

ОДИНОЧНЫЕ РАДИОИСТОЧНИКИ В
ОКРЕСТНОСТЯХ ГАЛАКТИК

Г. М. ТОВМАСЯН

Поступила 12 октября 1967

Получены свидетельства в пользу того, что в окрестностях нормальных спиральных галактик имеются физически связанные с ними одиночные радиоисточники. Среднее расстояние радиоисточников от соответствующих галактик около 30—40 кпс. Спектральные индексы некоторых из этих радиоспутников имеют характерный излом в дециметровой области длин волн. В окрестностях более далеких скоплений галактик аналогичного повышения плотности радиоисточников не обнаружено.

Известно, что многие из радиоисточников, отождествленных с радиогалактиками, являются двойными. В большинстве таких случаев отождествление стало возможным из-за симметричного расположения компонентов относительно родительской галактики. По общепризнанному теперь представлению эти радиоисточники являются результатом активности ядер галактик [1—3], приведшей к взрывам с симметричным выбросом облаков релятивистских электронов. Известно, что возможны также и однонаправленные взрывы, как в случае NGC 4486. В работах [4, 5] сообщается об обнаружении нескольких радиоисточников в окрестностях исследованных 9 галактик и высказывается предположение о связи этих радиоисточников с соответствующими галактиками. При этом нет указаний на симметричное расположение обнаруженных радиоисточников относительно галактик. Об обнаружении целого роя радиоисточников вокруг M 31 сообщается в работе [6].

Все это стимулировало проведение поисков радиоисточников в окрестностях 272 галактик, результаты наблюдений которых были представлены в работах [7—9].

Все 272 в основном спиральные галактики были наблюдаемы на частоте 1410 мц. Радиоизлучение было обнаружено от 52 из них. Обнаруженный радиоисточник считался отождествленным с исследуе-

мой галактикой, если его координаты отличались не более 1.5—2.0 от координат соответствующей галактики.

Наблюдения были проведены с помощью 64-метрового радиотелескопа Австралийской Национальной Радиоастрономической обсерватории в Парксе в 1965 г. Диаграмма радиотелескопа 14'. Некоторые из галактик, близ положений которых были обнаружены радиоисточники, были наблюдаемы затем на частоте 2650 мц с помощью того же радиотелескопа (диаграмма 7.5) и на частоте 408 мц с помощью плеча восток-запад крестообразного радиотелескопа (диаграмма $1.5 \times 4^\circ$) Радиоастрономической обсерватории Молонгло Сиднейского университета (Австралия).

Чувствительность установок позволяла уверенно записывать радиоисточники с плотностью потока, равной 0.2 ед. потока (1 ед. потока = 10^{-26} ватт м⁻² цу⁻¹) на частотах 1410 и 2650 мц и 1.0 ед. потока — на частоте 408 мц. С помощью наблюдений на частотах 2650 и 408 мц уточнялись координаты обнаруженных источников, а также определялся их спектр.

Поиск производился в полосе по склонению, имеющей протяженность в $\pm 30'$ от положения исследуемой галактики. Это обусловлено тем, что при наблюдениях вначале производилось сканирование по склонению через положение каждой исследуемой галактики. Полная длина сканов обычно была не меньше 70—80'. Сканирование по прямому восхождению производилось в основном только в тех случаях, когда при сканировании по склонению в непосредственной близости от положения наблюдаемой галактики обнаруживался радиоисточник. Ширина полосы условно определяется диаграммой направленности радиотелескопа. В результате было обнаружено 66 радиоисточников в дополнение к тем 52 радиоисточникам, которые ранее уже были отождествлены непосредственно с самими галактиками. При подсчете учитывались только те радиоисточники, которые отчетливо видны на двух или более записях и потоки которых не меньше 0.3 ед. потока на 1410 мц. При этом потоки некоторых радиоисточников могут быть больше, чем определенные по записям значения, потому что из-за возможного отличия их прямых восхождений от прямых восхождений соответствующих галактик, они могли быть записаны не центральной частью диаграммы антенны. Это в основном относится к радиоисточникам, смещенным по склонению больше, чем на 10' от соответствующих галактик, поскольку для более близких радиоисточников определены обе координаты и тем самым измерены их действительные потоки.

Гистограмма распределения обнаруженных радиоисточников в зависимости от углового расстояния по склонению от соответствующих

галактик показана на рис. 1. В ней по оси ординат отложены логарифмы чисел радиоисточников, приходящихся на каждый интервал расстояния, пересчитанные на площадку в 10^5 кв. минут. Штриховкой показаны расположенные в пределах $\pm 2'$ от центров галактик и непо-

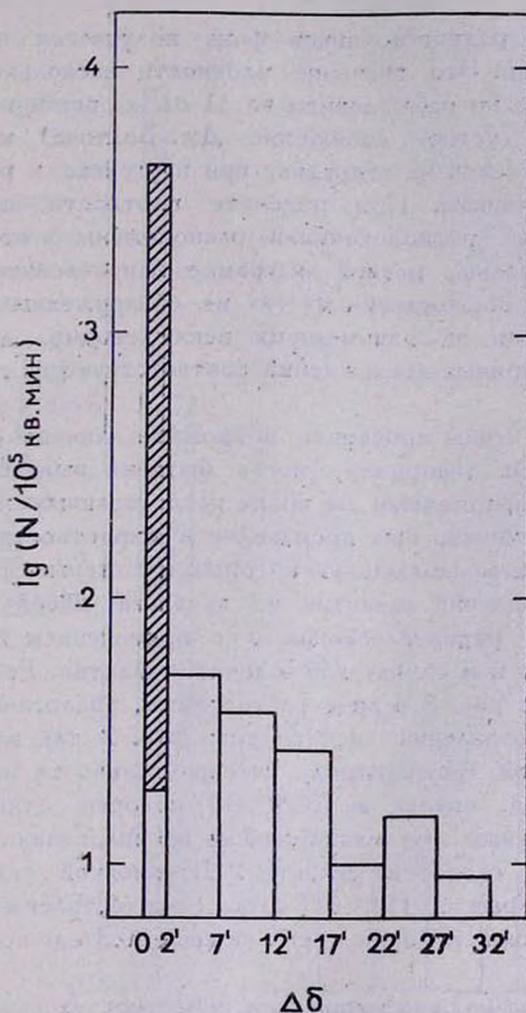


Рис. 1.

средственно отождествленные с ними радиоисточники. Из гистограммы видно, что плотность радиоисточников уменьшается довольно равномерно при удалении от галактик до расстояний примерно в $15'$, после

чего остается постоянной. Отсюда следует, что многие из радиоисточников, расположенных на расстояниях до $15'$ от соответствующих галактик, являются объектами, физически связанными с ними, то есть являются их радиоспутниками. Радиоисточники, расположенные дальше $15'$ от галактик, являются, по всей видимости, радиоисточниками фона.

Плотность радиоисточников фона получается при этом равной 1200 на стерадиан. Это значение плотности несколько меньше значения, полученного по наблюдениям на 11 см с помощью парковского радиотелескопа (устное сообщение Дж. Болтона) и равного около 1600 радиоисточников на стерадиан при пересчете к рассматриваемым нами радиоисточникам. При подсчете плотности нами полагалось, что обнаруженные радиоисточники расположены в полосе с шириной в $15'$, приблизительно равной диаграмме направленности антенны (измерения прямых восхождений многих из обнаруженных источников показывают, что они, за одним-двумя исключениями, действительно не отличаются от прямых восхождений соответствующих галактик больше, чем на $7'$).

Для того, чтобы проверить возможное влияние селекции наблюдательных данных (например, могла быть не выявлена часть радиоисточников, расположенных на краях исследованных полос), такой же поиск радиоисточников был произведен в окрестностях скоплений галактик, результаты наблюдений которых изложены в работах [10, 11]. Наблюдения скоплений галактик из каталога Эйбелла [12] произведены на тех же радиотелескопах и с применением той же методики наблюдений, что и в случае наблюдений галактик. Результаты поиска представлены на рис. 2 в виде гистограммы, аналогичной гистограмме рис. 1. При составлении гистограммы рис. 2, так же, как и при составлении первой гистограммы, учтены только те радиоисточники с потоком >0.3 ед. потока на 1410 мц , которые отчетливо видны на записях, полученных при сканировании по склонению через центр соответствующего скопления галактик. Штриховкой указаны те радиоисточники, которые в [10, 11] были отождествлены со скоплениями галактик и потоки которых также больше 0.3 ед. потока на частоте 1410 мц .

Гистограмма радиоисточников в окрестностях скоплений галактик заметным образом отличается от гистограммы радиоисточников у близких индивидуальных галактик. В первом случае плотность радиоисточников в окрестностях галактик падает довольно медленно с удалением от них, и радиоисточники одного только фона наблюдаются на расстояниях от галактик, превышающих $15\text{--}20'$. В случае скоплений галактик плотность радиоисточников в их окрестностях резко падает

до значения плотности фона практически уже за пределами области в 5—7' от центров скоплений галактик. Отсюда следует, что связанные со скоплениями галактик радиоисточники расположены не далее

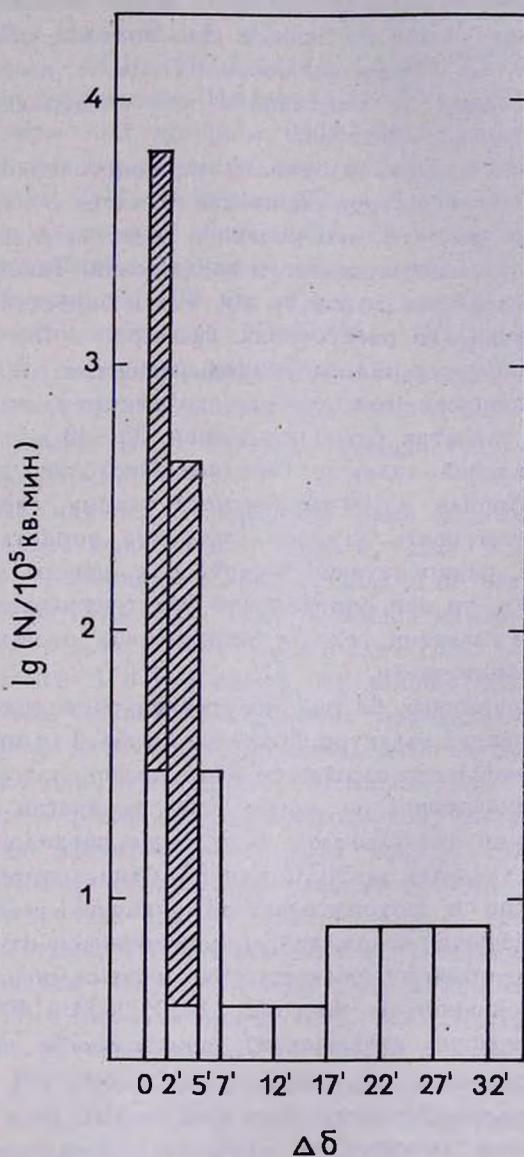


Рис. 2.

5—7' от центров скоплений. Плотность радиоисточников фона оказывается равной 750 радиоисточников на стерадиан. Большее значение

плотности фона, полученное по наблюдениям галактик, объясняется, возможно, тем, что небольшое число связанных с галактиками радиоисточников имеется и на расстояниях, больших, чем $20'$. Тот факт, что значение плотности фона у нас получается меньше, чем вообще плотность радиоисточников по данным Дж. Болтона, объясняется тем, что при подсчете фона нами исключено большое количество радиоисточников, находящихся в положениях или непосредственных окрестностях исследованных объектов.

Различный ход падения плотности радиоисточников с удалением от центров галактик и центров скоплений галактик с определенностью свидетельствует о том, что это различие действительно и не обусловлено результатом избирательности наблюдений. Таким образом, проведенное исследование указывает на то, что в окрестностях обычных спиральных галактик, на расстояниях примерно в $15-20'$ от их центров, имеются одиночные радиоспутники, физически связанные с ними.

Линейное смещение обнаруженных спутников-радиоисточников от соответствующих галактик равно в среднем $35-40$ клс. В случае исследованных скоплений галактик (среднее расстояние около 420 мпс при постоянной Хаббла в 100 км/сек/мпс) такому линейному смещению будет соответствовать угловое смещение порядка 0.3 . Так что если аналогичные радиоспутники будут и у центральных галактик скоплений галактик, то они определенно будут находиться в пределах тех $5'$ от центров галактик, где и обнаружены отождествленные со скоплениями радиоисточники.

Список обнаруженных 43 радиоспутников, расположенных не далее $15'$ от соответствующих галактик, приведен в табл. 1 (в приложении). Исходя из определенной выше плотности фона, можно полагать, что только $5-6$ из этих радиоисточников могут быть физически не связанными с соответствующими галактиками. В таблице последовательно представлены: номера галактик по NGC или IC, близ которых обнаружены радиоисточники; тип и фотографическая величина галактик, координаты галактик; смещения положений радиоисточников от соответствующих галактик по прямому восхождению и по склонению; плотности потоков радиоисточников на частотах 1410 , 2650 и 408 мц (в скобках указано количество наблюдений); спектральные индексы радиоисточников, определяемые из соотношения $S \sim f^{-\alpha}$. В таблицу включены также два радиоисточника близ NGC 4105 (или NGC 4106) и NGC 5360, смещение которых по прямому восхождению неизвестно, поскольку сканирование произведено только по склонению. Однако можно полагать, что эти источники, как и большинство остальных, не могут быть расположены дальше, чем $7'$ (половина диаграммы) по прямому восхождению.

Четыре из радиоисточников, приведенных в табл. 1 (близ NGC 157, 1417, 3351 и 4753) наблюдаются также Д. С. Хишеном и С. Р. Вейдом [13], однако в основном из-за неточного определения склонений этих источников они были непосредственно отождествлены ими с соответствующими галактиками.

Два источника — близ NGC 1417 и NGC 3367 — имеются в каталоге 4С [14] под номерами 04.11 и 14.37. Первый из этих источников зарегистрирован под номером 0339—04 также и в парковском каталоге [15]. В том же каталоге под номером 0912—16 имеется и источник близ NGC 2811. Источник 4С—01.11 имеет то же прямое восхождение, что и источник близ NGC 936, однако находится на $9'$ к северу. По нашим наблюдениям на этом месте нет радиоисточника.

По наблюдениям на 408 мц удалось измерить размеры двух источников. Это источники близ NGC 936 и NGC 1417. Их размеры оказались равными соответственно 1.9 и 2.5 по прямому восхождению. Все остальные источники не разрешены. Это значит, что размеры тех из них, которые измерены на 408 мц, меньше 0.5, а размеры остальных не превышают 3—5'.

Спектральные индексы определены нами для 16 из обнаруженных источников. Они приведены в табл. 1. Для 9 источников измерения относятся к интервалу 408—2650 мц. Для остальных 7 источников — к интервалу 1410—2650 мц. Большой интерес представляют спектры двух источников, расположенных близ NGC 1417 и NGC 3367. Их потоки на частоте 178 мц равны (по данным 4С) соответственно 2.8 и 3.0 ед. потока. Использование этих значений показывает, что спектры упомянутых источников, представленные на рис. 3, сильно загибаются на более длинных волнах*. Возможно, что такой вид спектра является характерным для радиоисточников, связанных с нормальными галактиками. Действительно, хотя вообще только небольшое число источников имеет сильно искривленный спектр, таким спектром обладают два источника нашего списка. Еще о трех источниках с искривленным спектром, отождествленных с галактиками, сообщается в [16]. Это источники 0045—25 (NGC 253), 1302—49 (NGC 4945) и 2048—57 (IC 5063). Таков и спектр NGC 3067, построенный по данным обзора [13] и 4С. Излом имеется также в спектре радиоисточника близ NGC 175 (0032—20 [16]), отстоящего от галактики дальше, чем $15'$ и потому не включенного в табл. 1. Спектры всех упомяну-

* Пунктирной линией представлен спектр источника близ NGC 1417 по данным парковского каталога. Большое различие потока на частоте 1410 мц (в 1.6 раза) вряд ли обусловлено ошибками измерений и, может быть, является результатом переменной этого источника в дециметровом диапазоне длин волн.

тых источников приведены на рис. 3. Таким же спектром с положительной кривизной обладают, по-видимому, и некоторые другие из отождествляемых с галактиками источников (из списка [13]) или находящихся в их окрестностях (из табл. 1 данной работы). Судя по их спектру, определенному для интервала 1400—750 мц или для интервалов 2650—1410—408 мц, и значению потоков на этих частотах, можно было ожидать, что эти источники должны быть включены в каталог 4С, наиболее слабые источники в котором имеют поток в 2 ед. потока. В табл. 2 приведено несколько таких источников, где даны спектральные индексы этих источников для соответствующих интервалов и ожидаемый при таком спектре поток на частоте 178 мц.

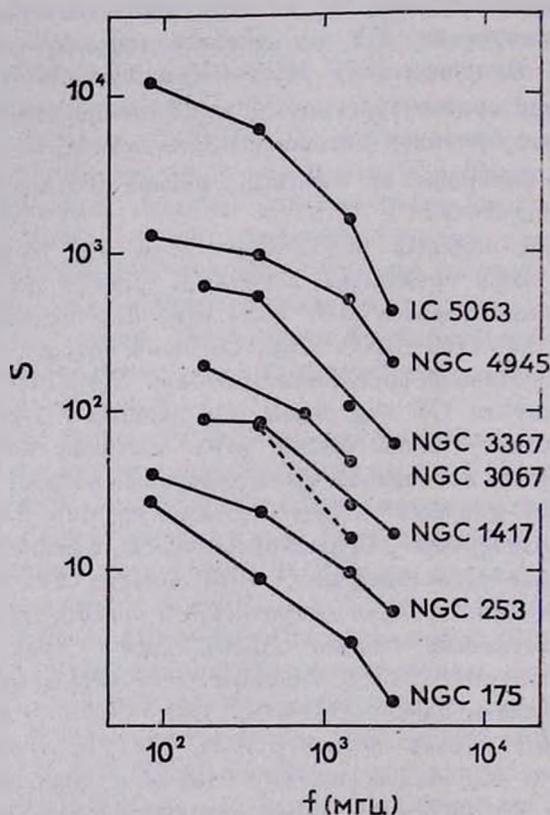


Рис. 3.

Затем, исходя из того, что эти источники отсутствуют в каталоге 4С и, следовательно, их потоки на этой частоте меньше 2 ед. потока, подсчитана верхняя граница спектрального индекса для длинноволновой области спектра. Мы видим, что для того, чтобы объяснить от-

№ № п/п	NGC IC*	α (1950)	δ (1950)	Тип	m_{pg}	$\Delta\alpha'$	$\Delta\delta'$	Плотность потока (10^{-26} ватт·м $^{-2}$ гц $^{-1}$)			α
								S_{1410}	S_{2650}	S_{408}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	157	00 ^h 32 ^m 3	-08° 40'	Sc	11 ^m .4	+ 2'	- 5'	0.5 (8)	0.3 (4)	<1.0 (1)	0.8
2	428	01 10.4	00 43	Sc	11.8	+ 9	+ 9	0.5 (4)	—	—	
3	685	01 45.9	-53 02	SBc	12.6	0	- 9	0.4 (6)	0.3 (6)	<1.0 (1)	0.5
4	{ 936 941	02 25.1	-01 22	SBa	11.2	+ 7	- 6	0.7 (4)	0.4 (4)	1.7 (1)	0.8
		02 26.0	-01 22	SBc	13.0	- 7	- 6				
5	1249	03 08.6	-53 32	SBc	12.0	- 3	- 1	0.3 (5)	<0.2 (5)	<1.0 (1)	
6	1291	03 15.5	-41 17	SBO	10.2	- 2	- 4	0.3 (4)	0.2 (8)	1.1 (1)	0.8
7	1302	03 17.7	-26 14	Sa	11.8	- 2	+ 5	0.4 (8)	<0.2 (2)	<1.0 (1)	
8	1380	03 34.6	-35 09	Sa	11.6	- 2	- 5	0.3 (6)	<0.2 (4)	—	
9	1380	03 34.6	-35 09	Sa	11.6	- 4	- 2	0.3 (5)	<0.2 (3)	—	
10	1417	03 39.5	-04 52	Sb	12.8	+ 2	+ 7	0.8 (6)	0.5 (4)	2.5 (1)	0.8—0.2
11	1533	04 08.8	-56 15	SBO	12.2	- 3	+ 8	0.4 (4)	—	—	
12	1543	04 11.7	-57 52	SBO	11.9	- 8	- 4	0.7 (5)	—	—	
13	1637	04 38.9	-02 56	Sc	11.5	+ 7	- 5	0.3 (6)	—	1.2 (1)	0.7
14	2811	09 13.9	-16 06	Sa	12.8	-14	-13	0.8 (7)	0.4**	2.7**	1.0
15	2835	09 15.7	-22 08	Sc	11.4	+ 9	-13	0.8 (6)	—	—	
16	2983	09 41.3	-20 15	SBa	12.8	+ 1	+10	0.6 (6)	—	—	
17	3351	10 41.3	11 58	SBb	11.0	+ 5	+ 3	0.4 (8)	0.2 (7)	1.2 (1)	1.0
18	3367	10 44.0	14 01	SBc	12.4	- 1.5	+ 3	0.5 (8)	0.3 (8)	2.5 (2)	1.0—0.3
19	3955	11 51.5	-22 54	IO	13.0	0	+ 8	0.4 (7)	—	—	
20	{ 4106 4105	12 04.2	-29 31	SBO	12.7	—	+10	>0.4 (3)	—	—	
		12 04.1	-29 30	E3	12.3	—	+ 9				

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	4435	12 25.3	13 21	SBO	12.2	- 1	- 7	0.4 (4)	-	<1.0 (1)	
22	{4477	12 27.6	13 55	SBO	11.8	+ 2	-10	1.1 (3)	-	-	
	<4479	12 27.8	13 51	SBO	13.9	- 1	- 6				
	{4473	12 27.3	13 42	E5	11.8	+ 6	+ 3				
23	4548	12 32.9	14 46	SBb	11.5	- 1	+12	0.3 (5)	-	-	
24	4753	12 49.8	-00 55	SO _p	10.8	0	- 8	0.4 (5)	0.2 (5)	-	1.1
25	4902	12 58.3	-14 15	SBb	11.8	+ 5	- 6	0.4 (4)	-	-	
26	5360	13 53.1	05 16	IO	-	-	+ 8	>0.3 (3)	-	<1.0 (2)	
27	5364	13 53.7	05 15	Sc	12.2	+12	+ 5	0.4 (4)	-	<1.0 (2)	
28	4662*	17 42.1	-64 39	Irr	12.0	-11	- 9	0.6 (4)	-	-	
29	6574	18 09.5	14 58	Sb	13.3	+ 3	+ 7	0.3 (7)	>0.2 (4)	-	
30	4710*	18 23.5	-67 01	SBc	12.3	- 4	- 5	0.5 (9)	0.3 (5)	-	0.8
31	6674	18 36.5	25 20	SBb	13.2	+ 7	- 9	0.3 (8)	-	-	
32	6753	19 07.2	-57 08	SBO	12.1	- 2	- 3	0.3 (3)	>0.2 (2)	-	
33	6970	20 48.6	-48 59	SBa	13.4	- 2	- 8	0.3 (6)	-	-	
34	{4837*	19 11.3	-54 46	SBc	12.8	+ 3	- 3	0.5 (4)	0.3 (4)	1.0 (2)	0.7
	{4839*	19 11.5	-54 43	SBb	-	+ 1	- 6				
35	7070A	21 27.6	-43 01	IO	-	+ 2	+ 9	0.3 (8)	-	-	
36	7252	22 18.0	-24 56	SO	13.1	- 3	-13	1.4 (4)	-	-	
37	7329	22 37.0	-66 44	SBb	12.4	- 2	- 6	0.4 (4)	-	-	
38	7332	22 35.0	23 32	SO	12.5	- 3	+15	0.5 (5)	0.3 (2)	-	0.5
39	7582	23 15.8	-42 38	SBb	12.0	- 7	+ 7	0.6 (1)	0.3 (4)	<1.0 (1)	1.1
40	{7599	23 16.7	-42 32	SBc	12.1	- 2	+ 9	1.5 (3)	1.0 (4)	-	0.6
	{7590	23 16.3	-42 31		12.4	+ 2	+ 8				
41	7716	23 33.9	00 01	Sb	13.2	- 4	-14	0.4 (5)	-	-	
42	7764	23 48.4	-41 01	SBc	13.0	- 1	+ 4	0.3 (5)	<0.2 (6)	1.1 (1)	0.7
43	7769	23 48.5	19 52	Sc	13.0	+ 5	0	0.3 (4)	-	-	

** Данные по [15].

сутствие этих источников в каталоге 4С, мы должны допустить резкое уменьшение значения спектрального индекса для них. Для двух из них даже получается отрицательный спектральный индекс.

Здесь следует заметить, что ожидаемый поток на частоте 178 мк для источников из [13] должен получиться несколько выше, поскольку для этих источников за значение потоков принимались значения пиковых отклонений D , приводимые в работе [13], которые обычно несколько меньше потоков. Это последнее обстоятельство выясняется при сопоставлении пиковых отклонений D некоторых источников из списка [13] с потоками тех же источников, наблюдаемых другими авторами [5, 7, 9, 15, 17].

Таблица 2

NGC	Тип	m_{pg}	α	S_{178} ожидаем.	α'	$\Delta\alpha$
891	Sb	10.8	0.9	5.0	0.25	>0.65
936	SBa	11.2	0.8	4.9	0.2	>0.6
3351	SBb	11.0	1.1	2.9	0.6	>0.5
3521	Sb	10.1	1.0	4.3	0.4	>0.6
3628	Sb	10.2	1.1*	3.8	0.6	>0.5
			0.9	4.3	0.3	>0.6
4449	II	9.9	1.0	4.3	0.4	>0.6
4579	Sb	10.3	1.2	6.7	0.4	>0.8
4753	S	10.8	1.1	5.0	0.3	>0.8
5194	Sc	8.9	0.8	7.7	-0.15	>0.95
6946	Sc	9.7	0.8	7.1	-0.15	>0.95
7331	Sb	10.3	1.1	4.7	0.5	>0.6

* Согласно [13].

Таким образом, кажется, что радиоисточники, связанные со спиральными галактиками, действительно имеют сильно искривленный спектр, чем и объясняется, возможно, отсутствие многих из этих источников в каталоге 4С и в парковских каталогах [15—17], где основной обзор источников сделан на длине волны 73.5 см.

Таким образом, проведенное исследование показало, что радиоисточники, связанные с некоторыми галактиками (в основном спиральными), могут находиться вне этих галактик на расстояниях, примерно от 10 до 1000 клс от их центров. Если полагать, что эти радиоисточники являются результатом взрывных процессов в ядрах галактик, то здесь мы встречаемся с фактом одиночных выбросов, в отличие от известных симметричных выбросов в случае радиогалактик. Конечно,

не исключается предположение, что второй компонент был, но быстро ослаб в радиочастотах. Этот факт заставляет по-иному смотреть на проблему неотожествленных источников. Некоторая их часть может быть связана со сравнительно яркими галактиками. Однако непосредственное отождествление в таком случае сделать трудно из-за заметного расхождения координат обоих объектов и отсутствия такого очевидного признака, как симметричное расположение двойных радиоисточников относительно родительской галактики.

В заключение автор выражает глубокую признательность Е. Дж. Боуэну и Дж. Г. Болтону за предоставление возможности наблюдений в Парксе и проф. Б. Я. Миллсу—за предоставление возможности наблюдений в Молонгло.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SINGLE RADIO SOURCES IN THE VICINITY OF GALAXIES

H. M. TOVMASSIAN

Evidence has been obtained in favour of the existence of single radio sources in the vicinity of normal spiral galaxies which are physically connected with them. The mean distance of radio sources from parent galaxies are about 30—40 kps. The spectral indices of some of these radio satellites have characteristic cut-off in the range of decimetric wavelengths. In the vicinity of distant clusters of galaxies a similar increase of the density of radio sources is not detected.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 9, 23, 1956.
2. V. A. Ambartsumian, Solvay Conf. Rep., Brussels, 1958.
3. V. A. Ambartsumian, Transactions of IAU NB., 11 B, 145, 1962.
4. M. L. de Jong, Ap. J., 142, 1333, 1965.
5. M. L. de Jong, Ap. J., 144, 553, 1966.
6. J. D. Kraus, Nature, 207, 587, 1965.
7. H. M. Tovmassian, Austr. J. Phys., 19, 565, 1966.
8. H. M. Tovmassian, Austr. J. Phys., 19, 883, 1966.
9. H. M. Tovmassian, Austr. J. Phys., (в печати).
10. H. M. Tovmassian, I. G. Moiseev, Austr. J. Phys., (в печати).
11. H. M. Tovmassian, I. G. Moiseev, Austr. J. Phys., (в печати).
12. G. O. Abell, Ap. J., Suppl., 3, 211, 1958.
13. D. S. Heeschen, G. M. Wade, A. J., 69, 277, 1964.
14. F. R. Gower, P. F. Scott, D. Wills, Memoirs Roy. Astr. Soc., 71, 49, 1967.
15. A. J. Shimmins, G. A. Day, R. D. Ekers, D. J. Cole, Austr. J. Phys., 19, 837, 1966.
16. J. G. Bolton, F. F. Gardner, M. B. Mackey, Austr. J. Phys., 17, 340, 1964.
17. G. A. Day, A. J. Shimmins, R. D. Ekers, D. J. Cole, Austr. J. Phys., 19, 35, 1966.