

В. С. АРТЮХ, В. Г. МАЛЮМЯН

НАБЛЮДЕНИЯ ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК
НА ЧАСТОТЕ 102 МГц

С помощью Большой синфазной антенны Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР методом межпланетных мерцаний на 102 МГц проведены наблюдения 93 объектов из списка двойных галактик Караченцева. У 5 двойных систем обнаружено радиоизлучение с плотностью потока больше 1 Ян. Два объекта из них содержат мерцающие компоненты с плотностью потока в несколько Ян и угловыми размерами гораздо меньше 1".

На основании этих наблюдений было проведено сравнение относительных количеств объектов, обнаруживших радиоизлучение среди двойных и одиночных (изолированных) галактик. Оказалось, что среди галактик—членов двойных систем—объектов, обнаруживших радиоизлучение, в несколько раз больше, чем среди одиночных галактик. Таким образом, был подтвержден вывод, сделанный на основании наблюдений на более высоких частотах [10, 11], о повышенной активности галактик в двойных системах.

Введение. Исследования двойных и кратных галактик, которые интенсивно ведутся в последние годы, показали, что ядра галактик в двойных и кратных системах более активны, чем ядра изолированных галактик [1—5]. Наряду с другими диапазонами, эта активность проявляется и в радиодиапазоне [6—15]. Согласно работам [10, 11], у галактик—членов двойных и кратных систем—компактные центральные радиосточники встречаются чаще и они в 2—3 раза мощнее по сравнению с таковыми в изолированных галактиках.

В 1984 и 1985 гг. на Большой синфазной антенне (БСА) ФИАН СССР им. П. Н. Лебедева на частоте 102 МГц методом межпланетных мерцаний были проведены наблюдения двойных галактик из списка [16] с целью поиска в них компактных радиокомпонентов.

Методика наблюдений и обработки. Диаграмма антенны имеет размер $1^\circ \times \frac{0.5}{\cos z}$ (z —зенитное расстояние). Максимальная эффективная площадь составляла 20000 м² в 1984 г. и 40000 м² в 1985 г. Центральная частота наблюдений 102.5 МГц. Полоса пропускания приемника составляла 1400 КГц. Постоянная времени—0,5 с. Среднеквадратическая величина шумов—0,15 Ян. Величина эффекта путаницы порядка 1 Ян. Подавляющее большинство галактик наблюдалось в пределах солнечной элонгации $\varepsilon = 20^\circ - 40^\circ$. (На частоте 102 МГц мерцания максимальны при $\varepsilon = 24^\circ$). Более подробно методика наблюдений и их обработки описана в [17, 18].

Результаты наблюдений. Наблюдалось 93 системы двойных галактик из списка [16]. Так как у наблюдавшихся пар угловые расстояния между компонентами значительно меньше ширины диаграммы направленности антенны, то оба члена пар наблюдались одновременно. Список наблюдавшихся пар приведен в табл. 1. В первом столбце таблицы даны номера пар по [16], во втором—морфологические ти-

пы членов пар по [16]. В третьем—плотности потоков на 102 МГц или их верхние пределы. Для мерцающих объектов плотности потоков S_m и угловые размеры θ_m приведены в комментариях. Там же для систем с обнаруженным радиоизлучением приведены спектральные индексы радиоизлучения α , вычисленные на основании наших измерений и данных на 2700 МГц из [19].

Таблица 1

Двойные галактики, наблюдавшиеся на 102 МГц

№	Морфологический тип	Плотность потока (Ян)	Комментарии
1	2	3	4
4	SS	$\angle 2$	
5	SS	$\angle 1$	
12	SS	$\angle 2$	
13	SS	—	Сложная область
14	SS	$\angle 3$	На $1^m,5$ к востоку сильный источник
18	EE	$\angle 2$	$\varepsilon = 48^\circ$. Возможно мерцает
19	E?	$\angle 1$	
20	SS	$3,4 \pm 1$	$\alpha \geq 1,36$ Не мерцает
21	SS	—	Сложная область
22	SS	—	Мешает ЗСЗЗ
25	EE	—	Сложная область
36	SS	—	На 1^m к западу сильный мерцающий источник
38	SE	$\angle 1$	
40	SS	$\angle 2$	
41	SS	—	Мешает сильный источник PKS 0148+20
42	EE	$\angle 1$	На 1^m к западу мерцающий источник
43	SS	$\angle 1$	
44	EE	$\angle 1$	$\varepsilon = 47^\circ$
46	EE	$\angle 2$	На 30^s к западу источник
47	SS	$\angle 1$	
50	SS	$\angle 0,5$	$\varepsilon = 42^\circ$
51	EE	$\angle 1$	Возможно мерцает
53	SS	—	Мерцающий источник, проходящий на $1^m,5$ позже
54	SS	9 ± 2	4C 32.16=B2 0204-32. $S_m = 3 \pm 0,6$, $\theta_m = 0'', 1 \pm 0'', 1$
55	ES	$\angle 0,5$	$\varepsilon = 49^\circ$
61	ES	$\angle 1$	
62	ES	$\angle 2$	
63	ES	$\angle 1$	
64	SS	$\angle 2$	Возможно мерцает
65	SS	$\angle 1$	Возможно мерцает
66	SS	$\angle 2$	Возможно мерцает
67	SS?	$\angle 1$	На 2^m к востоку сильный мерцающий источник
68	SS	$\angle 1$	На 1^m к западу мерцающий источник
69	SS	$\angle 0,5$	
70	SS	$\angle 2$	
72	SS	—	Сложная область. На $2^m,5$ к западу сильный мерцающий источник
73	SE	$\angle 2$	
76	SE	—	Возможно мерцает. Мешает сильный источник
82	SS	$\angle 2$	Возможно мерцает. На 1^m к востоку сильный мерцающий источник
83	EE	$\angle 2$	
84	EE	42 ± 8	ЗС 75. $S_m < 1$
85	SS	$\angle 1$	
86	SE	$\angle 3$	На 1^m к востоку источник
87	SS	$\angle 1$	

1	2	3	4
88	SS	<2	Возможно мерцает. На 1 ^м к западу сильный мерцающий источник
89	SE	<1	
90	EE	<1	
91	SE	—	Мешает ЗС 89
92	SS	<1	
93	ES?	<1	Возможно мерцает. Вокруг сильные мерцания
95	SS	<1	Возможно мерцает
96	SS	<1	
97	SS	<2	Возможно мерцает. На 1 ^м к западу мерцающий источник
98	SS	<2	Возможно мерцает. К западу и к востоку мерцающие источники.
99	EE	<2	
100	EE	5,2+1	$S_m = 1,6 \pm 0,5$, $U_m = 0^{\circ}, 3 \pm 0^{\circ}, 2$, $\alpha \geq 1,12$
101	SE	<1	
103	SE?	<1	
104	EE	<2	Возможно мерцает
105	SS	<2	
106	ES	—	Мешает сильный мерцающий источник OG+028
107	ES	—	Мешает OG+028
108	SS	<2	Возможно мерцает
111	SS	<2	
112	SS	<0,5	
115	EE?	<1	
117	SS	<1	
118	ES	<1	Возможно мерцает
119	SS	<1	Возможно мерцает
120	SS	<2	На 1 ^м к западу сильный источник
121	ES	<2	На 1 ^м к западу сильный источник
122	SE	<0,5	
123	SE	<1	
124	SS	<1	Возможно мерцает
125	SS	<2	На 1 ^м к востоку сильный источник
130	ES	<1	
134	ES	<1	Возможно мерцает
136	SS	<0,5	
138	ES	<0,5	
146	SS	<1	
153	SE	<2	Возможно мерцает. На 1 ^м к западу мерцающий источник
161	SS	<2	Возможно мерцает. На 1 ^м к западу мерцающий источник
166	EE?	<1	
571	SS	3+0,6	Возможно мерцает. $\alpha \geq 1,3$
574	EE	<1	
584	SS	<1	
587	SS	<2	Возможно мерцает
590	SS	<1	
591	ES	<1	
592	SS	<1	
593	SS	<1	Возможно мерцает
601	SS	<2	
603	SS	<1	

Обсуждение результатов. Из наблюдавшихся 93 пар радионизлучение обнаружено у 5 пар. Между тем, согласно работе [18], ожидаемое число случайно обнаруженных источников с плотностью потока больше 1 Ян на БСА при наших наблюдениях должно было составить меньше 0,2. Вероятность такого случайного отклонения около $2 \cdot 10^{-6}$.

Как следует из табл. 1, из 5 обнаруженных пар у 2 наблюдались мерцающие компоненты с плотностью потока $S_m > 0,5$ Ян. В непосред-

ственной близости от многих двойных галактик обнаружены мерцающие источники с плотностью потока меньше 0.5 Ян. Такие случаи мы относили к сомнительным и отмечали как возможные мерцания, так как medianное значение эффекта путаницы для мерцающих источников на БСА составляет 0,15 Ян [20].

Распределение наблюдавшихся двойных галактик по морфологическим типам приведено в табл. 2. Пара № 19 не включена в нее, так как морфологический тип одной из ее компонент неизвестен.

Таблица 2

Распределение пар по морфологическим типам

Морфологический тип галактик	Количество пар	Среднее расстояние до пар, Мпк	Количество пар с обнаруженным радиоизлучением	Процент обнаружения
SS	53	105+5 (42)	3	2,8 (5,7)
SE	24	73+8 (15)	0	0
EE	15	78+10 (14)	2	6,7 (13,3)

В третьем столбце табл. 2 приведены средние расстояния до пар галактик разных морфологических типов, вычисленных на основании лучевых скоростей, взятых из [16, 21], при постоянной Хаббла $75 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$. В скобках приведены количества объектов с измеренными лучевыми скоростями. При вычислении процентов обнаружения радиоизлучающих галактик на уровне 1 Ян принималось во внимание количество отдельных галактик. Предполагалось, что радиоизлучение пары может быть обусловлено как одной компонентой, так и двумя компонентами пары.

Из табл. 2, видно, что среди SE пар ни один радиоизлучающий объект не обнаружен. Однако это не означает, что среди таких пар по сравнению с SS и EE парами радионисточники встречаются гораздо реже, так как число измеренных нами SE пар невелико и среднее расстояние до них может быть больше, чем приведенное в табл. 2, поскольку оно вычислено на основании радиальных скоростей всего 15 объектов из 24.

Поскольку среди членов двойных галактик (в особенности среди компонент тесных и взаимодействующих пар) по измерениям на более коротких волнах, радионисточники наблюдаются заметно чаще, чем среди изолированных галактик, то интересно сделать аналогичное сравнение по результатам наших наблюдений на метровых волнах.

К сожалению, на БСА или на других радиотелескопах метровых волн систематические наблюдения изолированных галактик не проводились. Для грубого сравнения мы воспользуемся работой Альтшулера и др. [22]. В [22] приведены результаты наблюдений 118 изолированных галактик не ярче $14^m.5$ из [23] на 2380 МГц. Из 53 SS пар, наблюдавшихся на БСА, условию $m \geq 14,5$ удовлетворяют 33 пары, среди которых находятся все 3 пары с обнаруженным радиоизлучением. Это означает, что процент обнаружения среди таких SS пар составляет 4.5 (9). Из выборки изолированных спиральных галактик [22] при среднем спектральном индексе радиоизлучения 0.8 на частоте 102 МГц на уровне ≥ 0.5 Ян были бы обнаружены две галактики. То есть

процент обнаружения составил бы примерно 2. Средние расстояния и абсолютные звездные величины изолированных галактик из [22] и галактик, наблюдавшихся нами на 102 МГц, соответственно равны $(77 \pm 3,5)$ Мпк, $-19,7 \pm 0,1$ и (105 ± 7) Мпк, $-20,5 \pm 0,1$. Эти величины для двойных систем определены на основании 30 объектов. Как видим, изолированные галактики в среднем находятся ближе, чем двойные галактики, но несмотря на это они значительно уступают членам пар по проценту обнаружения радиоизлучения. Это отличие вряд ли можно объяснить разницей в абсолютных величинах.

Сравнение с выборкой изолированных спиральных галактик наблюдавшихся на 5000 МГц из работы [8], также показывает, что среди пар с SS компонентами радиоизлучающие объекты встречаются чаще. В самом деле, при спектральном индексе 0,8 среди объектов выборки [8] на частоте 102 МГц могли быть обнаружены 11 галактик из 440, что составляет всего 2,5%. Для галактик из [8] средняя видимая величина равна $14^m 4 \pm 0,1$, а для членов двойных систем $14^m 6 \pm 0,1$. Частота встречаемости радиоизлучения выше также среди членов EE пар. Из 120 наблюдавшихся эллиптических галактик из [8] на 102 МГц могла быть обнаружена всего одна галактика, то есть примерно 1% от общего числа. Из 15 EE пар обнаружены 2. Это соответствует 7% (13%) обнаружения среди компонент пар этого типа. Такое отличие нельзя полностью объяснить разницей в расстояниях или абсолютных звездных величинах изолированных E галактик и членов EE пар.

Если даже спектры исследованных изолированных галактик на метровых волнах становятся круче (спектральный индекс больше 0,8), то приведенные выше результаты сравнения существенно не изменяются.

Таким образом, наши наблюдения двойных галактик на 102 МГц подтверждают вывод, сделанный ранее на основании наблюдений на более коротких волнах о том, что среди компонент двойных галактик радиоисточники встречаются чаще, чем среди одиночных галактик.

Чтобы ответить на вопрос, встречаются ли мерцающие компоненты в двойных галактиках чаще, чем в изолированных, необходимы наблюдения на метровых волнах изолированных галактик, находящихся на тех же расстояниях, что и исследованные нами пары галактик.

Авторы выражают благодарность сотрудникам группы эксплуатации БСА за помощь в наблюдениях.

Физический институт им. П. И. Лебедева АН СССР
Бюраканская обсерватория АН АрмССР

20 декабря 1985 г.

Վ. Ս. ԱՐՏՅՈՒԽ, Վ. Հ. ՄԱԼՅՈՒՅԱՆ

ԿՐԿՆԱԿԻ ԳԱՒԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԴԻՏՈՒՄՆԵՐԸ 102 ՄՀց
ՀԱՃԱԽՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ

ՍՍՀՄ ԳԱ Պ. Ն. Լեբեդևի անվան ֆիզիկայի ինստիտուտի Մեծ միափող դիտակի միջոցով 102 ՄՀց հաճախությամբ միջմոլորակային առկայծումների եղանակով Կարաչենցևի կրկնակի պալակտիկաների ցուցակից դիտվել է

93 օբյեկտ: Հինգ կրկնակի համակարգերի մոտ հայտնաբերվել է ուղիղա-
 ուղարկում: Յանսկուց մեծ հոսքի խտությունը, նրանցից երկուսը պարու-
 նակում են մեկ աղեղնային վայրկյանից փոքր անկյունային չափեր ունեցող
 մի քանի Յանսկի հոսքի խտությամբ առկայծող բաղադրիչներ:

Այս դիտումների արդյունքների հիման վրա կատարվել է ուղիղաու-
 դարկում ունեցող օբյեկտների հարթերական քանակությունների համեմա-
 տություն կրկնակի և միայնակ (մեկուսացված) գալակտիկաներում: Պարզվել
 է, որ կրկնակի համակարգերի անդամ գալակտիկաների մեջ ուղիղաուղարկ-
 քում ցուցաբերող օբյեկտներ դիտվում են մի քանի անգամ ավելի հաճախ,
 քան միայնակների մոտ: Այսպիսով, հաստատվել է ավելի բարձր հաճախու-
 թյուններում դիտումների հիման վրա կատարված գալակտիկաների կրկնակի
 համակարգերի անդամների ավելի ակտիվ լինելու վերաբերյալ հղյակացու-
 թյունը [10, 11]:

V. S. ARTUKH, V. H. MALUMIAN

OBSERVATIONS OF DOUBLE GALAXIES AT A FREQUENCY 102 MHz

93 double galaxies from Karachentsev list have been observed with
 the Large Phased Array of the Lebedev Physical Institute of the Aca-
 demy of sciences of the USSR at 102 MHz by means of the method of
 interplanetary scintillations. 5 objects have been detected. Two of them
 contain scintillating components with angular sizes considerably less
 than 1 second of arc having flux densities more than 1 Jy.

The comparison of the detection rate of radio emission among the
 members of pairs of galaxies and single (isolated) galaxies have been
 made. According to this comparison the radio sources in double systems
 of galaxies are observed several times more frequently than in single
 galaxies. Thus, the observations of double galaxies at low radio frequ-
 encies confirm the conclusion that the galaxies in pairs are more active
 than single galaxies, made earlier on the ground of observations at
 higher frequencies [10, 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. R. C. Kennicutt, W. C. Keel, *Astrophys. J.*, 279, 5, 1984
2. W. C. Keel, R. C. Kennicutt, E. Hummel, J. van der Hulst, *Astrophys. J.*, 90, 708, 1985.
3. R. D. Joseph, W. P. Meickle, N. A. Robertson, C. W. Wright, *Mon. Notice Roy. Astron. Soc.*, 209, 111, 1984.
4. J. J. Condon, M. A. Condon, Gtstler, J. J. Puchell, *Astrophys. J.*, 252, 102, 1982.
5. O. Dahart, *Astrophys. J.*, 89, 966, 1984.
6. J. W. Sulentic, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 32, 171, 1976.
7. J. T. Stocke, *Astron. J.*, 83, 348, 1978.
8. M. T. Adams, E. B. Jensen, J. T. Stocke, *Astron. J.*, 85, 1010, 1980.
9. T. M. Heckman, *Astrophys. J.*, 268, 628, 1981.

10. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 18, 227, 1982.
11. E. Hummel, *Astron. Astrophys.*, J., 98, 111, 1981.
12. А. Р. Петросян, *Астрон. ж.*, 61, 441, 1984.
13. D. R. Altschuler, C. Pantaja, *Astron. J.* 89, 1531, 1984.
14. В. Г. Малумян, *Астрофизика*, 25, 19, 1986.
15. В. Valick, T. M. Heckman, *Ann. Astron. Astrophys.*, 20, 431, 1982.
16. И. Д. Караченцева, *Сообщ. Спец. астрофиз. обс. АН СССР*, 7, 3, 1972.
17. В. С. Артюх, *Астрон. ж.*, 58, 208, 1981.
18. В. С. Артюх, В. Г. Малумян, М. Л. Оганнисян, *Астрон. ж.*, 59, 1075, 1982.
19. J. T. Stocke, W. G. Tift, M. A. Kaftan-Kassim, *Astron. J.*, 83, 322, 1978.
20. В. С. Артюх, В. И. Шишов, *Астрон. ж.*, 59, 896, 1982.
21. J. D. Karachentzev, *Astron. J. Suppl. Ser.*, 44, 137, 1980.
22. D. R. Altschuler, R. Glevanelli, M. P. Haynes, *Astron. J.*, 89, 1695, 1984.
23. В. Е. Караченцева, *Сообщ. Спец. астрофиз. обс. АН СССР*, 8, 3, 1973.