

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

## АСТРОФИЗИКА

ТОМ 9

МАЙ, 1973

ВЫПУСК 2

### НАБЛЮДЕНИЯ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК

Г. М. ТОВМАСЯН

Поступила 28 апреля 1973

Радиоизлучение на частоте 1400  $M\mu$  с потоком, превышающим 0.1 *ед. потока* обнаружено в положении 30 из наблюдаемых 111 скоплений галактик.

Наблюдения радиоизлучения скоплений галактик, расположенных на приблизительно одинаковых расстояниях от нас [1], а затем просмотр всех наблюдаемых скоплений галактик (с наличием или отсутствием радиоизлучения) на Паломарских картах и возможное отождествление источников радиоизлучения с членами скоплений галактик позволило ранее придти к определенным выводам о том, какие скопления являются наиболее вероятными источниками радиоизлучения [2]. Оказалось, что радиоизлучение большей частью наблюдается от тех скоплений галактик, в центральных частях которых имеется доминирующая по яркости галактика типа D или N, причем радиоисточником является, возможно, именно эта яркая галактика. В скоплениях же без измеримого радиоизлучения лишь изредка встречаются галактики указанных типов. Эти результаты, однако, были получены на небольшом наблюдательном материале. Из исследованных в работе [2] 136 скоплений галактик измеримое радиоизлучение с потоком больше 0.2 *ед. потока* ( $10^{-26}$  *ватт м<sup>-2</sup>г<sup>-1</sup>*) имелось только у 25 скоплений галактик. Было бы желательно проверить полученные выводы на большем материале. Главным образом с этой целью нами были проведены наблюдения еще 111 скоплений галактик из каталога Эйбелла [3], список которых приводится в табл. 1. Как и в работе [1], были наблюдаемы скопления галактик пятой группы расстояний, средняя видимая фотокрасная звездная величина десятых по яркости галактик которых

равна  $17^m0$ . Результаты подобных наблюдений представляют интерес и с других точек зрения. Так например, то обстоятельство, что все исследованные скопления находятся на приблизительно одинаковых расстояниях, позволит, при большем числе скоплений с обнаруженным радиоизлучением, исследовать функцию радиосветимости скоплений галактик.

*Таблица 1*

СПИСОК НАБЛЮДЕННЫХ СКОПЛЕНИЙ  
ГАЛАКТИК КАТАЛОГА ЭЙБЕЛЛА

755	1209	1632	1972
766	1222	1635	1980
832	1230	1658	2001
841	1242	1662	2003
849	1274	1672	2006
890	1298	1692	2025
892	1313	1700	2026
903	1337	1711	2031
919	1356	1726	2050
923	1371	1729	2057
928	1385	1752	2059
952	1407	1769	2082
964	1414	1796	2101
972	1420	1799	2110
991	1448	1832	2113
1026	1456	1842	2141
1028	1462	1844	2143
1033	1491	1860	2145
1068	1493	1871	2158
1071	1508	1880	2168
1078	1523	1887	2173
1128	1527	1903	2180
1130	1543	1908	2188
1131	1567	1914	2200
1157	1578	1938	2212
1159	1581	1948	2215
1168	1601	1950	2217
1200	1630	1970	

Наблюдения были выполнены в июле 1972 г. на транзитном радиотелескопе Национальной радиоастрономической обсерватории США с диаметром в 91.4 м. Приемная частота, равная 1400  $M\mu$ , практи-

чески не отличалась от частоты (1410  $M_{\text{ц}}$ ), на которой были проведены измерения в работе [1].

Наблюдения проводились с помощью четырех независимых параметрических приемников с шумовой температурой в  $150^{\circ}\text{K}$ . Прием велся по модуляционному методу с переключением входа каждого радиометра к нагрузочному сопротивлению с температурой в  $300^{\circ}\text{K}$ . Контроль усиления каждого канала производился с помощью калибровочного сигнала от газоразрядной лампы, подаваемый в радиометры через каждые 4 сек. Калибровка всей системы производилась через 6—12 часов наблюдением стандартных радиоисточников, в качестве которых были использованы PKS 1523+03, PKS 1249+09, PKS 1229—02, 4C39.25, CTD 93, QP 114 и QP 124. Приемная система позволяла уверенно регистрировать радиоисточники с потоком 0.1 ед. потока. Каждый радиометр соединялся со своим облучателем, расположенным в фокальной области радиотелескопа. Ориентация диаграмм четырех облучателей на небе такова, что при двух прохождениях наблюдаемой области через диаграмму радиотелескопа (за два различных дня) получалось восемь независимых регистрограмм, смещенных по склонению друг относительно друга на приблизительно  $5'$  и перекрывающих область неба по склонению на  $34'$ . Диаграмма направленности каждого облучателя по половине мощности не совсем симметрична и равна 10.3 и 11.1 во взаимно перпендикулярных направлениях. Ориентация диаграмм направленности четырех облучателей показана на рис. 1.

Результаты наблюдений записывались на магнитной ленте. Параллельно производилась также запись на обычной бумажной ленте, служащая только для контроля за работой радиометра во время наблюдений. Обработка записи производилась на вычислительной машине IBM 350/50. Машина вычерчивала как уже прокалиброванные регистрограммы, так и изофоты исследованной области неба (рис. 2).

Поскольку диаметр исследованных скоплений галактик равен приблизительно  $25'$ , то двумя прохождениями перекрывалась вся область скопления по склонению. Продолжительность же каждой записи была не меньше пяти минут в случае скоплений, расположенных близ экватора. С увеличением склонения время наблюдения соответственно увеличивалось. Если время между наблюдениями двух скоплений позволяло, то длительность каждого наблюдения увеличивалась, доходя иногда почти до 10 минут (также для источников близ экватора).

Проведенные ранее исследования радиоизлучения скоплений галактик показали, что радиоизлучающие объекты в скоплениях галак-

тик локализованы в их центральных частях. В случае скоплений галактик пятой группы расстояний скоплений каталога Эйбелла отождествленные со скоплениями радиисточники находятся обычно в их центральных частях, в области с радиусом, равным около  $1/3$  радиуса самого скопления [1, 4].

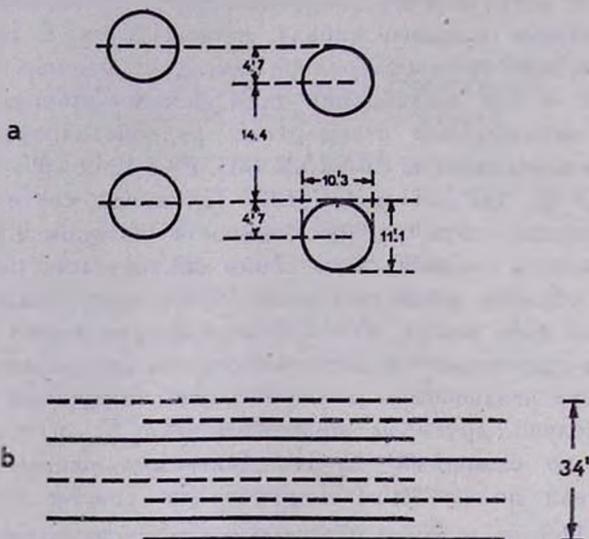


Рис. 1. а) Взаимное расположение диаграммы направленности четырех облучателей радиотелескопа и б) схема регистрограмм за два дня наблюдений (--- 1-й день, — 2-й день).

При наблюдениях положений 111 скоплений галактик в общей сложности была наблюдаена область неба в 340 000 кв. минут. В этой области обнаружено 208 радиисточников с потоком, превышающим 0.1 ед. потока. При этих условиях математическое ожидание числа случайных проектирований радиисточников в центральные области 111 скоплений галактик с диаметром в  $10'$  равно всего 5, тогда как в этих областях оказалось 30 радиисточников. Вероятность такого отклонения наблюдаемого числа от математического ожидания случайных совпадений положений радиисточников и скоплений галактик меньше  $10^{-8}$ . Это значит, что в результате случайного проектирования в положении скоплений галактик могло, вероятнее всего, оказаться только около 5 радиисточников.

Следовательно, в большинстве случаев радиисточники, обнаруженные в центральных областях скоплений галактик, физически связаны с ними. Список радиисточников, оказавшихся в центральных областях исследованных скоплений галактик, приведен в табл. 2.

В таблице последовательно даны номер соответствующего скопления по каталогу Эйбелла, координаты обнаруженного радиоисточника вместе с ошибками определения координат, определенных в каждом случае по соответствующим изофотам, и плотность потока радиоисточника.

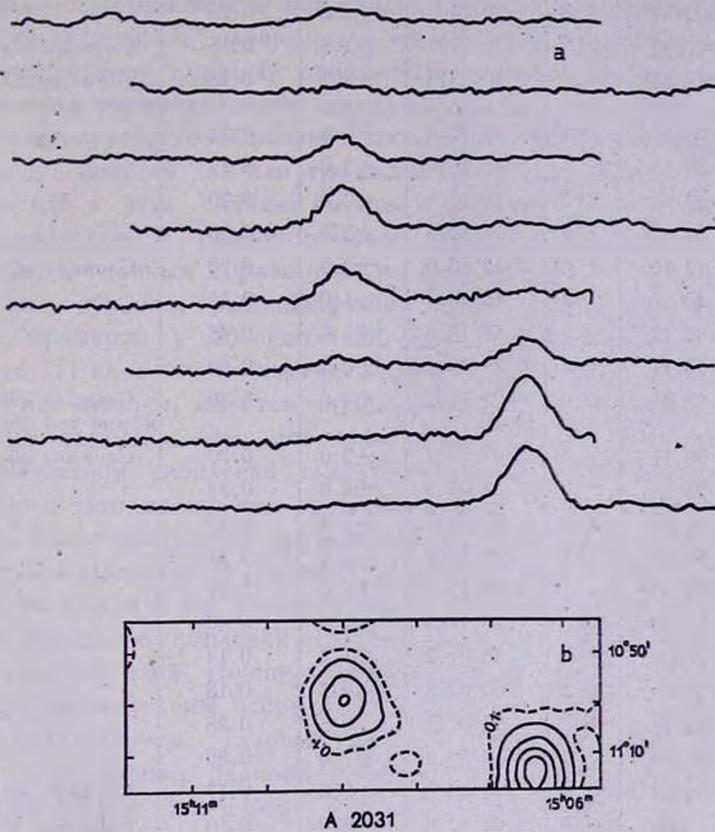


Рис. 2. а) Прокалиброванные регистрограммы и б) изофоты радиоисточников в области скопления галактик А 2031.

В конце таблицы приведены данные относительно еще 5 радиоисточников, которые расположены на несколько больших расстояниях от центров скоплений (около  $7-8'$ ) и которые, возможно, могут быть физически связаны с соответствующими скоплениями. Остальные обнаруженные радиоисточники в основном были вне областей скоплений. На краю скоплений, на расстояниях около  $10$  угловых минут от их центров, было 30 радиоисточников, и именно такое количество следовало ожидать при случайном проектировании на небо положений обоих объектов. Так что радиоисточники, обнаруженные на периферии скоплений, как правило, не имеют ничего общего с последними.

## СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК С ОБНАРУЖЕННЫМ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕМ

A	$\alpha$ (1950)	$\Delta\alpha$	$\delta$ (1950)	$\Delta\delta$	S в ед. потока	Примечания
849	09 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> *	$\pm 5^s$	21° 35.7	$\pm 1.0$	0.24	
903	09 54 53	$\pm 10$	19 50.0	$\pm 1.0$	0.18	
919	10 02 12	$\pm 3$	-00 24.0	$\pm 0.8$	0.26	
923	10 03 37	$\pm 5$	26 07.7	$\pm 1.5$	0.15	Сложная область
952	10 11 18	$\pm 20$	20 03.8	$\pm 2.5$	0.18	Сложная область, воз- можно 3 источника.
1033	10 28 58	$\pm 4$	35 18.8	$\pm 0.8$	0.22	
1071	10 39 32	$\pm 6$	43 20.0	$\pm 2.0$	0.12	
1131	10 53 04	$\pm 5$	11 17.6	$\pm 2.0$	0.20	
1159	11 02 42	$\pm 6$	12 52.6	$\pm 3.0$	0.20	
1209	11 12 10	$\pm 6$	13 10.0	$\pm 2.0$	0.20	Сложная область
1371	11 42 47	$\pm 2$	15 46.2	$\pm 1.0$	0.42	
1462	12 02 12	$\pm 3$	15 18.6	$\pm 1.0$	0.65	
1632	12 50 13	$\pm 2$	29 08.2	$\pm 0.5$	0.60	
1658	12 58 33	$\pm 6$	-03 12.2	$\pm 1.0$	0.20	Сложная область, воз- можно три источника
1662	13 00 11	$\pm 5$	08 32.2	$\pm 2.0$	0.20	Сложная область
1752	13 28 34	$\pm 8$	32 01.5	$\pm 3.0$	0.22	
1799	13 46 54	$\pm 4$	35 30.7	$\pm 1.0$	0.33	
1832	13 56 54	$\pm 4$	29 49.6	$\pm 1.0$	0.23	
1871	14 09 47	$\pm 8$	-13 17.2	$\pm 1.0$	0.12	
1880	14 10 53	$\pm 3$	22 41.3	$\pm 1.5$	0.40	
1914	14 24 00	$\pm 5$	38 01.2	$\pm 1.5$	0.14	
1938	14 35 00	$\pm 2$	-00 01.5	$\pm 0.5$	0.18	
2025	15 04 42	$\pm 3$	34 39.5	$\pm 0.5$	0.28	
2031	15 08 58	$\pm 3$	-10 59.3	$\pm 1.0$	0.80	
2101	15 35 52	$\pm 6$	12 28.3	$\pm 2.0$	0.17	Сложная область
2113	15 39 00	$\pm 6$	04 52.6	$\pm 2.0$	0.10	Возможно два или три источника
2141	15 55 50	$\pm 3$	35 38.8	$\pm 1.5$	0.35	
2145	15 58 36	$\pm 6$	33 19.8	$\pm 3.0$	0.26	Сложная область
2173	16 17 58	$\pm 6$	09 03.1	$\pm 1.5$	0.14	
2180	16 18 45	$\pm 4$	47 47.7	$\pm 2.0$	0.16	
841	09 36 04	$\pm 3$	-04 06.2	$\pm 1.0$	0.80	На расстоянии 8' от центра скопления
991	10 20 13	$\pm 2$	19 09.5	$\pm 0.5$	0.67	На расстоянии 7' от центра скопления
1456	12 00 48	$\pm 2$	04 31.4	$\pm 0.5$	1.30	На расстоянии 7' от центра скопления
1700	13 12 53	$\pm 4$	28 56.0	$\pm 1.0$	0.20	На расстоянии 8' от центра скопления
2026	15 06 19	$\pm 6$	-00 10.7	$\pm 2.0$	0.26	На расстоянии 8' от центра скопления

Обнаруженные в положении скоплений галактик радиоисточники не показали уширения диаграммы направленности на записи. Это значит, что их угловые размеры не больше 2—3 *угловых минут* и, следовательно, наблюдаемое от скопления радиоизлучение является не суммарным излучением всех или многих членов скопления, а исходит от одной или, в крайнем случае, двух-трех близко расположенных галактик. В нескольких случаях, отмеченных в табл. 2 как „сложная область“, очевидно присутствие двух или трех радиоисточников в области соответствующего скопления. Возможно, что в отдельных случаях в скоплении имеется два или три радиоизлучателя. Но более вероятно, конечно, что в этих случаях вместе с радиоизлучением самого скопления наблюдаются радиоисточники, спроектированные на область скопления, и главным образом, на ее периферию.

Таким образом, радиоизлучение выше уровня 0.1 *ед. потока* имеется примерно у 25 скоплений, т. е. примерно у 23% из исследованных 111 скоплений галактик. Радиоизлучение же с потоком, большим 0.2 *ед. потока*, имеется приблизительно у 15% исследованных скоплений галактик. Это довольно хорошо совпадает с относительным количеством скоплений галактик (~17%), от которых радиоизлучение с тем же нижним пределом потока было обнаружено в работе [1]. Такое совпадение примечательно еще и тем, что среди скоплений, наблюдавшихся в работе [1], не имелись бедные скопления с группой богатства 0 по Эйбеллу, т. е. с количеством членов, меньшим 50. Из 111 же скоплений галактик, исследованных в данной работе, 33 принадлежат этой группе. Почти в такой же пропорции бедные скопления представлены и среди 30 скоплений галактик с обнаруженным радиоизлучением. Таковых здесь 8. Это указывает на то, что наличие в скоплении радиоизлучающей галактики мало зависит от количества членов скопления.

Таблица 3

Группа богатства	0	1	2
$N_r$ — число скоплений галактик с радиоизлучением	8	19	3
$N_{nr}$ — число скоплений галактик без радиоизлучения	24	52	0
$\frac{N_r}{N_r + N_{nr}}$ %	25	27	100

В табл. 3 представлены относительные количества скоплений галактик с обнаруженным радиоизлучением по различным группам

богатства. Среди скоплений галактик с количеством членов в пределах 30—49 и 50—79 радиоизлучением обладает их четвертая часть. Из трех же исследованных скоплений галактик группы богатства 2 (количество членов 80—129) радиоизлучением обладают все три. Отсюда можно было бы заключить, что в более богатых скоплениях радиоизлучение встречается более часто, если бы не очень малое число (всего три) наблюдаемых скоплений второй группы богатства.

Результаты просмотра наблюдаемых скоплений галактик на картах Паломарского атласа будут представлены в другой статье.

*Примечание при корректуре.* Просмотр карт Паломарского атласа с целью определения радиоизлучающей галактики в скоплении показал, что центр скопления А 841 находится на 8' к югу от данного в каталоге и хорошо совпадает с положением обнаруженного радиоисточника. Тем самым количество радиоисточников, оказавшихся в центральных областях скоплений, становится равным 31.

Национальная радиоастрономическая  
обсерватория\* США  
Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## OBSERVATIONS OF RADIO EMISSION OF CLUSTERS OF GALAXIES

H. M. TOVMASSIAN

Radio emission at 1400 MHz with flux density in excess of 0.1 flux units is detected at the positions of 30 out of 111 observed clusters of galaxies. Observations were made with the 300-ft radio telescope of the National Radio Astronomy Observatory\*.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *H. M. Tovmassian, I. G. Moiseev*, Austr. J. Phys., 20, 715, 1967.
2. *Г. М. Товмасын, Р. Г. Мнацаканян*, Сообщ. Бюраканской обс., 40, 46, 1969.
3. *G. O. Abell*, Ap. J. Suppl., 3, 211, 1958.
4. *D. Wills*, Observatory, 86, 140, 1966.

\* Работает под руководством Объединенных университетов по контракту с Национальным научным фондом.