

Г. М. Товмасян, Р. Г. Мвадаканян

## О РАДИОИЗЛУЧЕНИИ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК

Ранние отождествления радиоисточников со скоплениями галактик [1, 2, 3] показали, что в составе скоплений, от которых наблюдается радиоизлучение, в большинстве случаев имеется какая-либо одна, очень яркая, эллиптическая, пекулярная или тесная двойная галактика. Позднее Метьюс, Морган и Шмидт [4] пришли к заключению, что ответственными за радиоизлучение в скоплениях галактик являются центральные сверхгигантские D-галактики. В то же время известно, что многие скопления галактик содержат в своем составе сверхгигантскую D-галактику [5] (это отмечается и в [4]) и, тем не менее, они не отождествлены с известными радиоисточниками.

Для более детального исследования рассматриваемого вопроса использован выполненный недавно Товмасяном и Моисеевым радиообзор большого количества скоплений галактик [6] из списка Эйбелла [7]. Достаточно большая точность измерений координат радиоисточников в этом обзоре, порядка  $1'-2'$ , во многих случаях позволяет довольно надежно выделить галактику, ответственную за радиоизлучение. Этот обзор имеет то важное преимущество, что все исследованные скопления наблюдаются в одинаковых условиях, теми же телескопами и, что особенно существенно, все они находятся на приблизительно одинаковых расстояниях от нас (исследованы скопления 5-й группы расстояний по определению Эйбелла). Среднее значение фотокрасных величин десятых по яркости галактик в скоплениях с обнаруженным радиоизлучением равно  $17^m0$  и не отличается от соответствующего значения для скоплений, не показавших измери-

мого радиоизлучения. Поскольку звездная величина десятой по яркости галактики скопления галактик определяет расстояние данного скопления, то полученный результат говорит об отсутствии селекции по расстояниям наблюдаемых галактик (дисперсия звездных величин десятых по яркости галактик в скоплениях одной группы расстояний равна  $0^m7$ ).

Наблюдения всех 136 скоплений галактик выполнены с помощью 65-метровой антенны Австралийской Национальной радиоастрономической обсерватории в Парксе на частоте 1410 *Мц*. Установка позволяла уверенно записывать источники с потоком в  $0,2 \cdot 10^{-26}$  *ватт м<sup>-2</sup> цу<sup>-1</sup>*. Скопления пятой группы расстояний были выбраны по соображениям оптимального соотношения размеров скоплений ( $\sim 25'$ ) и диаграммы направленности антенны ( $\sim 14'$ ). Дополнительные наблюдения на частоте 2650 *Мц* с тем же телескопом, а также на частоте 408 *Мц* с помощью плеча восток-запад креста Миллса радиоастрономической обсерватории Сиднейского университета в Молонгло с диаграммой направленности по прямому восхождению в 1.5, позволили уточнить координаты источников и с большой надежностью отождествить 26 из обнаруженных источников со скоплениями галактик. Источник считался отождествленным с соответствующим скоплением, если находился в пределах  $\pm 5'$  от центра скопления. Математическое ожидание числа случайных совпадений положений радиоисточников и скоплений галактик существенно меньше обнаруженного числа совпадений и примерно равно 2. Следовательно, за небольшим возможным исключением, обнаруженные радиоисточники действительно физически связаны с соответствующими скоплениями. Во всех случаях размеры обнаруженных радиоисточников намного меньше размеров скоплений, что позволяет заключить, что радиоисточником является какая-либо одна или, возможно, две близкие друг к другу галактики скопления.

С целью выявления какой-либо зависимости между видом скопления и наличием в нем галактик определенных типов, с одной стороны, и радиоизлучением данного скопле-

ния, с другой стороны, все 136 скоплений галактик были просмотрены на картах Паломарского атласа.

Результаты просмотра для скоплений галактик с радиоизлучением приведены в таблице. При отождествлении радиоисточников применялся метод, описанный в [8]. На прозрачную бумагу наносилось несколько звезд из Смитсоновского каталога [9], расположенных в непосредственной близости от данного скопления. На ту же бумагу наносилось положение радиоисточника и вырезалась площадка, соответствующая его вероятному расположению, обусловленному ошибками измерения его координат. При наложении прозрачной бумаги на карту в вырезе вероятного расположения радиоисточника видны оптические объекты, которые могут быть ответственны за наблюдаемое радиоизлучение. Поверхность области вероятного расположения радиоисточника равнялась 8, 12, 16 или 36 квадратным минутам дуги, в зависимости от того, на каких волнах и радиотелескопах, т. е. с какими диаграммами направленности он был наблюден. Напомним, что каждое из исследованных скоплений пятой группы расстояний занимает на небе поверхность, равную в среднем около 600 квадратных минут дуги.

Фотографические величины наиболее ярких галактик определены глазомерно по голубым картам. В качестве стандартов был выбран ряд D и E галактик в интервале величин  $15^m.5 - 20^m$  из парковских отождествлений [8, 10, 11, 12]. Точность оценок порядка  $0^m.5$  или несколько более.

Просмотр показал, что в 8 из 26 скоплений с радиоизлучением в центральной области каждого скопления имеется доминирующая по яркости сверхгигантская D-галактика. При этом в одном случае она находится вне области вероятного расположения радиоисточника. В пяти других случаях доминирующими являются галактика типа N, тесная тройная система галактик, E-галактика с выбросом и две тесные двойные галактики, из коих одна — вне области вероятного расположения радиоисточника. В одном случае, а именно в случае скопления A 424, на месте скопления на картах Паломарского атласа нами обнаружена только одна галактика, вероятно типа D. Возможно, что это доминирую-

щая по яркости галактика данного скопления, зарегистрированного Эйбеллом по оригинальным снимкам.

В 12 других скоплениях, где имеется не одна, а две или больше близких по яркости галактик, в 6 случаях в область вероятного расположения радиисточника попадает одна из этих ярких галактик, которая, возможно, и является источником радиоизлучения. Примечательно, что в одном только случае это эллиптическая галактика, а в 5 других — это N-галактика, причем одна из них (в А 944) имеет довольно яркую длинную струю.

Таким образом, из 26 скоплений с радиоизлучением в 12 скоплениях, т. е. в 46% скоплений, возможным источником радиоизлучения в них может быть доминирующая по яркости центральная D или обладающая какой-либо пекулярностью галактика. В 6 других скоплениях, т. е. в 23% скоплений, радиоизлучателем является одна из двух или нескольких ярких галактик скопления, преимущественно типа N. В остальном же 31% скоплений с радиоизлучением пока нельзя указать какой-либо одной яркой галактики скопления, которая может быть ответственна за наблюдаемое радиоизлучение. Следовательно, нельзя считать верным заключение Метьюса, Моргана и Шмидта [4] о том, что в основном только сверхгигантские D-галактики являются ответственными за радиоизлучение в скоплениях галактик. Виллс [13] из анализа отождествлений радиисточников каталога 4С и отождествлений Пилкингтона [14] также приходит к выводу о том, что не только D-галактики в скоплениях галактик могут быть источниками радиоизлучения.

С другой стороны, среди исследованных 136 скоплений имеется 19 таких, в которых имеется сверхгигантская D-галактика, и 8 из них, т. е. 42%, являются, вероятно, радиоизлучателями. Если же учесть и те скопления, в которых имеются доминирующие по яркости галактики другого типа (6 N, 9 E и 6 двойных), тогда 30% скоплений с какой-либо доминирующей по яркости галактикой обладают радиоизлучением. Среди скоплений же, в которых нет такой доминирующей по яркости одной галактики, радиоизлучение обнаружено у приблизительно 14% из них.

Таким образом, мы можем констатировать, что в тех скоплениях, где имеется доминирующая по яркости галактика (главным образом типа D или N) радиоизлучение встречается около двух-трех раз чаще по сравнению с теми скоплениями, в которых нет доминирующей, яркой галактики. С другой стороны, присутствие таких галактик в составе скопления вовсе не означает, что они непременно должны обладать радиоизлучением. Ведь только около 30—40% таких скоплений имеют радиоизлучение.

Приняв, что разность между фотографическими и приведенными в каталоге Эйбелла фотокрасными величинами десятых по яркости галактик скоплений равна в среднем  $+0^m.8$  и определив таким образом их фотографические величины, можно оценить, насколько ярче в фотографических лучах доминирующая галактика скопления по сравнению с его рядовым членом, каким является десятая по яркости галактика. Как для скоплений галактик с радиоизлучением, так и для скоплений без радиоизлучения эта разность в среднем равна  $0^m.7$ . Следовательно, разность между фотографическими звездными величинами наиболее яркого члена в скоплениях галактик с радиоизлучением и обычного члена этих скоплений не больше, чем та же разность для скоплений без радиоизлучения.

Не обнаружено, кроме того, никакой зависимости между наличием радиоизлучения и компактностью или рассеянностью скопления. По многим работам известно также, что отсутствует связь и с количеством членов скопления.

В таблице приведены также радиосветимости источников, подсчитанные по формуле

$$L = 4\pi R^2 \int_{\nu_1}^{\nu_2} S_{\nu} d\nu,$$

где  $R$ —расстояние до источника, определенное с помощью приводимого Эйбеллом [7] соотношения между красным смещением и фотокрасной величиной десятой по яркости галактики скоплений (постоянная Хаббла принята равной

100 км/сек/Мпс),  $\nu_1 = 10^7$  ц,  $\nu_2 = 10^{11}$  ц. Для источников, у которых спектральный индекс не определен в работе [6], он был принят равным среднему значению в 0.8.

Рассмотрение значений радиосветимостей показывает, что их разброс очень невелик, они отличаются друг от друга не более чем в 10 раз.

Таким образом, проведенное исследование показало, что такие оптические признаки, как вид, структура скопления и количество его членов, а также морфологический тип и яркость наиболее ярких галактик скопления не определяют однозначным образом радиоизлучательную способность рассматриваемого скопления, и что источником радиоизлучения в скоплении не в подавляющем большинстве случаев является ее наиболее яркий член.

По-видимому, здесь дело обстоит так же, как и в случае нормальных спиральных галактик [15, 16, 17] или вообще радиогалактик, где признаками, сопутствующими радиоизлучению, являются различные, оптически наблюдаемые последствия активности их ядер. Очевидно, что и в случае галактик—членов скоплений галактик—причины их радиоизлучения нужно искать в активной деятельности их ядер.

Февраль 1967 г.

Таблица

№ скопления по Эйбеллу	О п и с а н и е	L (в $10^{43}$ эрг/сек)
1	2	3
367	Доминирующая D, 16 <sup>m</sup> 5, находится в области источника	1,1
371	Доминирующая двойная галактика в общей оболочке с более слабым спутником 16 <sup>m</sup> 8 и 17 <sup>m</sup> 0, находится в области источника	2,0
420	Пара ярких галактик. Одна из них типа E, 16 <sup>m</sup> 7, находится в области источника	4,0

1	2	3
474	На месте скопления видна только одна галактика $\sim 20^m$	—
531	В область источника падают все четыре ярких галактик скопления: D, $17^m7$ , и 3 галактики типа N, $17^m0$ , $17^m3$ и $17^m4$	2,6
944	В области источника находится одна из нескольких ярких галактик скопления. Галактика типа N, $18^m2$ , имеет яркую струю длиной 0,1	9,7
1041	В области источника находится доминирующая галактика скопления типа N, $16^m2$	3,0
1772	Оба ярких члена скопления попадают в область источника. Самая яркая галактика D, $17^m5$	1,9
2094	В области источника оба ярких члена скопления. Самая яркая — D, $17^m5$	2,3
2333	В области источника центральная доминирующая галактика скопления N, $17^m6$	2,5
2343	Центральная доминирующая тесная двойная галактика, $17^m2$ , смещена на 1' к западу от области вероятного расположения источника	4,1
2345	В области источника находится одна из двух ярких галактик скопления N, $17^m7$ . Вторая галактика, типа D, находится вне области радионизлучения	4,7
2354	В области центра скопления, где находится источник, имеется группа слабых галактик, $17^m9$	1,9
2363	В области источника находится доминирующая галактика скопления, пекулярная, E, $16^m4$ . Поблизости есть и вторая галактика N, $17^m2$	3,0
2374	В области источника доминирующая галактика скопления, очень тесная двойная, $16^m2$	7,9
2456	Доминирующая галактика скопления, D, $16^m4$ , находится в области источника	1,2
2480	Доминирующая галактика скопления D, $16^m2$ , находится в области источника	3,6
2538	В центре доминирующая галактика скопления, D, $16^m7$ , находится в области источника	1,4
2547	В области источника все три ярких галактики скопления, $18^m8$ . Здесь же имеется синий объект, неразличимый от звезды на синей карте	3,1
2557	Источник смещен к западу на 8' от центра скопления. В области источника находятся три довольно ярких галактики, $19^m0$	2,7

1	2	3
2559	В области источника находится одна из двух ярких галактик скопления (более слабая), N, 16 <sup>m7</sup>	2,9
2569	В области источника одна из пяти ярких галактик скопления, N, 16 <sup>m3</sup>	1,2
2580	Источник в центре скопления, где доминирует галактика типа D, 16 <sup>m7</sup>	2,9
2587	В области источника одна из двух ярких галактик скопления, N, 18 <sup>m0</sup>	2,3
2606	Доминирующая в скоплении галактика типа D, 16 <sup>m0</sup> , находится на 2' южнее области вероятного расположения источника	5,8
2644	Источник в центре скопления, где находится доминирующая галактика типа D, 16 <sup>m2</sup>	16,0
2709	В области источника находится одна из нескольких ярких галактик скопления типа E, 18 <sup>m0</sup>	3,1

Հ. Մ. ՔՈՎՄԱՍՅԱՆ, Բ. Գ. ՄԵԱՅԱԿԱՆՅԱՆ

ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԿՈՒՅՏԵՐԻ ՌԱԴԻՈՃԱՌՈՒԳԱՅԹՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Պալումարի քարտեզների վրա ուսումնասիրված են [6] աշխատանքում ռադիոմեթոդներով դիտված 136 գալակտիկաների կույտերը, որոնք պատկանում են էլլեքի ցուցակի [7] հեռավորութիւնների 5-րդ խմբին: Ռադիոճառագայթում ունեցող 26 գալակտիկաների կույտերից 46%<sup>0</sup>-ում ռադիոճառագայթողը D տիպի գերհսկա կամ մի ուրիշ առանձնահատկութիւն ունեցող կույտում գերիշխող գալակտիկա է: 23%<sup>0</sup>-ի մոտ ռադիոաղբյուրը նույնացվում է առավելագույն N տիպի գալակտիկայի հետ: Իսկ կույտերի 31%<sup>0</sup>-ում չժվար է նշել որոշակի ռադիոճառագայթող գալակտիկա: Ուրեմն ճիշտ չէ այն ենթադրութիւնը, որ գալակտիկաների կույտերում

նադիրոճառագայթող անդամները տառադասարարելով D տիպի գերհսկա գալակտիկաներ են:

Նկատվում է, որ եթե կուլտի մեջ գտնվում են մեկ կամ երկու գերիշխող գերհսկա D, N, E տիպի կամ կրկնակի գալակտիկա, ապա այդպիսի կուլտերում մոտ 2-3 անգամ ավելի հաճախ է ռադիոճառագայթում դիտվում, քան այն դեպքերում, երբ կուլտում չկա որևէ գերիշխող գալակտիկա: Իրոք, ուսումնասիրված 136 գալակտիկաների կուլտերից 19-ը պարունակում են D տիպի գերհսկա գերիշխող գալակտիկա, և նրանիցից 8-ի ( $42\%$ ) մոտ է, որ գիտվում է ճառագայթում: Երբ կուլտում գերիշխողը ուրիշ տիպի գալակտիկա է (N, E կամ կրկնակի), ապա այդպիսի կուլտերի մոտ  $30\%$ -ը ունի ռադիոճառագայթում: Իսկ գերիշխող գալակտիկա չունեցող կուլտերի միայն  $14\%$ -ը ունի ռադիոճառագայթում:

Կուլտերի ռադիոճառագայթումը կապված չէ նրանց արտաքին տեսքի, կառուցվածքի և անդամների քանակի հետ և ոչ միշտ է, որ ռադիոճառագայթումը գալիս է կուլտի գերիշխող անդամից:

Հավանաբար, այստեղ ևս, ինչպես և ընդհանրապես ռադիոգալակտիկաների դեպքում, ռադիոճառագայթման տեսանկի հասկանիչները կապված են նրանց միջուկների ակտիվություն հետ:

H. M. TOVMASSIAN, R. G. MNATSAKIANIAN

## ON THE RADIO EMISSION OF THE CLUSTERS OF GALAXIES

### S u m m a r y

136 clusters of galaxies, which belong to 5th group of distances in Abell's list (7) and had been previously observed by radio means (6), were investigated on the Palomar Sky Survey Prints. Among 26 clusters with detected radio emission in  $46\%$  of cases the radio emitter is a giant D type galaxy or a galaxy with a certain peculiarity, which is dominating over the members of the cluster. In  $23\%$  of clusters the radio source is identified mainly with a galaxy of N type. In  $31\%$

of them it is difficult to mention a definite member which could be responsible for the observed radio emission. Thus, the suggestion, that a D type giant galaxies are mainly the radio emitters in the clusters of galaxies is not right.

It was noted, that in the clusters with one or two dominating galaxies of D, N, E types or doubles a radio emission occurs 2 or 3 times more often, than in the clusters without dominating galaxies. Indeed, among 136 clusters of galaxies there are 19 which contain a giant dominating galaxy of D type, and 8 of them, i. e. 42%, have radio emission. In the cases, when the dominating galaxy in the cluster is of other type (N, E or double), about 30% of clusters have radio emission. And only 14% of clusters, which do not contain dominating galaxies, have radio emission.

There is no correlation between the appearances of the clusters, their structure, number of members and the presence of radio emission. Except this, not always the radio emission comes from the dominating galaxy of the cluster. Probably, here too, as usually in the case of radio galaxies, the optical evidences of the radio emission are connected with the activity of the nuclei of galaxies.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. М. Товмасын, Р. К. Шахбазян, Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 14, 121, 1961.
2. Г. М. Товмасын, Сообщения Бюраканской обсерватории, 31, 19, 1962.
3. Г. М. Товмасын, А. Т. Каллоляян, Сообщения Бюраканской обсерватории, 31, 31, 1962.
4. T. A. Mathews, W. W. Morgan and M. Schmidt, Ap. J., 140, 35, 1964.
5. W. W. Morgan and J. R. Lesh, Ap. J., 142, 1364, 1965.
6. H. M. Tovmassian and I. G. Motseev, Austral. J. Phys., 20, 715, 1967.
7. G. O. Abell, Ap. J., Suppl., 3, 211, 1958.
8. J. G. Bolton, M. E. Clarke, and R. D. Ekers, Austral. J. Phys., 18., 627, 1965.
9. Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog, Washington, 1966.
10. J. G. Bolton and J. Ekers, Austral. J. Phys., 19, 275, 1966.

11. *M. E. Clarke, J. G. Bolton and A. J. Shimmins*, Austral. J. Phys., 19, 375, 1966.
12. *J. G. Bolton and J. Ekers*, Austral. J. Phys., 19, 713, 1966.
13. *D. Wills*, Observatory, 86, 140, 1966.
14. *J. D. H. Pilkington*, MN, 128, 103, 1964.
15. *Г. М. Товмасян*, Астрофизика, 2, 419, 1966.
16. *Г. М. Товмасян*, Астрофизика, 3, 427, 1967.
17. *Г. М. Товмасян*, Астрофизика, 3, 555, 1967.