

УДК: 524.726—77

О РАДИОИЗЛУЧЕНИИ ЯДЕР ГАЛАКТИК С ПЕРЕМЫЧКОЙ

А. Т. КАЛЛОГЛЯН, Р. А. КАНДАЛЯН

Поступила 5 октября 1985

Пказано, что высокий процент встречаемости радиоизлучения у галактик бюраканских классов 2, 2s, 4 и 5 по сравнению с 1 и 3 достоверно наблюдается только у галактик с перемычкой. Это различие обусловлено галактиками, обладающими одновременно и центральными, и протяженными радиокомпонентами.

1. *Введение.* Вопрос о связи радиоизлучательной способности спиральных галактик с внешним видом их центральных областей (в дальнейшем условно называемых «ядрами») обсуждался неоднократно (см., например, [1—3]). При этом в качестве характеристики внешнего вида ядра использовались классы Бюраканской классификации галактик [4]. Как известно, на одном конце этой классификационной схемы находятся галактики без выделяющихся ядер, обозначенные баллом 1, на другом — галактики со звездоподобными или звездообразными ядрами, имеющие 4 и 5 баллов соответственно. Галактики балла 2 имеют в центре некоторое сгущение неправильной формы, а галактики балла 2s обладают расщепленными ядрами. Наконец, в центральных частях галактик балла 3 яркость хотя и возрастает постепенно к центру, но на этом ярком фоне более или менее резко выделяющегося ядра не видно.

В работах [1, 3] Г. М. Товмасыаном был получен вывод о том, что частота встречаемости радиоизлучения спиральных галактик существенно выше в классах 2, 2s, 4 и 5, чем в классах 1 и 3. Однако в этих работах не было произведено сопоставления данных для нормальных спиралей и спиралей с перемычкой. Между тем, раздельное рассмотрение двух типов спиральных галактик с точки зрения частоты встречаемости радиоизлучения представляет определенный интерес в свете выдвинутого еще в 1965 г. В. А. Амбарцумяном предположения о возможном, за время эволюции галактики, выбросе вещества перемычек из ядер соответствующих галактик [5].

В настоящей работе на основании данных радионаблюдений на частоте 1.4 ГГц исследовано распределение частоты встречаемости по бюраканским классам галактик и произведено сопоставление нормальных спиральных галактик с галактиками с перемычкой.

2. *Наблюдательный материал.* В работе Хаммела [6] приведены результаты наблюдений 450 нормальных галактик ярче 13.0 звездной величины на частоте 1.4 ГГц, выполненных с помощью Вестерборкского радиотелескопа апертурного синтеза. На этой частоте среднее угловое разрешение радиотелескопа составляет $\sim 23''$, а чувствительность по потоку ~ 10 мЯн для точечных источников и 50 мЯн в случае протяженных источников. Из этого списка мы отобрали только те спиральные галактики (галактики SO к статистическому анализу не привлекались), для которых имеется классификация их центральных частей согласно [4]. При этом были исключены галактики с отношением малых и больших осей меньше 0.2, в случае которых имеется неуверенность в оценках классов ядер.

На рис. 1 приведены распределения относительного числа SB (спирали с перемычкой) и SA + SX + SB (SA — нормальные спирали, SX — промежуточные спирали между SA и SB) галактик по расстоянию. Видно, что основная часть галактик SA, SX, SB находится ближе 27 Мпк ($H_0 = 100$ км/с Мпк). Галактики с расстоянием больше 27 Мпк составляют менее 6% от общего числа. Поскольку случайное преобладание этих галактик в том или другом классе ядер могло бы исказить действительную картину, эти галактики были также исключены из нашей выборки.

Таким образом, общее число объектов, удовлетворяющих вышеприведенным условиям, составляет 204. У 60 из них были обнаружены центральные компоненты, а протяженные детали — у 96. Из 204 объектов 54 являются типа SB, 77 — типа SX, а 73 — типа SA. Тип спиральной галактики и расстояние также брались из [6].

Следует отметить, что в литературе имеются результаты радионаблюдений для нескольких спиральных галактик, не вошедших в [6], но удовлетворяющих условиям нашей выборки. Однако, для сохранения однородности использованного материала, эти объекты не были включены в нашу выборку, хотя их учет не повлиял бы на окончательные результаты.

3. *Результаты.* В табл. 1 приведены распределения частоты встречаемости радиоизлучения по бюраканским классам для галактик типов SB, SX и SA, как в отдельности, так и для совокупности всех трех типов. При этом частоты встречаемости приводятся для галактик, радиоизлучение которых имеет только центральный компактный компонент (Ц) — первая строка; и центральный, и протяженный компоненты (ЦП) — вторая строка; только протяженный компонент (П) — третья строка. В четвертой строке

объединены данные первых двух строк, а пятой — первых трех. Знаменатель дроби в таблице показывает общее число наблюдаемых галактик в данном классе, а числитель — число галактик, имеющих соответствующие компоненты радиоизлучения. В последнем столбце приводятся суммарные данные для соответствующих компонентов, независимо от бюраканских классов. Частоты встречаемости радиоизлучения и их ошибки приведены в процентах.

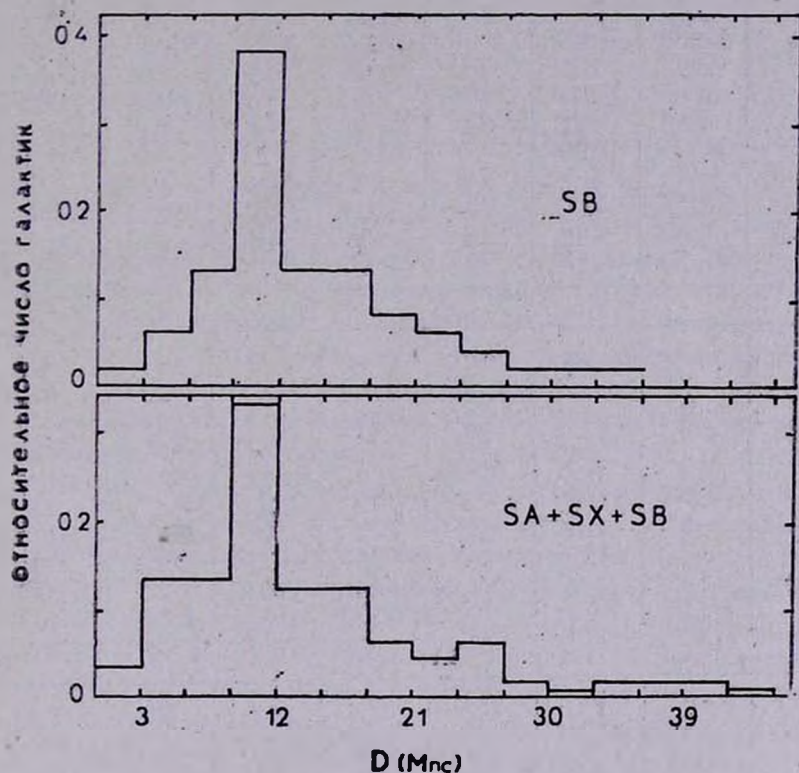


Рис. 1. Распределение спиральных галактик по расстоянию.

Как видно из данных табл. 1, во многих классах число наблюдаемых объектов недостаточно велико, чтобы надежно определить и сопоставить долю галактик с обнаруженным радиоизлучением в разных классах и морфологических типах. Однако рассмотрение данных, приведенных в последнем столбце и последней строке табл. 1, где число наблюдаемых галактик во многих случаях достаточно велико для разных морфологических типов, приводит к некоторым интересным результатам. Во-первых, в то время, как в случае выборок SX, SA и SB + SX + SA частота встречаемости радиоизлучения растет вдоль последовательности радиокомпонентов

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА (В ПРОЦЕНТАХ)
ГАЛАКТИК С РАЗЛИЧНЫМИ РАДИОКОМПОНЕНТАМИ
ПО БЮРАКАНСКИМ КЛАССАМ
SB

Компонент	Класс						
	1	2	2s	3	4	5	Общий
1	2	3	4	5	6	7	8
Ц	2/9 22±16	2/12 17±14	0/3 0	2/20 10±7	2/6 33±23	1/4 25±25	9/54 17±6
ЦП	0/9 0	2/12 17±14	3/3 100	1/20 5±5	0/6 0	1/4 25±25	7/54 13±5
П	2/9 22±16	2/12 17±14	0/3 0	2/20 10±7	2/6 33±23	0/4 0	8/54 15±5
Ц+ЦП	2/9 22±16	4/12 33±17	3/3 100	3/20 15±9	2/6 33±23	2/4 50±35	16/54 30±7
Ц+ЦП+П	4/9 44±22	6/12 50±20	3/3 100	5/20 25±11	4/6 67±33	2/4 50±35	24/54 44±9

SX

Ц	0/4 0	0/16 0	0/2 0	1/14 7±7	3/28 11±6	5/13 38±17	9/77 12±4
ЦП	0/4 0	2/16 12±9	2/2 100	3/14 21±12	9/28 32±11	1/13 8±8	17/77 22±5
П	2/4 50±35	7/16 44±16	0/2 0	9/14 64±21	6/28 21±9	5/13 38±17	29/77 38±7
Ц+ЦП	0/4 0	2/16 12±9	2/2 100	4/14 29±14	12/28 43±12	6/13 46±19	26/77 34±7
Ц+ЦП+П	2/4 50±35	9/16 56±19	2/2 100	13/14 93±25	18/28 64±15	11/13 85±25	55/77 71±10

SA

Ц	0/3 0	3/23 13±7	0/1 0	2/21 9±6	2/22 9±6	0/3 0	7/73 10±4
ЦП	0/3 0	2/23 9±6	0/1 0	5/21 24±11	3/22 14±8	1/3 33±33	11/73 15±4
П	0/3 0	8/23 35±12	0/1 0	5/21 24±11	9/22 41±14	2/3 67±47	24/73 33±7
Ц+ЦП	0/3 0	5/23 22±10	0/1 0	7/21 33±12	5/22 23±10	1/3 33±33	18/73 25±6
Ц+ЦП+П	0/3 0	13/23 56±16	0/1 0	12/21 57±16	14/22 64±17	3/3 100	42/73 57±9

Таблица 1 (окончание)

SB + SX + SA

1	2	3	4	5	6	7	8
Ц	2/16 12±9	5/51 10±4	0/6 0	5/55 9±4	7/56 12±5	5/20 30±12	25/204 12±2
ЦП	0/16 0	6/51 12±5	5/6 83±37	9/55 16±5	12/56 21±6	3/20 15±9	35/204 17±3
П	4/16 25±12	17/51 33±8	0/5 0	16/55 29±7	17/56 30±7	7/20 35±13	61/204 30±4
Ц+ЦП	2/16 12±9	11/51 22±6	5/6 83±37	14/55 25±7	19/56 34±8	9/20 45±15	60/204 29±4
Ц+ЦП+П	6/16 37±15	28/51 55±0	5/6 83±37	30/55 54±10	36/56 64±11	16/20 80±20	121/204 59±5

Ц—ЦП—П, в случае галактик SB она практически остается постоянной. При этом процент галактик, имеющих только центральные компоненты несколько выше у SB-галактик, чем у SX и SA. В случае же других радиокомпонентов имеет место обратное. По-видимому, эти различия обусловлены тем, что радиоизлучение в SB-галактиках более часто локализовано в их центральных частях. Во-вторых, Ц+ЦП компоненты одинаково часто встречаются во всех трех типах спиральных галактик. В-третьих, данные последней строки табл. 1 показывают, что наибольший процент встречаемости радиоизлучения наблюдается у классов 2s и 5, а наименьший — у класса 1. Небезынтересно отметить, что по частоте встречаемости радиоизлучения галактики класса 3 не отличаются от галактик классов 2 и 4.

Чтобы проводить более надежную статистику, мы нашли целесообразным объединить некоторые бюраканские классы в одну группу. По имеющимся в литературе данным [1—3, 7] ядра галактик классов 2, 2s, 4, 5 являются более активными в радиодиапазоне, чем галактики классов 1 и 3. Несмотря на полученный выше противоречивый результат в отношении галактик класса 3, галактики классов 2, 2s, 4, 5 объединены в одну группу, а классов 1, 3 — в другую. Результаты соответствующих подсчетов приведены в табл. 2, которая по структуре аналогична табл. 1. Отметим лишь, что в последнем столбце табл. 2 приводится вероятность (P) того, что разница, наблюдаемая между частотами встречаемости радиоисточников в отдельных группах, не является случайной.

Из данных строк Ц+ЦП+П табл. 2 видно, что частота встречаемости радиоизлучения выше у группы классов 2, 2s, 4, 5, чем в группе 1, 3 только в случае SB-галактик. Это различие для SB-галактик обусловлено объектами, обладающими одновременно и центральными, и протяженными компонентами.

В случае SX-галактик наблюдается обратное SB-галактикам явление, а именно, галактики группы 1, 3 обладают повышенной частотой встречае-

мости радиоизлучения по сравнению с галактиками в группе 2, 2s, 4, 5 (строка Ц+ЦП+П), что обусловлено галактиками, имеющими только протяженные компоненты.

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА (В ПРОЦЕНТАХ) ГАЛАКТИК С РАЗЛИЧНЫМИ РАДИОКОМПОНЕНТАМИ ПО ДВУМ ГРУППАМ БЮРАКАНСКИХ КЛАССОВ

SB

Компонент	Группа		
	1, 3	2, 2s, 4, 5	P %
Ц	4/29 14±7	5/25 20±9	40
ЦП	1/29 3±3	6/25 24±10	97
П	4/29 14±7	4/25 16±8	15
Ц+ЦП	5/29 17±8	11/25 44±13	93
Ц+ЦП+П	9/29 31±10	15/25 60±15	85

SX

Ц	1/18 5±5	8/59 13±5	60
ЦП	3/18 17±10	14/59 24±6	40
П	11/18 61±18	18/59 30±7	90
Ц+ЦП	4/18 22±11	22/59 37±8	70
Ц+ЦП+П	15/18 83±22	40/59 68±11	50

SA

Ц	2/24 8±6	5/49 10±4	23
ЦП	5/24 21±9	6/49 12±5	65
П	5/24 21±9	19/49 39±9	82
Ц+ЦП	7/24 29±11	11/49 22±7	40
Ц+ЦП+П	12/24 50±14	30/49 61±11	45

SB+SX+SA

Ц	7/71 10±4	18/133 13±3	45
ЦП	9/71 13±4	26/133 19±4	70
П	20/71 28±6	41/133 31±5	30
Ц+ЦП	16/71 22±5	44/133 33±5	87
Ц+ЦП+П	36/71 51±8	85/133 64±7	75

Следует отметить, что у всех трех типов спиралей галактики, обладающие только центральными компонентами, в обеих группах бюраканских классов встречаются одинаково часто. Между тем, по наличию только про-

тяженных компонентов или же и протяженных, и центральных компонентов указанные группы ведут себя по-разному для разных морфологических типов.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что некоторое повышение частоты встречаемости радиоизлучения в группе 2, 2s, 4, 5 над группой 1, 3 в выборке SB+SX+SA обусловлено, в основном, галактиками с перемычкой и частично галактиками типа SX, имеющими следы перемычек.

4. *Обсуждение.* Высокий процент встречаемости радиоизлучения у бюраканских классов 2, 2s, 4 и 5 по сравнению с 1 и 3 достоверно наблюдается только в случае SB-галактик. При этом это различие обусловлено галактиками, обладающими одновременно и центральными, и протяженными радиокомпонентами. Между тем, в отличие от SB-галактик, некоторое превышение радиоизлучения у SA-галактик в группе 2, 2s, 4 и 5 обусловлено галактиками, имеющими только протяженные компоненты. В случае же галактик типа SX имеется определенный избыток объектов с только протяженными компонентами в группе 1 и 3.

Таким образом, спиральные галактики разных морфологических типов, в зависимости от бюраканских классов, ведут себя по-разному с точки зрения частоты встречаемости различных радиокомпонентов.

Другой примечательной особенностью SB-галактик является то, что радиоизлучение относительно более часто связано с их ядерными областями, чем это наблюдается у других типов спиралей.

Этот вывод подтверждается на основании следующих расчетов. В табл. 3 для каждого типа спиралей приведена доля галактик, имеющих только центральные компоненты среди объектов с обнаруженным радио-

Таблица 3

Тип галактики	Относительное число (%)	P (%)
SB	12/32 37±11	—
SX	11/64 17±5	92
SA	9/51 18±6	90
SX+SA	20/115 17±4	95
SB+SX+SA	32/147 22±4	85

излучением вообще (Ц+ЦП+П). С целью увеличения числа галактик в статистику были включены также и те галактики из списка [6], которые не входят в бюраканский список [4], но у которых обнаружено радиоизлучение.

Как видно из данных этой таблицы, частота встречаемости только центральных компонентов у SB-галактик в два с лишним раза выше, чем у других типов спиралей. Значимость этих различий достаточно высокая, что видно из данных последнего столбца таблицы. Интересно отметить, что частоты встречаемости только центральных компонентов у SX и SA галактик почти одинаковы, что позволило рассмотреть их вместе (четвертая строка таблицы).

Таким образом, действительно, радиоизлучение SB-галактик значительно более часто, чем у других типов спиралей, локализовано в их ядерных областях, хотя по частоте встречаемости радиоизлучения вообще, как это видно из табл. 1, SB-галактики существенно уступают галактикам типов SX и SA. По-видимому, можно считать, что ядра SB-галактик находятся в более активном состоянии, чем ядра SX и SA галактик. Об этом свидетельствует также факт, что согласно Хаммелю [8], мощность радиоизлучения центральных компонентов у SB-галактик почти в два раза выше, чем у других типов спиралей.

Мы рассмотрели также частоты встречаемости тех случаев, когда галактики одновременно обладают как центральными, так и протяженными компонентами. Оказалось, что проценты встречаемости в этом случае почти не отличаются друг от друга для трех типов спиралей. Среди SB, SX и SA галактик с обнаруженным радиоизлучением соответственно 28, 34 и 25% галактик обладают одновременно и центральными, и протяженными компонентами. Обращает на себя внимание тот факт, что, в отличие от предыдущего случая, галактики типа SX показывают, хотя и незначительную, но тем не менее относительно более высокую частоту встречаемости и центрального, и протяженного радиоизлучения (ЦП).

Наконец отметим, что, согласно Хаммелю [8], центральные радиокомпоненты чаще встречаются в ранних морфологических типах спиральных галактик (до подтипа Sbc), а протяженные — в поздних (Sc и позднее). Раздельное рассмотрение SA, SX и SB галактик показало, что хотя среди них ранние подтипы встречаются одинаково часто, высокая частота встречаемости центральных радиокомпонентов в ранних морфологических типах достоверно наблюдается только в случае SB-галактик.

На основании результатов, полученных в настоящей работе, вырисовывается следующая картина: только центральные радиокомпоненты более часто встречаются в SB-галактиках, центральные и одновременно протяженные компоненты — в промежуточных SX-галактиках, а только протяженные — в SX и SA галактиках. Поскольку непрерывная радиоэмиссия на частоте 1.4 ГГц, в основном, имеет нетепловую природу, можно прийти к выводу, что во всех типах спиральных галактик существуют эжекторы релятивистских электронов, обуславливающих радиоизлучение всех типов радиокомпонентов. Как это часто предполагается, наиболее ве-

роятыми эжекторами релятивистских электронов могут быть ядра галактик. Придерживаясь этой точки зрения, можно предположить, что при возникновении перемычек в результате взрывных процессов в ядрах SB-галактик магнитное поле приобретает конфигурацию, препятствующую выходу релятивистских электронов из центральных областей этих галактик. Тогда радиоизлучение SB-галактик более часто будет локализовано в их ядерных областях, что, в действительности, и наблюдается. В галактиках же типа SA релятивистские электроны, возможно, более свободно выходят из их ядер и, заполняя внешние области соответствующих галактик, обуславливают относительно более высокую частоту встречаемости протяженных (дисковых) радиокомпонентов.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE RADIO EMISSION OF NUCLEA OF BARRED GALAXIES

A. T. KALLOGHLIAN, R. A. KANDALIAN

It has been shown that the high percentage of radio emission in galaxies of Byurakan classes 2, 2s, 4 and 5 in comparison with classes 1 and 3 is reliably observed only in barred spirals due to galaxies with both central and disk radio components. The radio emission of barred spirals more often than in other types of spirals is connected with the central regions of those galaxies.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 2, 419, 1966.
2. Н. М. Товмасын, *Astrophys. J.*, 178, L 47, 1972.
3. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 18, 25, 1982.
4. Классификация центральных частей 711 галактик, *Сообщ. Бюракан. обсерв.*, 47, 43, 1975.
5. V. A. Ambartsumian, *The Structure and Evolution of Galaxies*, Interscience Publishers, London—New York—Sydney, 1, 1965.
6. E. Hummel, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 41, 151, 1980.
7. В. Г. Малумян, *Астрофизика*, 19, 251, 1983.
8. E. Hummel, *Astron. and Astrophys.*, 93, 93, 1981.