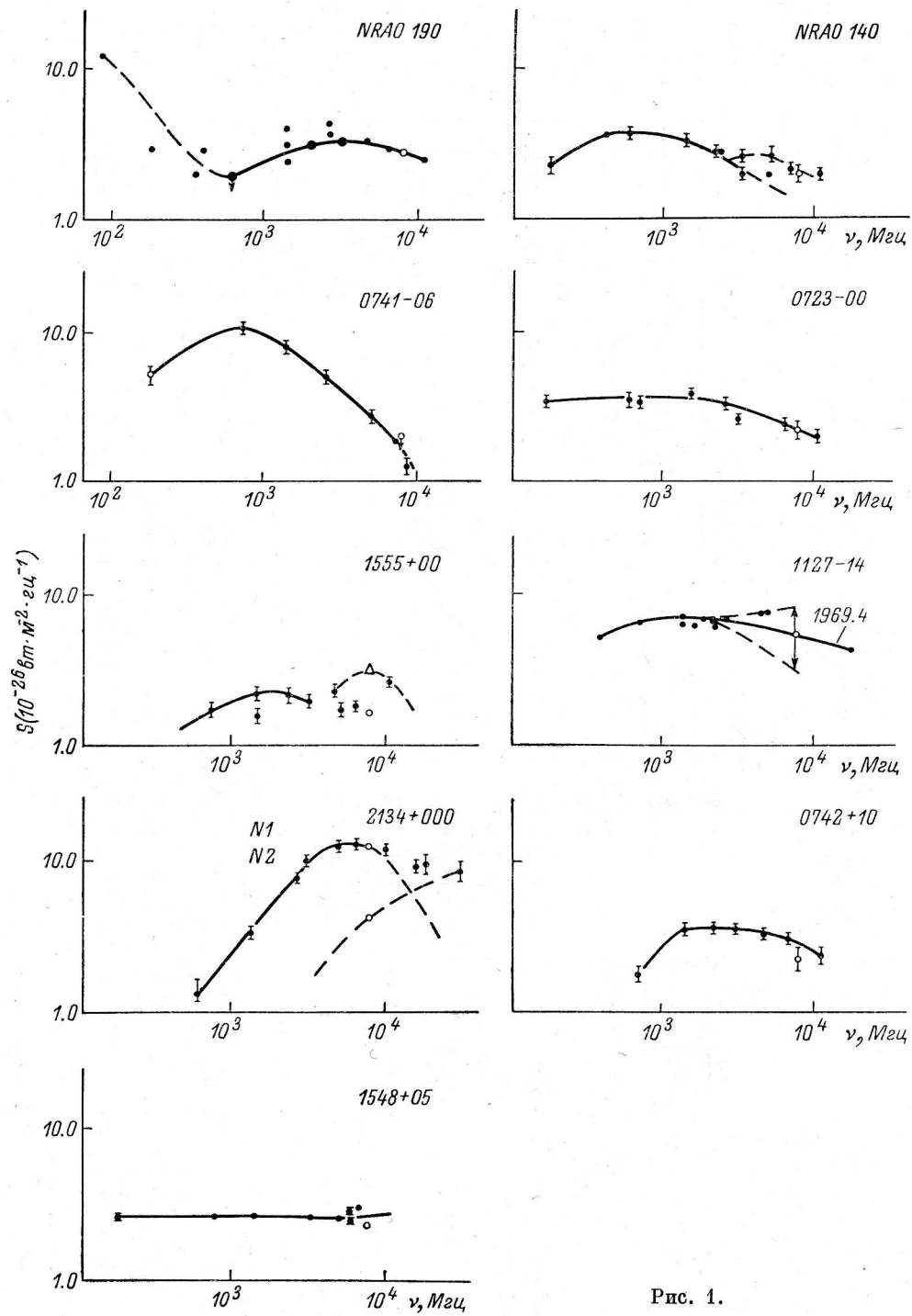


Рис. 1.

объектов (NRAO 190, NRAO 140, 1555+00, 1127—14) имеет место разногласие в плотностях потоков в сантиметровом диапазоне волн, превосходящее точность измерения потоков, что обусловлено переменностью этих объектов в радиодиапазоне.

Большую ценность представляют наблюдения с независимой интерферометрией [17—20], которые показывают, что радиоизлучение исходит из области малого углового размера  $\theta$  (см. табл. 1, столбец 7), а некоторые из объектов имеют сложную структуру (наличие нескольких радиоисточников малого углового размера). Поэтому представляет несомненный интерес отождествление их с оптическими объектами. По картам Паломарского атласа неба нами были проведены оптические отождествления наблюдаемых радиоисточников методом, описанным в [21]. В табл. 1 (столбцы 8 и 9) приведены координаты подозреваемых звездообразных объектов, часть из которых (например, координаты NRAO 140, NRAO 190, 1127—14, 2134+000) хорошо согласуются с радиоизмерениями. Фотографические визуальные звездные величины  $m_v$  и показатели цвета  $CI$  этих объектов определялись с помощью тест-поля шарового звездного скопления МЗ [22, 23] с точностью  $0^m3 \div 0^m5$  и приведены в табл. 1 в столбцах 10 и 11 соответственно. В столбце 12 указана эпоха, которой соответствует фотографическая визуальная величина объекта. Указание эпохи необходимо, поскольку речь идет об объектах переменной яркости не только в радиодиапазоне, но и в оптическом диапазоне. Следует отметить, что показатель цвета отождествленных объектов  $CI \approx 0^m0 \div 0^m6$ , что характерно для квазизвездных источников и ядер галактик Сейферта.

Рассмотрим радио- и оптические свойства каждого объекта.

**NRAO 140.** Спектр объекта сложный (рис. 1) и имеет четкий максимум на частоте  $\nu_{\max} \approx 700$  Мгц. Не исключено разделение спектра на две компоненты. Измерения с независимой интерферометрией [19] подтверждают сложность структуры объекта. Обнаружено изменение плотности потока со временем в сантиметровом диапазоне волн [24].

Отождествление с оптическим объектом, проведенное нами по картам Паломарского атласа, показало, что объект имеет  $m_v = 18^m3$  и показатель цвета  $CI = 0^m6$  на эпоху 1955.83. Блэйком [25] были получены близкие значения. Сандейдж [26] приводит  $m_v = 17^m$  на эпоху 1968.88. По-видимому, за период 1955.83—1968.88 объект увеличил яркость на  $1^m$ .

**NRAO 190.** Спектр объекта в дециметровом диапазоне волн [6, 9, 27] определяется неуверенно. Создается впечатление, что он слабо переменен в сантиметровом диапазоне волн (6 см—9 мм) и основные флуктуации плотности потока происходят в дециметровом диапазоне волн. Ряд наблюдений [6, 9, 10, 13] подтверждает наличие переменности. К сожалению, невозможно построить спектр по эпохам, поскольку в цитируемой литературе не указан момент наблюдений. На рис. 1 нанесены значения потоков, соответствующие данным за 1969 г. с указанием момента наблюдения [6, 19]. В некоторый момент времени спектр этого объекта очень напоминал спектр Сейфертовской галактики 3С 84.

Интерферометрические измерения на волне 13 см [19] дают угловой размер объекта  $\theta = 0^{\circ}0009 \pm 0^{\circ}0002$ . По скорости изменения потока на частоте 1400 Мгц определяем верхнюю границу линейного размера объекта ( $< 3$  пс). Следовательно, он находится на расстоянии  $r = l/\theta \approx 700$  мпс и должен иметь красное смещение  $z \leq 0.2$ .

**0723—00.** Спектр радиоисточника плоский (рис. 1) с завалом в сантиметровом диапазоне волн; возможно, он более сложный, чем на рисунке. Определенные нами координаты хорошо совпадают с координатами слабого голубого объекта в оптическом диапазоне (см. табл. 1).

**0742+10.** Спектр его [6] плоский в сантиметровом диапазоне. Возможно наличие нескольких компонент, которые могли бы объяснить

такую форму спектра; интерферометрические измерения [19] также указывают на сложность структуры. На месте радиисточника наблюдаются два голубых объекта с различными склонениями (см. табл. 1).

1127—14. Из рис. 1 видно, что в дециметровом диапазоне волн спектр медленно растет с увеличением длины волны. Согласно нашим измерениям на волне 4 см, плотность тока этого объекта медленно уменьшалась с января 1969 г. по июнь 1970 г. и в настоящее время увеличивается (см. табл. 2).

ТАБЛИЦА 2  
Плотность потока объекта 1127—14

Дата	$S, 10^{-16} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \times$ $\times \text{Гц}^{-1}$	Дата	$S, 10^{-16} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \times$ $\times \text{Гц}^{-1}$
VI 1968	8.2	VI 1970	3.2
I—II 1969	6.0	X 1970	4.8
XI 1969	4.9		

Совместное рассмотрение наших измерений потока за январь—ноябрь 1969 г. и результатов Андриевского за июнь 1969 г. [15], Хоббса в эпоху 1969.4 [28] и [19] за июнь 1969 г. показывает, что на частотах, больших 3000 МГц спектр спадает и, следовательно, максимум в спектре должен быть где-то в районе 1000 МГц. Наши измерения свидетельствуют о том, что завал спектра может быть еще больше при уменьшении плотности потока со временем, либо спектр может становиться плоским в сантиметровом диапазоне волн при увеличении плотности потока, т. е. наибольшая активность объекта проявляется на волнах короче 4 см. На рис. 1 стрелками показаны наблюдаемые пределы плотности потока по измерениям на волне 4 см.

Интерферометрические измерения на волнах 18 и 6 см [18] показали, что источник разделен на две компоненты. Получены координаты, фотографическая видимая звездная величина, показатель цвета и красное смещение отождествленного с ним оптического объекта [29, 30].

1548+05. Спектр объекта совершенно плоский в широком диапазоне частот от 178 МГц до 10 000 МГц. Объяснить такую форму спектра можно наличием нескольких компонент одинаковой интенсивности, но имеющих максимум в спектре на различных частотах. Келлерман [14] обнаружил изменение плотности потока объекта на волне 6 см.

На месте радиисточника нами обнаружен голубой объект (см. табл. 1).

1555+00. Наши измерения указывают на наличие двух компонент в этом объекте. Форма спектра подтверждает это предположение (спектр легко делится на две компоненты). Радиоизмерения дают два различных склонения. Келлерман отмечает слабую переменность объекта на  $\lambda=6$  см [14]. В то же время, что и наши, выполнены (июль—август 1968 г.) измерения Бридла на частоте 10.6 ГГц [12]. Поскольку диаграмма направленности у него шире нашей в 1.5 раза, то полученный им поток является суммарным от двух компонент. На рис. 1 треугольником обозначена суммарная плотность потока по нашим измерениям. Как наши измерения, так и измерения Бридла показывают увеличение плотности потока от объекта в сантиметровом диапазоне волн. Наконец, интерферометрические измерения [20], выполненные в октябре 1969 г., подтверждают факт изменения плотности потока. Таким образом, объект 1555+00, по-видимому, переменный и, возможно, состоит из двух компонент с максимумами в спектре на частотах  $\nu_{\text{max}}=3000$  МГц и  $\nu_{\text{max}}=7000$  МГц. Исследовательские карты Паломарского атласа показали наличие на месте радиисточника двух слабых голубых объектов (см. табл. 1).

2134+000. На волне 4 см (по нашим измерениям) этот радиоисточник разрешился на две компоненты (см. № 1 и № 2 на рис. 1 и рис. 2). Ввиду того, что расстояние между компонентами составляет 2'2, а измерения [5—8, 14] проводились с диаграммами шире 2'4, все авторы получали интегральный поток от двух компонент. Единственные из опубликованных измерения, которые должны были бы разрешить источник, — это измерения Хоббса и Ваака [28] на волне 9.5 мм с диаграммой 1'4. Поскольку Хоббс и Ваак не указывают на это, полученный ими поток относится к одной из компонент. Они не приводят координат, и поэтому невозможно установить, какую компоненту они наблюдают.

Группа авторов [31] отождествила компоненту № 1 этого радиоисточника с квазизвездным объектом 18<sup>m</sup> по пластинкам Паломарского атласа на эпоху 1952.7. В августе 1967 г., как отмечено в работе [32], наблюдения при помощи 74-дюймового телескопа на Маунт Стромло показали, что

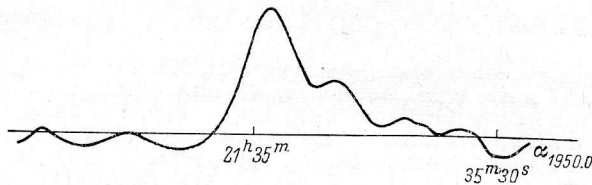


Рис. 2.

этот объект на 1<sup>m</sup> ярче, а в его спектрограмме имеются широкие эмиссионные линии с красным смещением  $z=1.93$ . Согласно нашим оценкам по картам Паломарского атласа на эпоху 1954.5 с показателем цвета  $CI=0.6$ , фотовизуальная звездная величина объекта составляет  $m_p=17^m$ . Возможно, что светимость объекта возросла на 1<sup>m</sup> между эпохами 1952.7 и 1954.5.

Поскольку из наших измерений следовало, что радиоисточник двойной, было проведено отождествление его второй компоненты с оптическим объектом. Им оказался слабый голубой звездообразный объект, координаты и звездная величина которого приведены в табл. 1.

Из вышеизложенного видно, что спектры объектов NRAO 140, 1555+00, 1127—14 и 2134+000 делятся на компоненты. Не исключено, что спектры объектов 0742+10, 1548+05 и 0723—00 тоже сложные. Отчетливо проявляется переменность у NRAO 190, NRAO 140, 1555+10 и 1127—14; возможно, что объекты 2134+000, 1548+05 и 0742+10 также переменны в радиодиапазоне. Объекты NRAO 140 и 2134+000 переменны в оптическом диапазоне. Почти все оптические объекты, соответствующие радиоисточникам, имеют голубой цвет и, по-видимому, являются либо квазарами (2134+000, 1127—14), либо ядрами Сейфертовских галактик.

Дальнейшее изучение этих объектов в оптическом и радиодиапазонах представляет значительный интерес.

Автор благодарит Гольневу Н. Е. и Корнееву Н. Ф. за помощь в обработке наблюдательского материала, а также Берлина А. Б., Королькова Д. В. и Тимофееву Г. М., изготовивших высокочувствительный радиометр, с помощью которого были проведены наши измерения.

#### Л и т е р а т у р а

1. M. M. Davis, Bull. Astron. Inst. Neth., 19, 201, 1967.
2. A. I. Shimmins, Australian J. Phys., 21, No. 1, 65, 1968.
3. J. F. R. Gower, P. F. Scott, D. Wills, Mem. Radio Astron. Soc., 71, 49, 1967.

4. А. Б. Берлин, Д. В. Корольков, Г. М. Тимофеева, Приборы и техника эксперимента, № 3, 146, 1969.
5. J. D. Kraus et al., Astrophys. J., 152, No. 1, p. 2, L 35, 1968.
6. B. H. Andrew, J. D. Kraus, Astrophys. J., 159, No. 1, p. 2, L 41, 1970.
7. L. T. Fitch, R. S. Dixon, J. D. Kraus, Astron. J., 74, No. 5, 612, 1969.
8. J. A. Galt, J. F. D. Kennedy, Astron. J., 73, No. 3, 135, 1968.
9. A. I. Shimmins, M. E. Clark, R. D. Ekers, Australian J. Phys., 19, 649, 837, 1966.
10. I. I. K. Pauliny-Toth, C. M. Wade, D. S. Heeschen, Astrophys. J. Suppl., 13, No. 116, 65, 1966.
11. D. Wills, Astrophys. Letters, 2, No. 6, 247, 1968.
12. A. H. Bridl, Nature, 221, No. 5178, 347, 1969.
13. A. J. Shimmins, R. N. Manchester, B. J. Harris, Australian J. Phys. Suppl., No. 8, 7, 1969.
14. I. I. K. Pauliny-Toth, K. J. Kellermann, Astron. J., 73, No. 10, p. 1, 953, 1968.
15. А. Е. Андреевский и др., Астрон. цирк., № 494, 1969.
16. R. W. Hobbs, J. A. Wark, Astrophys. J., 161, No. 2, p. 2, 793, 1970.
17. N. N. Broten et al., Nature, 216, No. 5110, 44, 1967.
18. K. J. Kellermann, B. G. Clark, C. C. Bare, Astrophys. J., 153, 705, 1968.
19. K. J. Kellermann et al., Astrophys. J., 161, No. 3, p. 1, 803, 1970.
20. Д. Д. Бродерик и др., Астрон. ж., 47, вып. 4, 784, 1970.
21. D. W. Dewhirst, in: Radio Astronomy to-day. Ed. Palmer, Manchester, 1963.
22. H. L. Johnson, A. R. Sandage, Astrophys. J., 124, No. 2, 379, 1956.
23. A. R. Sandage, Astron. J., 58, No. 3, 61, 1953.
24. E. R. Seaquist, Astrophys. Letters, 5, 111, 1969.
25. G. M. Blake, Astrophys. Letters, 6, No. 5—6, L 203, 1970.
26. J. Kristian, A. R. Sandage, Astrophys. J., 162, No. 2, p. 1, 391, 1970.
27. B. J. Mills, O. B. Slee, E. R. Hill, Australian J. Phys., 11, No. 1—4, 360, 1958.
28. R. W. Hobbs, J. A. Wark, Astrophys. J., 161, No. 2, p. 2, 793, 1970.
29. J. Bahcall, Astrophys. J., 158, No. 2, p. 2, L 87, 1969.
30. М. А. Аракелян, Астрофизика, 5, вып. 4, 603, 1969.
31. A. J. Shimmins et al., Astrophys. Letters, 1, No. 5, 167, 1968.
32. M. H. Cohen, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 7, 619, 1969.

Декабрь 1971 г.