

Г. М. Товмасян, Р. К. Шахбазян

Об отождествлении космических радиоисточников

§ 1. Введение

Со времени открытия дискретных космических источников радиоизлучения проблема отождествления с оптическими объектами и выяснения природы радиоисточников продолжает оставаться одной из важнейших в современной радиоастрономии.

Известно, что существуют два класса радиоисточников [1]. К I классу относятся протяженные радиоисточники, являющиеся, как правило, членами нашей Галактики и расположенные вдоль плоскости Млечного Пути. Из них к настоящему времени отождествлено всего десять радиоисточников [2, 3]. Это остатки сверхновых I и II типов, например, Крабовидная туманность, туманность в Кассиопее (радиоисточник Кассиопея-A), Волокнистые туманности в Лебеде и др. Многочисленные радиоисточники класса II, вопросу отождествления которых посвящена настоящая работа, равномерно распределены по небу и, поэтому, вполне вероятно, что эти радиоисточники имеют внегалактическое происхождение (за исключением некоторых более протяженных объектов, которые могут принадлежать сферической составляющей нашей Галактики). Однако, пока лишь только очень небольшое количество этих радиоисточников отождествлено с определенными галактиками. Основной трудностью является все еще низкая точность определения координат радиоисточников.

Произведенные отождествления показали, что очень мощными радиоизлучателями являются пекулярные галактики: двуядерная галактика в Лебеде, интересные галактики в Персее (NGC 1275) и Центавре (NGC 5128), замечательная галактика в Деве (NGC 4486) и др., а также тесные двойные и кратные системы эллиптических галактик [3, 4]. К настоящему времени с пекулярными и тесными двойными галактиками отождествлено около двух десятков радиоисточников [3, 5, 6]*. Отношение мощности радиоизлучения к мощности оптического излучения пекулярных галактик порядка 10^{-3} , а в случае Лебеда-A это отношение близко к единице [7]. Нормальные галактики типов S_b и S_c имеют небольшую радиоизлучательную способность. Для них отношение радио и оптического излучений в

* В стадии окончания настоящей работы нами была получена статья Миллса [36], в которой приводится еще около двадцати отождествлений с тесными двойными E галактиками.

тысячи раз меньше, чем у пекулярных галактик. Одиночные нормальные галактики S_0 и E являются еще более слабыми радиоизлучателями [8, 9].

После отождествления Бааде и Минковским интенсивного радиоисточника Лебедь-A со слабой двуйдерной галактикой ими была высказана гипотеза, по которой мощное радиоизлучение галактик объясняется случайным столкновением двух галактик [10]. В. А. Амбарцумян в ряде работ [11, 12, 13] подверг критике теорию случайного столкновения и предложил гипотезу деления галактик. Согласно В. А. Амбарцумяну, мощное радиоизлучение возникает при бурных нестационарных процессах, имеющих место при делении ядра галактики или выбрасывании из него некоторой массы и последующем удалении вновь образованного ядра или сгустка через первоначально существующую галактику. Именно этим объясняется наличие интенсивного радиоизлучения у радиогалактик Лебедь-A, Центавр-A, Персей-A и др. В случае радиоисточника Дева-A непосредственно наблюдается вопрос из ядра NGC 4486 вещества в виде струи, содержащей сгустки, причем большая часть радиоизлучения ассоциирована со струей [14]. Существенным в этих представлениях является то, что радиоизлучение возникает как результат активной деятельности ядра сверхгигантской галактики на некоторых этапах развития этого ядра.

Как известно, большинство галактик, и в особенности галактик, обладающих высокой светимостью, входит в состав скоплений галактик. С другой стороны, все те пекулярные галактики, которые уверенно отождествлены с радиоисточниками, входят в состав довольно заметных скоплений в качестве самого яркого или по крайней мере одного из самых ярких членов соответствующего скопления.

Приведенные соображения говорят о том, что при отождествлении радиоисточников класса II естественно искать соответствующие оптические объекты в скоплениях галактик. И если верно, что процессы выброса галактики-спутника или выделения из ядра галактики некоторой массы сопровождаются интенсивным радиоизлучением, то следует ожидать, что на месте радиоисточников будут обнаружены пекулярные, а также тесные двойные эллиптические галактики, занимающие преимущественно центральное положение в скоплениях галактик.

В силу изложенного, целесообразнее к решению задачи отождествления радиоисточников подойти иным, чем принято, методом, разделив процесс отождествления на две части: 1) отождествление радиоисточника со скоплением галактик и 2) выделение того члена скопления, который является ответственным за радиоизлучение. При таком поэтапном методе отождествления возрастает уверенность в правильности произведенного отождествления, хотя выделенный член скопления может иногда и не совпадать точно с радиоисточником. Причиной этого может быть, как было отмечено, низкая точность определения координат радиоисточников. Однако возможна и другая причина. Известны случаи, когда изображение радиоисточника заметно отличается от изображения отождествляемого с ним оптического объекта. Например, радиоисточник Лебедь-A, отождествленный с объектом, имеющим протяженность около $30''$, состоит из

двух дисков по $40''$, удаленных друг от друга на расстояние около $90''$ [15]. Не вызывает сомнения отождествление радионисточника Центавр-А с NGC 5128. Однако, если оптический объект имеет протяжение в $31'$, то радионисточник содержит две симметричные массы, в которых сосредоточено 75% радионизлучения, и центры тяжести которых удалены друг от друга на 4° , что при расстоянии в $6 \cdot 10^6$ парсеков соответствует $4 \cdot 10^3$ парсекам [16, 17]. Центральная область также имеет сложную структуру, состоя из двух сгущений по $2,5$ на расстоянии $5'$ друг от друга [18]. Полное протяжение источника порядка 10^6 парсеков, что больше, чем взаимные расстояния галактик в скоплениях. По недавним наблюдениям Болтона [19] источник Геркулес-А отождествлен с эллиптической галактикой и протяженность несимметричного по отношению к галактике радионисточника порядка взаимных расстояний между галактиками в скоплениях галактик. В этом случае центр тяжести радионизображения не совпадает с центром оптического изображения*. Помимо этого имеются отдельные, правда неподтвержденные, указания на такие случаи радионизлучения от скоплений галактик [20, 21, 22]**, когда интенсивность радионизлучения скопления больше суммы интенсивностей радионизлучений нормальных галактик, составляющих скопление [20]. По-видимому это может быть объяснено протяженными гало пекулярных галактик типа Центавра-А.

§ 2. Отождествление радионисточников со скоплениями галактик

В настоящей работе отождествление радионисточников II класса с индивидуальными галактиками проведено двумя этапами на основе исследования связи радионисточников со скоплениями галактик. Вначале мы попытались исследовать статистически вопрос о реальности физической связи между радионисточниками и скоплениями галактик и уже потом, после доказательства наличия такой связи, были предприняты поиски соответствующих объектов в скоплениях галактик, ответственных за радионизлучение. Для решения поставленной задачи были использованы каталог скоплений галактик Абеля [23] и сиднейский (MSH) [21] и два кембриджских [24, 25], (2C и 3C) списка радионисточников. Для уточнения координат радионисточников третьего кембриджского обзора неба были использованы также работы Элсмора и др. (ERL) [26] и Харриса и Робертса (HR) [27].

Поскольку мы задались целью произвести отождествления радионисточников II класса, то из списков радионисточников были исключены радионисточники, расположенные вдоль плоскости Галактики и были рас-

* *Примечание при корректировке.* Виллиамс, Дюхрист и Лесли (Obs., 82... 1961) отождествили радионисточник Геркулес-А, состоящий из двух компонент почти одинаковой интенсивности (A. Boishot, 13 th General Assembly URSI, London, 1960), с двойной галактикой 18-й величины. Расстояние между компонентами около 400 кпс.

** В отмеченной работе Миласа [36] произведено около полусотни отождествлений радионисточников со скоплениями галактик без конкретного указания галактики, ответственной за радионизлучение.

смотрены только те, которые находились вне этой плоскости. Границы исключенной из исследования области неба взяты те же, которые даны Абелем [23] для области ненадежно определенных (из-за высокой плотности звезд и наличия большого поглощения) скоплений галактик. Границы исключенной области вдоль Млечного Пути приведены в табл. 1.

Таблица 1

l	b	l	b
$0^{\circ}-10^{\circ}$	+40	$0-80$	-35
$10-60$	+35	$80-160$	-30
$60-150$	+25	$160-200$	-25
$150-210$	+30	$200-340$	—
$210-360$	+40	$340-360$	-35

Таким образом, распределение радиоисточников и скоплений галактик было исследовано в общей для радиоисточников и скоплений галактик области неба (от $\alpha = 00^h$ до $\alpha = 24^h$ и от $\delta = -27^{\circ}$ до $\delta = +83^{\circ}$) за вычетом указанной выше полосы вдоль галактического экватора. Поверхность рассмотренной области несколько больше 13000 кв. град.

Помимо исключения из списков радиоисточников тех из них, которые могли принадлежать I классу радиоисточников, были исключены из рассмотрения также и слабые, ненадежные радиоисточники. После произведенного отбора в исследованной области неба оказалось 135 радиоисточников сиднейского списка, мощность радиоизлучения которых выше $20 \cdot 10^{-26}$ ватт гц $^{-1}$ м $^{-2}$. Реальность этих источников установлена Арчером и др. [28], а также Элжем и др. [29] в результате сравнения сиднейского списка с третьим кембриджским списком радиоисточников. Из второго кембриджского списка было отобрано 102 радиоисточника, попадающих в исследуемую область и имеющих мощности выше $40 \cdot 10^{-26}$ ватт гц $^{-1}$ м $^{-2}$. На большую реальность таких источников указано в тех же работах [28, 29]. Из списка 2С были исключены также те радиоисточники, ошибки измерений которых значительно превосходили средние ошибки измерений. Из списка 3С в исследование включено 153 радиоисточника с мощностью выше $10 \cdot 10^{-26}$ ватт гц $^{-1}$ м $^{-2}$. Нижний предел мощности надежных источников указан как самими авторами обзора, так и Костейном и Смитом [30].

В результате всего этого для наших исследований мы получили некоторый рабочий каталог относительно интенсивных и сравнительно достоверных радиоисточников, содержащий 390 объектов.

В каталоге Абеля все скопления галактик подразделены на 7 групп по расстояниям. Расстояния скоплений определены по видимой величине десятой по яркости галактики каждого скопления. По причине трудности обнаружения скоплений при их большой близости за нижний предел расстояний скоплений, включенных в каталог, принято расстояние скоплений,

звездная величина десятого по яркости члена которых равна $13^m.3$. Верхний предел расстояний ограничен предельной звездной величиной паломарских карт (20^m). Мы ограничились более близкими яркими скоплениями, вплоть до пятой группы скоплений Абеля включительно. Звездная величина десятой по яркости галактики скоплений этой группы находится в пределах $16^m.5 - 17^m.2$. Число использованных в нашей работе скоплений галактик равно 1215.

Для выяснения наличия физической связи радионисточников со скоплениями галактик подсчитано количество совпадений радионисточников со скоплениями галактик и вычислено математическое ожидание совпадений при допущении равномерного случайного распределения обоих объектов. При заметном превышении числа совпадений над математическим ожиданием можно с уверенностью говорить о реальной физической связи радионисточников и скоплений галактик.

Радионисточник принимался совпавшим со скоплением галактик, когда поверхность, ограниченная ошибками определения координат радионисточника, перекрывалась хотя бы частично (или, в худшем случае, касалась) поверхностью скопления. Ожидаемое количество случайных совпадений можно рассчитать по формуле

$$P = \frac{\pi(r + R)^2}{S} nN,$$

где r — радиус круга, равновеликого поверхности вероятного расположения радионисточника, определяемой по ошибкам измерений координат радионисточника, R — видимый радиус скопления галактик, n — число радионисточников, N — число скоплений галактик, S — площадь исследованной области. Видимый радиус скоплений галактик был определен на основе принятого Абелем среднего линейного радиуса скоплений при учете их расстояний, определяемых по звездным величинам десятой по яркости галактики скоплений. Проверкой на паломарских картах было установлено, что определенный таким образом видимый радиус скопления не намного отличается от действительного.

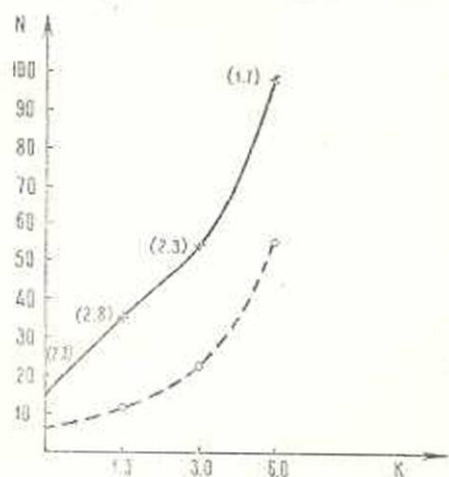
Согласно приведенной формуле, математическое ожидание совпадений зависит от размеров области вероятного расположения радионисточников, обусловленных ошибками измерения координат радионисточников. И поскольку в списках радионисточников даны соответствующие ошибки измерения координат, то казалось бы, что при расчетах нужно использовать именно эти данные. Однако, сравнение различных списков показывает, что координаты одного и того же радионисточника, зарегистрированного в этих списках, иногда отличаются друг от друга на величины, в несколько раз превосходящие указанные в списках ошибки измерения координат. Это говорит о том, что координаты радионисточников вообще измерены с большей неточностью, чем указывается в соответствующих списках.

Поэтому правильнее будет принять, что действительная величина ожидаемой ошибки r отличается некоторым множителем k от ошибки r_0 ,

приведенной в списке, т. е. $r = kr_0$. При существовании физической связи между радиоисточниками и скоплениями галактик число совпадений обоих объектов друг с другом должно значительно превышать математическое ожидание совпадений. Однако если координаты радиоисточников измерены с ошибками и если k взято необоснованно малым, то число совпадений может быть меньше действительного. При правильном значении k количество совпадений может быть близким к истинному числу реальных совпадений. Если же для k принять непомерно большие значения, то очевидно, что начнут преобладать случайные совпадения и тогда математическое ожидание совпадений и количество полученных из сравнения совпадений должны быть приблизительно одинаковы. Таким образом открывается возможность по максимальному отношению количества совпадений к математическому ожиданию судить о точности измерений координат радиоисточников.

Нами расчеты были проведены для следующих четырех случаев: $k=0$, $k=1,5$, $k=3$ и $k=6$. В каждом из четырех вариантов, при перекрывании по какой-либо координате области неопределенности радиоисточника одного списка областью неопределенности того же радиоисточника другого списка, учитывалось более точное определение координаты. Соответственно, из общего количества радиоисточников вычиталось количество совпавших радиоисточников.

Результаты расчетов приведены на фиг. 1. Пунктирной линией приведена построенная по четырем точкам кривая зависимости математического



Фиг. 1.

ожидания случайных совпадений радиоисточников со скоплениями галактик от множителя k . Сплошной же линией представлена такая же зависимость для числа получившихся совпадений. В скобках указаны отношения A количества совпадений к математическому ожиданию при соответствующем k . Рассмотрение фигуры показывает, что максимальное отношение количества совпадений к математическому ожиданию получается тогда, когда $k = 1,5$. В этом случае число радиоисточников, совпавших со скоплениями галактик — 36 почти в три раза выше, чем

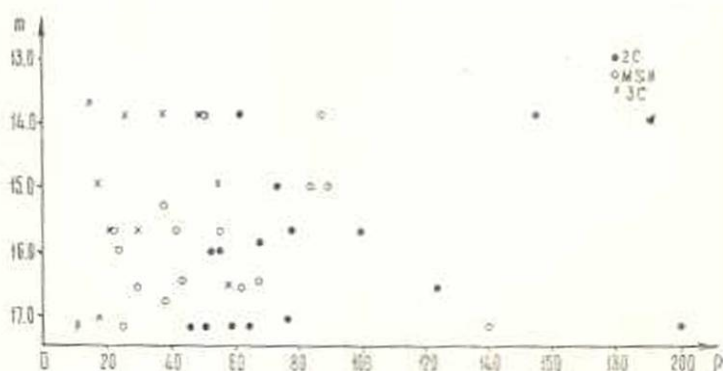
математическое ожидание — 13 при равномерном случайном распределении радиоисточников и скоплений галактик. Вероятность такого отклонения наблюдаемого количества совпадений от математического ожидания порядка 10^{-6} [31]. Это говорит о том, что на самом деле имеет место физическая связь радиоисточников со скоплениями галактик, а не случайное проектирование.

При меньших или больших значениях k отношение A убывает. В первом случае это указывает на то, что полностью не учитываются ошибки измерения координат радиоисточников. Во втором случае уменьшение отношения A говорит о возрастании количества действительно случайных совпадений. Очевидно, что при дальнейшем увеличении k отношение A должно стремиться к единице.

Исходя из полученных результатов можно полагать, что реальные ошибки измерения координат радиоисточников в среднем около 1,5 раз превосходят ошибки, приводимые в списках радиоисточников.

Таким образом, допустив, что координаты радиоисточников измерены с ошибками около полутора раз большими, чем приводится в списках радиоисточников, из 351 радиоисточника всех трех списков 36 радиоисточников было отождествлено со скоплениями галактик. Возможно, что некоторые из них результат случайного проектирования.

Была сделана попытка найти зависимость между интенсивностью радиоисточника и его расстоянием, определенным по отождествляемому с ним скоплению галактик. Рассмотрение фиг. 2, на которой по оси абсцисс



Фиг. 2.

отложены мощности радиоисточников, а по оси ординат звездные величины десятой по яркости галактики скоплений галактик, отождествляемых с радиоисточниками, указывает на значительную дисперсию мощностей радиоисточников и очень слабую корреляцию между расстоянием источника и его мощностью. Однако, среднее значение логарифмов мощностей источников, отождествленных со скоплениями галактик, выше среднего значения логарифмов мощностей всех радиоисточников, включенных в исследование. В табл. 2 приведены соответствующие значения логарифмов средних мощностей по отдельным спискам радиоисточников (при определении средних значений логарифмов мощностей радиоисточников не принята в расчет мощность радиоисточника Дева-А, значительно превышающая мощности всех других радиоисточников). Таким образом, с видимыми скоплениями галактик отождествлены в среднем более интенсивные источники.

Таблица 2

		2C	MSH	3C
$\lg P$	для отождествленных радиоисточников	-24,13	-24,39	-24,60
	для всех радиоисточников	-24,45	-24,48	-24,76

В недавней работе Миллса [36] приводятся 55 отождествлений радиоисточников со скоплениями галактик. Из них только 8 отождествлены и нами. Различие результатов объясняется различием примененного материала. Миллс использовал все 1159 радиоисточников сиднейского списка У нас же использован 351 достоверный радиоисточник трех различных списков, большая часть которых находится вне исследованного Миллсом пояса неба.

§ 3. Отождествление радиоисточников в скоплениях галактик

После того как была установлена реальность физической связи радиоисточников со скоплениями галактик, были предприняты поиски индивидуальных галактик в скоплениях галактик, ответственных за радиоизлучение. С этой целью все 36 скоплений галактик были просмотрены на паломарских картах. При этом особое внимание обращалось на наличие на месте или в окрестностях радиоисточников пекулярных галактик (тесных двойных, галактик со струями или выбросами, аномальных галактик), которые, согласно приведенным в § 1 соображениям, должны, по-видимому, быть источниками интенсивного радиослучения. Результаты просмотров приведены в табл. 3. В последнем столбце таблицы даны оценки надежности отождествлений. Радиоисточник считался хорошо отождествленным с указанной галактикой в данном скоплении, когда галактика находится в области вероятного расположения радиоисточника. При определении размеров этой области ошибки измерения координат радиоисточников взяты, как это следует из предыдущего, в полтора раза выше табличных. За удовлетворительное отождествление приняты случаи, когда галактика находится вне области неопределенности положения радиоисточника в пределах $2''-3''$ от границ области. При посредственном отождествлении подозреваемая в радиослучении галактика находится на расстоянии до $10''$ от границ области вероятного расположения радиоисточника. За вероятное отождествление приняты случаи, когда радиоисточник находится в области довольно слабого скопления, о членах которого трудно что-либо сказать. В качестве мало вероятных отмечены случаи, при которых в непосредственной близости от области вероятного места радиоисточника в скоплении галактик не обнаружены какие-либо примечательные объекты или когда при непосредственном рассмотрении паломарских карт выяснилось плохое отождествление радиоисточника со скоплением галактик.

Отбросив вероятные и мало вероятные отождествления мы видим, что в 29 случаях из 36 радиоисточники довольно надежно отождествляются с

№	Координаты радионисточника		Список, № радио- источ- ника	Координаты галактики	
	α (1950)	δ (1950)		α (1950)	δ (1950)
1	2	3	4	5	6
1*	00 ^h 30 ^m 8	05°53'	MSH 00+7	00 ^h 31 ^m 5	06°04'
2	00 39,2	-09 43	MSH 00-11	00 39,3	-09 44
3	00 54,1	-10 23	2C76	00 53,6	-10 17
4*	00 55,0	-01 35	3C29	00 53,7	-01 30
5	01 06,0	-16 18	3C32	01 06,7	-16 20
6	01 06,2	13 05	3C33	01 06,8	12 56
7*	01 23,6	-01 32	3C40	01 23,5	-01 36
8	01 50,7	-04 17	3C53	01 50,5	-04 20
9	02 35,4	-19 42	MSH 02-10	02 34,6	-19 36

Таблица 3

№ скопления каталога Абеля	Примечания	Оп-ка на- дежности отождествления
7	8	9
55	Тесная тройная система Е галактик, погруженная в диффузную материю. Находится в центре скопления.	удовл.
85	Тесная двойная Е галактика в южной части скопления. Яркая компонента кажется сверхтесной двойной.	хорошо
117	Центральная галактика скопления, по виду напоминает NGC 1275.	удовл.
119	Эллиптическая галактика, компонента пары галактик в центре скопления. В скоплении имеются несколько тесных двойных. Источник протяженный.	поср.
151	Тесная двойная Е галактика в южной части скопления.	поср.
150	Центральная Е галактика скопления, сходная с NGC 1275.	удовл.
194	Тесная двойная эллиптическая галактика NGC 545/547.	хорошо
266	Очень тесная двойная Е галактика в центре скопления. Возможно, что это одна Галактика с двумя симметричными струями.	хорошо
367	Тесная двойная галактика. Одна из двух центральных галактик скопления.	поср.

1	2	3	4	5	6
10*	02 55,1	05 52	3C75	02 55,3	05 52
11*	04 32,0	-13 26	MSH 04-12	04 31,5	-13 21
12	08 07,2	35 04	2C722	08 07,2	35 22
13	09 55,5	19 32	2C852	09 55,3	19 30
14	10 08,6	06 32	MSH 10+02	10 10,0	06 39
15	10 54,0	02 09	MSH 10+10	10 55,4	01 59
16	11 32,7	-11 52	2C1006	11 32,8	-13 17
17	11 42,6 11 40,8	20 00 19 20	3C264 ERL	11 41,4	20 14
18	11 42,9	31 46	3C265	11 42,1	31 10
19	11 41,8	16 31	2C1013	11 42,8 11 41,8 11 41,9	15 48 15 55 16 49

7	8	9
400	Тесная двойная E галактика в центре скопления.	удовл.
496	Эллиптическая галактика в центре скопления. По виду напоминает NGC 1275.	удовл.
628	Сверхтесная двойная E галактика, компонента пары центральных галактик скопления.	хорошо
903	Очень тесная двойная, а возможно и одна эллиптическая галактика, разделенная поглощающей полосой. Находится в центре слабого скопления, расположенного на 20' южнее скопления A 903.	хорошо
949	Несколько пекулярная эллиптическая галактика в центре скопления. Кажется имеет слабый выброс.	поср.
1139	Тесная тройная система сферических галактик, погруженная в диффузную среду.	поср.
1317	Сверхтесная двойная E галактика в центре скопления.	хорошо
1367	Тесная двойная эллиптическая галактика NGC 3841/3842 в центре скопления.	поср.
1365	Приведены координаты центра скопления.	м. вер.
1371	а) Сверхтесная двойная галактика, находится западнее центра скопления. б) Яркая сферическая галактика вне скопления. в) Яркая E галактика NGC 3853 вне скопления.	удовл.

1	2	3	4	5	6	7
20	11 50,2	55 20	2C1016	11 49,1	55 22	1400
21	12 39,8	-04 39	3C275	12 39,2	-04 33	1588
22	12 57,0	-17 16	MSH 12-19	12 56,8	-17 16	1644
23	13 24,7	59 14	2C1110	13 24,7	59 33	1744
24	14 42,3	55 47	2C1231	14 42,1	55 40	1962
25	15 07,8	08 09	3C313	15 07,5	07 55	2028
26	15 08,6	06 08	MSH 15-03	15 08,7	05 56	2029
27	15 10,0	07 30	2C1270	15 09,2	06 32	2033

8	9
Приведены координаты центра слабого скопления. К западу и востоку от скопления находятся две эллиптические галактики, напоминающие NGC 1275. Радиоисточник является, по-видимому, блендой всех этих объектов.	вероят.
Приведены координаты центра слабого скопления.	вероят.
Пекулярная галактика, напоминающая по виду NGC 1275, одна из сравнительно ярких галактик скопления. Возможно, что имеет слабый выброс в виде струи. В скоплении есть несколько тесных двойных. Радиоисточник протяженный.	хорошо
Тесная двойная галактика, компонента пары эллиптических галактик в центре скопления.	хорошо
Очень тесная двойная эллиптическая галактика. Компонента пары галактик в северной части скопления.	удовл.
Аномальная эллиптическая галактика, напоминающая NGC 1275. Одна из сравнительно ярких членов скопления.	удовл.
Центральная галактика скопления, сходная с NGC 1275.	удовл.
а) Сверхтесная двойная галактика в центре скопления, являющаяся компонентой тесной двойной, которая в свою очередь является компонентой не тесной пары галактик.	удовл.

1	3	3	4	5	6	7	8	9
				15 10,5	07 36	2040	б) Три сферические галактики, погруженные в диффузную среду в центре скопления. В скоплении находится также очень тесная тройная галактика. Область вероятного расположения радионисточника охватывает оба скопления.	
28*	15 14,3	07 11	3C317	15 14,5	07 10	2052	Аномальная эллиптическая галактика в центре скопления. Наблюдения [26] на месте этого источника дают два источника с координатами: $1) \alpha = 15^h 14^m 3, \delta = 7^\circ 12'$ и $2) \alpha = 15^h 15^m 3, \delta = 07^\circ 52'$. Приведены координаты центра скопления.	хорошо
29	15 21,0	01 25	2C1291	15 21,7	01 12	2066	Приведены координаты центра слабого скопления.	вероят.
30	15 36,0	13 08	2C1315	15 35,9	12 21	2101	Приведены координаты центра слабого скопления.	вероят.
31	16 14,2	30 09	3C332	16 10,7	29 39	2162	Приведены координаты центра слабого скопления.	м. вер.
32	16 26,9	39 38	3C338	16 27,0	39 37	2199	Двойная E галактика NGC 6166 в центре скопления.	хорошо
33	21 33,5	-15 26	2C1292	21 33,4	-15 08	2354	Тесная двойная галактика в южной части скопления.	хорошо
34	22 34,2	-19 32	2C1865	22 34,2	-15 54	2459	Две сравнительно яркие эллиптические галактики. Область возможного расположения радионисточника охватывает и скопление A2456, в центре которой с координатами $\alpha = 22^h 32^m 7, \delta = 15^\circ 32'$ находится тесная двойная E галактика.	хорошо
35	22 53,4	13 06	3C455	22 53,4	13 12	2506	Приведены координаты центра слабого скопления.	вероят.
36	23 22,6	-12 29	MSH 23-12	23 22,7	-12 22	2597	Центральная галактика скопления. По виду напоминает NGC 1275.	хорошо

* Радионисточник отождествлен Миллсом [36] с соответствующим скоплением.

определенными галактиками в скоплениях галактик. За исключением нескольких галактик, это в основном тесные и сверхтесные пары эллиптических галактик, а также аномальные E галактики, напоминающие по виду изображение NGC 1275 на паломарских картах. При этом в большинстве случаев (в 21 из 29) источником радиоизлучения является наиболее яркий, центральный член скопления галактик.

Среднее значение логарифмов мощностей надежно отождествленных радионисточников еще выше, чем при подсчете той же величины для всех источников, отождествленных вообще со скоплениями галактик.

Как отмечалось выше, у нас имеется 8 отождествлений радионисточников со скоплениями галактик, которые отождествлены также в Миллсом. В шести из них как Миллсом, так и нами указаны одни и те же галактики, ответственные за радиоизлучение. Для двух других скоплений отождествления с конкретными галактиками, членами этих скоплений, у Миллса отсутствуют. Нужно заметить, что у Миллса вообще только 9 радионисточников из 55, отождествленных со скоплениями галактик, отождествлены конкретно с одним из членов этих скоплений. Такое малое количество отождествлений с индивидуальными галактиками в скоплениях может быть объяснено тем, что Миллс не производил поисков, ответственных за радиоизлучение объектов в большинстве из отождествленных с радионисточниками скоплений галактик. Для отождествления радионисточников со скоплениями галактик он использовал все радионисточники своего списка. А с целью отождествления с галактиками он использовал только 400 более мощных источников, расположенных вне пояса Млечного Пути (исключена область $b > |12^\circ, 5|$). И, таким образом, только для 18 радионисточников, отождествленных со скоплениями галактик, произведены поиски ответственного за радиоизлучение члена скопления. Как было сказано, в 9 случаях обнаружена соответствующая галактика.

§ 4. Отождествление радионисточников вне скоплений галактик

Для получения несколько более полного представления о природе радионисточников была сделана попытка произвести отождествления также и некоторого количества радионисточников, расположенных вне включенных в список Абеля скоплений галактик. С этой целью на паломарских картах были просмотрены области вероятного расположения наиболее достоверных радионисточников третьего кембриджского списка, которые были наблюдаемы также Харрисом и Робертсом [27]. В исследованной нами области неба находятся 45 таких источников, один из которых — известный радионисточник Дева-А. Среднее значение мощности этих радионисточников в 1,7 раза выше средней мощности радионисточников списка ЗС, включенных в наше исследование (без учета мощности радионисточника Дева-А, значительно превышающей мощности всех других источников). Из этого количества 10 радионисточников уже было отождествлено со скоплениями галактик или отдельными галактиками близ скоплений, так что в итоге

№№	Координаты радионисточника		Список. № радионисточ- ника	Координаты галактики	
	α (1950)	δ (1950)		α (1950)	δ (1950)
1	00 ^h 36 ^m 37 ^s	-02°16'	3C17	00 ^h 36 ^m 46 ^s	- 2°19'
2	00 53 09	26 08	3C28	00 53 23	26 02
3	01 18 06	-15 55	3C38	01 18 09	-15 56
4	01 33 42	20 42	3C47	01 33 52	20 46
5	02 20 15	42 51	3C66	02 20 02	42 46
	02 19 49	42 45	HR18	02 19 48	42 47
6	11 41 11	31 49	2C1012	11 40 00	31 44
7	11 42 54	31 46	3C265	11 43 00	31 34
8	12 16 55	06 15	3C270	12 16 50	06 07
	12 16 49	06 07	HR52		
9	12 26 44	02 22	3C273	12 26 40	02 27
10	12 28 18	12 40	3C274	12 28 18	12 40
11	12 52 00	-12 25	3C278	12 51 57	-12 18
12	15 02 48	26 14	3C310	15 02 48	26 14
13	15 11 32	26 19	3C315	15 11 33	26 18
14	15 19 30	07 55	MSH 15+7	15 19 23	07 54
15	16 00 01	02 05	3C327	15 59 56	02 06
16	16 41 33	40 11	3C345	16 41 43	39 54
	16 41 57	39 54	HR74		

Примечание	Оценка и-и от-ия
Галактика по виду напоминает NGC 1275. Находится в центре очень слабого скопления галактик.	удовл.
Двойная E галактика в центре скопления. Яркая эллиптическая галактика.	удовл. хорошо
Сферическая и эллиптическая галактики, составляющие пару.	хорошо
Двойная галактика в центре скопления. Одна из галактик имеет слабую очень тесную компоненту (возможно звезда). Вторая галактика несколько аномальна.	хорошо
Сверхтесная пара эллиптических галактик.	удовл.
Эллиптическая галактика с двумя симметричными струями.	хорошо
Эллиптическая галактика NGC 4261.	хорошо
Центральная E галактика очень слаб. скопл. NGC 4486.	хорошо хорошо хорошо
Тесная двойная эллиптическая галактика NGC 4782/4783.	хорошо
Двойная эллиптическая галактика в центре скопления.	хорошо
Тесная двойная E галактика в центре слабого скопления.	хорошо
Аномальная эллиптическая галактика NGC 5920, напоминающая по виду NGC 1275.	хорошо
Эллиптическая галактика в центре слабого скопления.	хорошо
Аномальная эллиптическая галактика.	удовл.

рассмотрены области 34 источников. Оказалось, что 11 из них, а именно 3С 17, 28, 66, 227, 283, 287, 310, 315, 444, 445, 446 попадают в области далеких слабых скоплений галактик, не включенных в наше исследование или отсутствующих в каталоге Абеля. В семи случаях радиоисточники отождествляются с центральными наиболее яркими членами этих скоплений. Четыре из них тесные двойные, одна пекулярная галактика, несколько похожая на NGC 1275, и две нормальные эллиптические галактики, пекулярность которых (если таковая и имеется) трудно заметить из-за их достаточной слабости. Кроме того 5 источников было определенно отождествлено с яркими галактиками вне скоплений галактик. На месте оставшихся 18 радиоисточников ничего примечательного обнаружено не было.

В табл. 4 приведены отождествления радиоисточников с галактиками, расположенными вне включенных в настоящее исследование скоплений галактик, а также отождествления источников с галактиками, находящимися близ скоплений галактик, которые не были приведены в табл. 3. Обзор табл. 4 показывает, что и здесь также большинство представителей радиогалактик является тесными двойными и пекулярными галактиками. Необходимо заметить, что некоторые из отождествленных с радиоисточниками галактик, находящихся вне скоплений галактик, на самом деле могут быть членами очень близких, а потому широко разбросанных скоплений галактик, которые трудно сразу увидеть на паломарских картах, и потому не приведенных в каталоге Абеля. К таким галактикам относится, например, NGC 4486.

§ 5. Скопления галактик без радиоисточников

Выше было показано, что в большинстве отождествленных с радиоисточниками скоплений галактик были обнаружены характерные по внешнему виду галактики или системы галактик, совпадающие по положению или находящиеся в непосредственной близости от радиоисточников. Как и ожидалось, такими объектами, имеющими огромную радиоизлучательную способность, оказались в основном тесные двойные и пекулярные эллиптические галактики. И также в соответствии с ожиданием это наиболее яркие, центральные члены скоплений галактик. Является ли такая особенность внешнего вида галактики и ее положения в скоплении галактик достаточным для наличия у нее мощного радиоизлучения? С целью получения ответа на этот вопрос было исследовано несколько скоплений галактик в выбранных наугад двух областях неба, в которых не были зарегистрированы радиоисточники ни в одном из трех использованных списков радиоисточников. Координаты областей следующие: 1) α от $15^h 16^m$ до $15^h 39^m$ и δ от $+27^\circ$ до $+32^\circ$ и 2) α от $23^h 15^m$ до $23^h 35^m$ и δ от $+14^\circ$ до $+19^\circ$. В этих областях оказалось 17 скоплений галактик, относящихся к первым пяти группам списка Абеля, включенным в наше исследование. В семи скоплениях галактик, а именно в скоплениях №№ 2065, 2089, 2092, 2110, 2589 и 2593 (номера скоплений по каталогу Абеля), были обнаруже-

ны тесные двойные эллиптические галактики и одна пекулярная Е галактика, напоминающая NGC 1275. Таким образом, в 40% из рассмотренных скоплений галактик, где отсутствует заметное радионизлучение, имеются галактики с присущим радиогалактикам внешним видом. Между тем для скоплений галактик, отождествленных с радионисточниками, процент подобных систем равен 76.

§ 6. Заключение

1. Полученные нами результаты, а также другие имеющиеся данные (известные интенсивные радионисточники, находящиеся в скоплениях галактик; отождествления радионисточников со скоплениями галактик, произведенные Миллсом) позволяют прийти к выводу, что *большинство отождествленных космических радионисточников II класса находится в скоплениях галактик.*

2. Примечательно, что из 45 более мощных радионисточников третьего кембриджского списка, наблюдаемых также Харрисом и Робертсом [27], 60% было отождествлено со скоплениями галактик или с индивидуальными галактиками. Среднее значение логарифмов мощностей радионисточников всех трех списков, отождествленных со скоплениями галактик также больше среднего значения логарифмов мощностей, включенных в наше исследование радионисточников соответствующих списков. Таким образом, отождествления произведены, в среднем, для более мощных источников. Можно думать, что, *во всяком случае, значительная часть менее интенсивных, неототождествленных радионисточников находятся в более удаленных и даже невидимых скоплениях галактик**. Этот вывод подтверждается и наблюдениями в Джодрел Бенке, по которым 10—15% радионисточников имеют диаметры меньше $8''$ [3]**.

3. Из 45 произведенных нами отождествлений с индивидуальными галактиками (29 в скоплениях и 16—вне) только 5 радиогалактик или около 10% являются одиночными, не пекулярными галактиками. Таким образом, *подавляющее большинство космических радионисточников II класса представляет особый класс галактик. В основном это тесные пары эллиптических галактик и пекулярные галактики.* К пекулярным галактикам относятся эллиптические галактики с двумя тесными ядрами, галактики со струями или очень тесно к ним примыкающими выбросами, галактики, пекулярность которых можно характеризовать их сходством с NGC 1275 и др.

4. При исследовании скоплений галактик без наличия заметного радионизлучения, в 40% из них нами были обнаружены тесные двойные и пекулярные галактики. Известны и другие примеры подобных галактик.

* Недавно получено сообщение Минковского (Ap. J. 132, 908, 1960) об отождествлении радионисточников 3C 295 с центральной галактикой очень слабого скопления галактик.

** *Примечание при корректуровке.* Недавно было сообщено об определении в Джодрел Бенке (Allen L. R., Palmer P. H., Rowson B. Nature, 188, 731, 1960) верхних пределов диаметров 38 радионисточников. У 7 из них диаметр меньше $3''$ и поверхностная яркость, сравнима с поверхностной яркостью Лебеда—А.

от которых не обнаружено радиоизлучения. Например, заметное радиоизлучение отсутствует и от обнаруженных В. А. Амбарцумяном и сотрудниками Бюраканской Обсерватории [32, 33, 34] эллиптических галактик с голубыми выбросами и спутниками, напоминающими струю в NGC 4486 и являющимися системами типа карликовых галактик. Все это говорит о том, что *двойственность и пекулярность вида галактик не достаточное условие для наличия интенсивного радиоизлучения*. По-видимому, окончательное деление галактики и удаление вновь образованных частей друг от друга, или выброс спутника длится дольше, чем процессы, приводящие к интенсивному радиоизлучению. Если это так, то следовательно, *радиогалактики это такие объекты, в которых процесс деления ядра или выброса спутника начался очень недавно*. Например, И. С. Шкловский [35] в своей недавней работе на основе ряда соображений говорит о молодости радиогалактик.

Возможно, что отсутствие радиоизлучения от некоторых тесных двойных и пекулярных галактик, т. е. галактик, находящихся в нестационарном состоянии, в некоторых случаях может быть объяснено отсутствием необходимых для возникновения радиоизлучения особых условий, как отсутствие больших диффузных масс, магнитных полей и др.

5. Отождествление радиисточников со скоплениями галактик дало возможность получить некоторые сведения о расстояниях этих источников и тем самым представление о дисперсии радиоизлучательной способности радиогалактик. Как мы видели, дисперсия радиоизлучательной способности радиогалактик очень велика. Это было известно и на основе немногих известных отождествлений. *Мощность радиоизлучения зависит, по-видимому, во-первых, от масштабов происходящих явлений*. Например, мощность радиоизлучения огромна у Лебедя-А, где происходит деление ядра галактики на две одинаковые части, и значительно меньше у Девы-А, где имеет место выброс из ядра галактики только некоторых сгустков вещества. *Во-вторых, мощность радиоизлучения зависит, конечно, и от того, на какой стадии развития находятся процессы, приводящие к радиоизлучению*.

6. Как мы видели, в большинстве случаев радиогалактика находится в центре скопления галактик и является наиболее ярким его членом. Такое положение радиогалактики отвергает теорию случайного столкновения двух галактик, ибо очень мало вероятно, чтобы в скоплении галактик столкновение между двумя галактиками имело место только в центре скопления и притом между двумя его наиболее яркими членами. *Скорее всего такое положение говорит, по-видимому, об особой роли радиогалактики в жизни и активности всего скопления галактик*.

В заключение, авторы считают своим долгом выразить глубокую признательность акад. В. А. Амбарцумяну за руководство и большое внимание к настоящей работе, а также сотруднице ИРФЭ Г. Ляпуновой и сотруднице БАО К. А. Саакян за помощь при выполнении работы.

2. Մ. Թովմատյան, Ռ. Կ. Շահբազյան

ԿՈՍՄԻԿԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՆՈՒՅՆԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. Մ. Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Տվյալ աշխատության մեջ II տիպի կոսմիկական ռադիոաղբյուրների նույնացման պրոցեսը բաժանված է երկու մասի՝ նախ նույնացումը կատարված է զալակտիկաների կույտի հետ և ապա կույտի այն անդամի հետ, որն իրենից ներկայացնում է ռադիոճառագայթող օբյեկտը։ Այդպիսի երկէտապ մեթոդով կատարված նույնացումը ավելի վստահելի է, չնայած որ կույտի նշված անդամը կարող է և անմիջապես չհամընկնել ռադիոաղբյուրի հետ։ Դա կարող է լինել ռադիոաղբյուրների կոորդինատների որոշման բաղադրական ցածր ճշտության պատճառով։ Որպես այլ հնարավոր պատճառ կարող է հանդիսանալ աղբյուրների օպտիկական և ռադիո պատկերների միջև եղած տարբերությունը, ինչպես օրինակ՝ Կարապ-Ա և Կենտավր-Ա ռադիոաղբյուրների դեպքում։

Այդպիսի երկէտապ մեթոդը կիրառված է երեք հայտնի (2C, 3C և MSH) ցուցակների վստահելի դիտված ռադիոաղբյուրների նույնացման համար։ Այդ ցուցակներից ընտրված 390 համեմատաբար ինտենսիվ ռադիոաղբյուրների բաշխումը համեմատված է նույն տիրույթում գտնվող 1200 գալակտիկաների կույտերի բաշխման հետ։ Այդ օբյեկտների պատահական բաշխման դեպքում պետք էր սպասել 13 համընկնում ռադիոաղբյուրների և գալակտիկաների կույտերի միջև, իսկ իրականում տեղի է ունեցել 36 համընկնում։ Մաթեմատիկական սպասողությունից դիտված համընկնումների այդպիսի շեղման հավանականությունը 10^{-6} կարգի է։ Դա խոսում է այն մասին, որ իրոք ֆիզիկական կապ գոյություն ունի ռադիոաղբյուրների և գալակտիկաների կույտերի միջև։ Այդ կապի առկայությունը հաստատելուց հետո կատարվել են ռադիոճառագայթող օբյեկտների որոնումները կույտերի միջև։ Այդ նպատակով ըստ 36 կույտերը զննված են Պալոմարի քարտեզների վրա։ 29 դեպքերում ռադիոաղբյուրները որոշակիորեն նույնացվել են գալակտիկաների կույտերում գտնվող առանձին գալակտիկաների հետ։

Աշխատանքի արդյունքներից կարելի է եզրակացնել հետևյալը՝

1. Նույնացված II տիպի ռադիոաղբյուրների մեծամասնությունը գտնվում է գալակտիկաների կույտերում։

2. Հիմնականում նույնացված են ավելի հզոր ռադիոաղբյուրները։ Կարելի է կարծել, որ, համեմատյալ զեպս, ավելի թույլ, չնույնացված ռադիոաղբյուրների զգալի մասը գտնվում է ավելի հեռու և նույնիսկ շերեացող գալակտիկաների կույտերում։

3. II տիպի ռադիոաղբյուրների գերակշռող մասը իրենից ներկայացնում է հատուկ տիպի գալակտիկաներ։ Դրանք հիմնականում էլիպտիկ գալակտիկաների սեղմ դույզեր են և պեկոյյառ գալակտիկաներ։

4. Գալակտիկաների պեկոյյառ տեսքը կամ սեղմ կրկնակիությունը դեռ բավարար պայման չէ ռադիոճառագայթման առկայության համար։ Հավանաբար, գալակտիկաների վերջնական բաժանումը և նոր առաջացած մասերի իրարից հեռանալը տեղում է ավելի երկար, քան այն պրոցեսները, որոնք բե-

րում են ինտենսիվ ռադիոճառագայթման էթն այդ այդպես է, ապա ռադիո-գալակտիկաները այնպիսի օբյեկտներ են, որտեղ միջուկի բաժանման կամ արժանյակի ժայթքման պրոցեսներն սկսվել են միայն վերջերս:

5. Ռադիոգալակտիկաների ռադիոճառագայթման հատկության դիսպերսիան շատ մեծ է:

6. Ռադիոգալակտիկաների մեծ պայծառությունը և կենտրոնական դիրքը կույտերում վկայում են հաճախաբար այն մասին, որ ռադիոգալակտիկաները հատուկ դեր են խաղում գալակտիկաների կույտերի կյանքում և զարգացման մեջ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Mills B. Y. The distribution of the discrete sources of cosmic radio radiation. „Aust. J. Sci. Res.“, A5, 266, 1952.
2. Minkowski R. Optical observations of nonthermal galactic radio sources. Paris Symp. on Radio Astr., 315. Stanf. Univ. Press, 1959.
3. Minkowski R. International cooperative efforts directed toward optical identification of radio sources. „Proc. Nat. Acad. Sci. USA“, 46, 13, 1960.
4. Dewhurst D. W. Meeting of the Royal Astronomical Society, „Obs.“, 80, 46, 1960.
5. Ryle M. The nature of the radio sources. Paris Symp. on Radio Astr., 523. Stanf. Univ. Press, 1959.
6. Dewhurst D. W. The optical identification of radio sources. Paris Symp. on Radio Astr., 507. Stanf. Univ. Press, 1959.
7. Позн Дю. Л., Брейсуелл Р. Н. Радиоастрономия. Изд. иностр. лит., 1958.
8. Hanbury Brown R. The distribution and identification of the sources. Paris Symp. on Radio Astr., 471. Stanf. Univ. Press, 1959.
9. Mills B. Y. The observation and interpretation of radio emission from some bright galaxies. „Aust. J. Ph.“, 8, 368, 1955.
10. Baade W., Minkowski R. Identification of the radio sources in Cassiopeia. Syg-nus A. and Puppis A. „Ap. J.“, 119, 206, 1954.
11. Амбарцумян В. А. К вопросу о природе источников радиоизлучения. „Труды V совещания по вопросам космогонии“, 413, 1956.
12. Амбарцумян В. А. Кратные галактики и радиогалактики. Сообщение. I, ДАН АрмССР, 23, 161, 1956.
13. Амбарцумян В. А. Об эволюции галактик. „Известия АН АрмССР, серия физ.-мат. наук“, 11, 9, 1958.
14. Biraad F., Lequeux J., Le Roux E. Interferometric measurements of Cygnus A, Sagittarius A, Virgo A and the Supernovae of Tycho Brahe and Kepler. „Obs.“, 80, 116, 1960.
15. Jennison R. C. and Latham V. The brightness distribution within the radio sources Cygnus A (19 N:4A) and Cassiopeia A (23 N:5A). „MN“, 119, 174, 1958.
16. Wade C. M. The extended component of Centaurus A. „Aust. J. Ph.“, 12, 471, 1959.
17. Bolton J. G., Clark B. J. A study of Centaurus A at 31 centimeters. „PASP“, 72, 29, 1960.
18. Twiss R. Q., Carter A. W., Little A. G. Brightness distribution over some strong radio sources at 1427 Mc/s. „Obs.“, 80, 153, 1960.
19. Roberts J. A., Bolton J. G., Harris D. E. Positions and suggested identifications for the radio sources Hydra A and Hercules A. „PASP“, 72, 5, 1960.
20. Hanbury-Brown R., Hazard C. A survey of 23 localized radio sources in the Northern hemisphere. „MN“, 113, 123, 1953.
21. Mills B. Y., Slee O. B., Hill E. R. A catalogue of radio sources between declinations $+10^\circ$ and -20° . „Aust. J. Ph.“, 11, 360, 1958.

22. Mills B. Y. A survey of radio sources at 3.5m wavelength. Paris Symp. on Radio Astr., 498, Stanf. Univ. Press, 1959.
23. Abell G. O. The distribution of rich clusters of galaxies. „Ap. J. Suppl.“, Ser. 31, 3, 211, 1958.
24. Shakeshafte J. R., Ryle M. and oth. A survey of radio sources between declinations -38° and $+83^\circ$. „Memoirs RAS“, 67, 106, 1955.
25. Edge D. O., Shakeshafte J. R. and oth. A survey of radio sources at a frequency of 159 Mc/s. „Memoirs RAS“, 68, 37, 1959.
26. Elsmore B., Ryle M., Leslie P. R. R. The positions, flux densities and angular diameters of 64 radio sources observed at a frequency of 178 Mc/s. „Memoirs RAS“, 68, 61, 1959.
27. Harris D. E., Roberts J. A. Radio sources measurements at 960 Mc/s. „PASP“, 72, 237, 1960.
28. Archer S. and oth. Studies of radio sources at 159 Mc/s. Paris Symp. on Radio Astr. 487, 1959, Stanf. Univ. Press.
29. Edge D. O., Sheuer P. A., Shakeshafte J. R. Evidence of the spacial distribution of radio sources derived from a survey at a frequency of 159 Mc/s. „MN“, 113, 183, 1958.
30. Costain C. H., Smith F. G. The radio telescope for 7.9 meters wavelength at the Millard Observatory. „MN“, 121, 405, 1960.
31. Molina E. C. Poisson's Exp. Bin. Limit, N. Y., 1943.
32. Амбарцумян В. А., Шахбазян Р. К. Кратные галактики и радиогалактики. Сообщение II. „ДАН АрмССР“, 25, 185, 1957.
33. Амбарцумян В. А., Шахбазян Р. К. Кратные галактики и радиогалактики. Сообщение IV. „ДАН АрмССР“, 28, 277, 1958.
34. Шахбазян Р. К., Искударян С. Г. Голубые объекты около эллиптических галактик. „ДАН АрмССР“, 28, 53, 1959.
35. Шкловский Н. С. Радионисточники. „АЖ“, 37, 945, 1960.
36. Mills B. Y. On the identification of extragalactic radio sources. „Aust. J. Ph.“, 13, 550, 1960.