

УДК: 524.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК С ПЕРЕМЫЧКОЙ. V. ОКРУЖЕНИЕ SB- И SA- ГАЛАКТИК

А.Т.КАЛЛОГЛЯН, Р.А.КАНДАЛЯН, В.Г.ПАНАДЖЯН

Поступила 10 июля 1999

Используя списки ярких галактик с перемычкой и без перемычки, а также Лион-Медонский набор внегалактических данных (LEDA), исследовано окружение SB- и SA-галактик, выявлены некоторые различия между ними.

1. *Введение.* Настоящая серия работ была предпринята с целью сопоставления двух типов спиральных галактик - галактик с перемычкой и галактик без перемычки - и выявления сходства и различия между ними. Для проведения такого исследования был составлен каталог галактик с перемычкой ярче 13.5 звездной величины, насчитывающий около 700 галактик [1]. Кроме того, был составлен список 460 галактик без перемычки ярче 13.5 звездной величины в интервале склонений  $[0, +30^\circ]$ , включающий, помимо спиральных галактик, эллиптические и линзовидные галактики.

В предыдущих работах этой серии [2-4] были представлены результаты исследования обоих типов галактик в оптическом, инфракрасном рентгеновском и радио диапазонах. Был сделан вывод, что имеющиеся различия между галактиками с перемычкой и галактиками без перемычки обусловлены, в основном, более активными звездообразовательными процессами, происходящими в SB-галактиках и инициируемые присутствием самой перемычки.

Особый интерес представляет окружение галактик. В работе [2] было показано, что оба типа спиральных галактик одинаково часто встречаются в группах галактик. При этом из обоих списков были исключены морфологические типы с  $T < 0$ , т.е. эллиптические и линзовидные галактики из списка галактик без перемычки и галактики типа SB0 из каталога галактик с перемычкой.

В настоящей работе мы более детально будем исследовать окружение спиральных галактик с перемычкой и без перемычки. Особое внимание будет уделено их первым соседям.

2. *Выборки.* Как и в предыдущих статьях этой серии, мы использовали Каталог 690 галактик с перемычкой, опубликованный в [1], и выборку галактик без перемычки, включающую около 460 объектов и описанную в [2]. При этом из последнего списка были исключены эллиптические и

линзовидные галактики, после чего в списке осталась 231 галактика. Ради проявления одинакового подхода, из каталога галактик с перемишкой были исключены объекты типа SB0, после чего в нем остались 603 галактики. В настоящей работе использованы эти две выборки.

Вокруг каждой из галактик был описан круг радиусом 15 угловых минут. Внутри этих кругов проводились подсчеты галактик по Лион-Медонскому набору внегалактических данных (LEDA). Однако для дальнейшего исследования были отобраны те из галактик, которые удовлетворяли следующим критериям:

1. Радиальная скорость ближайшего или первого соседа отличалась от радиальной скорости центральной SB- и SA- галактики не более чем на 30%. В этом случае не ставилось ограничение на разницу звездных величин центральной галактики и ближайшего соседа.

2. В тех случаях, когда радиальная скорость ближайшего соседа была не известна, были выбраны лишь те из SB- и SA- галактик, звездные величины которых отличались от звездной величины первого соседа не более чем на 2<sup>m</sup>. Отметим также, что никаких ограничений на морфологические типы окружающих галактик не ставилось.

В результате применения вышеуказанных критериев для дальнейшего рассмотрения остались 59 SB-галактик и 40 SA-галактик. Мы полагаем, что в этих случаях SB- и SA- галактики из наших списков имеют физически связанные с ними компаньоны в качестве первого соседа. Средние радиальные скорости 59 SB-галактик и 40 SA-галактик оказались 2570 и 3420 км/с, соответственно, т.е. обычные спиральные галактики в среднем находятся дальше SB-галактик. Такое различие, безусловно, приведет к ошибочным результатам при сопоставлении характеристик двух выборок. Для устранения эффектов расстояния мы подвергли анализу распределения галактик в указанных выборках по радиальным скоростям. Эти распределения показаны на рис.1.

Как видно из рис.1, до  $V_r = 1000$  км/с нет ни одной SA-галактики, а в последнем интервале с  $V_r > 7000$  км/с - нет ни одной SB-галактики. Поэтому мы исключили из рассмотрения SB-галактики с  $V_r < 1000$  км/с и SA-галактики с  $V_r \geq 7000$  км/с. В результате для дальнейшего рассмотрения осталась 51 галактика с перемишкой и 36 галактик без перемишки.

Наша статистика основана на этих выборках. При этом критерии 1) и 2) применялись только по отношению к первым соседям. По результатам подсчетов внутри указанных кругов число галактик, приходящихся на одну яркую SA- и SB- галактику, одинаково и равно 1.7. Этот результат находится в согласии с тем, что оба типа спиралей одинаково часто встречаются в группах галактик [2].

После отождествления первого соседа, мы определяли его расстояние в проекции от центральной галактики в минутах дуги и килопарсеках, используя для этого среднюю радиальную скорость системы. При этом для постоянной

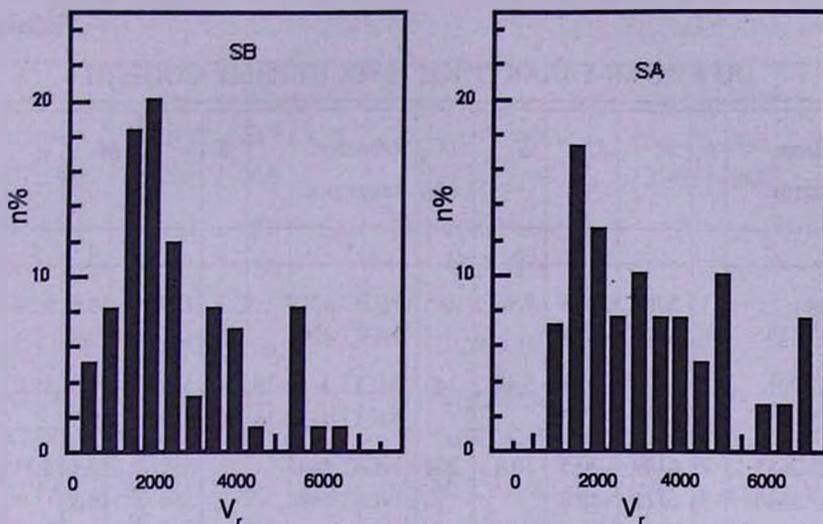


Рис.1 Распределение галактик по радиальным скоростям. По оси ординат отложено число галактик в данном интервале в процентах от общего числа галактик данного морфологического типа.

Хаббла принималось значение  $H = 75$  км/с/Мпк. Были вычислены также разницы звездных величин центральных галактик и первых соседей.

В табл.1 приводятся некоторые данные об SB- галактиках из каталога [1], имеющих физически связанные с ними компаньоны и об их первых соседях. В первом столбце даются номера галактик по разным каталогам, во втором - индекс Т морфологического типа, в третьем - радиальные скорости, в четвертом - абсолютные звездные величины галактик, в пятом - взаимное расстояние в проекции центральной галактики и первого соседа в минутах дуги и в последнем - эти же расстояния в килопарсеках.

Следует отметить, что SB- галактики из каталога [1] фигурируют в табл.1 только один раз, хотя в девяти случаях оба компонента пар являются галактиками с перемычкой из каталога [1]. Номера этих пар в табл.1 помечены звездочкой. Среди других, более слабых первых соседей тоже могут быть галактики с перемычкой, однако мы на этом вопросе в настоящей статье останавливаться не будем.

**3. Результаты.** В предыдущем разделе было получено, что из 603 галактик с перемычкой 51, т.е. 8.5% имеют первых соседей, удовлетворяющих критериям 1) и 2). Между тем, этот же процент в случае 231 галактики без перемычки составляет 15.6 %. Таким образом, спиральные галактики с перемычкой существенно реже, чем галактики без перемычки имеют первых соседей, удовлетворяющих принятым выше критериям.

Для сравнения характеристик галактик с перемычкой и без перемычки в наших выборках мы нашли целесообразным разбить диапазон радиальных скоростей на интервалы шириной в 1000 км/с. Средние значения абсолютных

## ЯРКИЕ СВ-ГАЛАКТИКИ И ИХ ПЕРВЫЕ СОСЕДИ

Обознач. галактик	$T$	$V_r$	$M$	$d_{1-2}^*$	$D_{1-2}$ кпк	Обознач. галактик	$T$	$V_r$	$M$	$d_{1-2}^*$	$D_{1-2}$ кпк
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
IC 34	1	5299	-20.6	7.95	165	NGC 4319	2	1592	-18.6	6.34	42
UGC 353	6	5070	-18.8			NGC 4291	-5	1801	-19.3		
NGC 701	5	1826	-19.1	5.48	40	MCG-1-32-19	4	5462	-21.8	10.0	217
IC 1738	3	1750	-17.5			MCG-1-32-16	4	5391	-19.9		
UGC 2655	7	6149	-20.5	10.4	254	NGC*4485	10	558	-17.1	3.77	8.6
UGC 2640	3	6121	-19.8			NGC 4490	7	584	-19.3		
NGC 1358	0	4036	-20.5	6.78	109	NGC 4561	8	1424	-18.5	0.85	4.9
NGC 1355	-2	3978	-19.4			KCPG 3468	9	1443	-		
NGC 1507	9	869	-			NGC 5211	2	3690	-21.7	7.87	117
KCPG 978	8	862	-17.4	0.62	2	UGC 8526	5	3772	-19.2		
UGC 3828	3	3235	-19.8	12.5	163	NGC 5230	5	6857	-21.8	9.43	261
UGC 3816	-2	3342	-19.4			NGC 5222	-5	6974	-21.1		
NGC 2633	3	2180	-19.5	6.75	59	NGC 5351	3	3632	-20.5	12.7	188
NGC 2634A	4	2086	-17.8			NGC 5341	8	3694	-19.4		
NGC 2798	1	1738	-18.9	1.64	12	NGC 5378	1	2976	-19.3	11.5	139
NGC 2799	9	1812	-17.9			NGC 5380	-3	3085	-19.7		
NGC 3166	0	1340	-20.0	8.0	42	NGC 5427	5	2648	-20.8	1.37	14
NGC 3169	1	1248	-20.2			NGC 5426	5	2552	-20.1		
NGC 3445	9	2008	-19.2	10.0	77	NGC 5468	6	2849	-20.0	5.03	58
NGC 3440	3	1920	-18.1			NGC 5472	2	2910	-18.2		
NGC 3664	9	1369	-18.0	6.3	34	IC 983	4	5448	-21.7	2.68	56
NGC 3664A	9	1324	-16.2			IC 982	-2	5053	-19.9		
NGC*4116	8	1207	-18.8	14.1	70	IC 1014	8	1290	-17.5	13.8	71
NGC 4123	5	1281	-19.2			UGC 9273	10	1286	-16.3		
NGC 4204	8	795	-16.3	1.55	4.9	NGC 5678	3	2108	-20.3	1.03	8
MK 1315	-	761	-15.6			MCG-10-21-6	-3	1764	-		
NGC 4290	2	2935	-20.6	4.74	64	NGC*5774	7	1560	-18.9	4.3	27
NGC 4284	4	3832	-18.6			NGC 5775	5	1632	-19.5		
NGC 5954	6	1990	-19.0	0.78	6	NGC 3732	0	1687	-19.0	10.2	69
NGC 5953	1	2012	-19.0			NGC 3722	-5	-	-17.0		



звездных величин галактик и взаимные расстояния центральных галактик и первого соседа определялись в указанных интервалах.

Результаты вычислений приведены в табл.2. В левой половине таблицы представлены данные для SB-галактик, а в правой - для SA-галактик. В соответствующих столбцах таблицы указаны интервалы радиальных скоростей и их средние значения для данного интервала, число галактик в интервалах, средние абсолютные величины центральных галактик, взаимные расстояния центральных галактик и первых соседей в минутах дуги и в килопарсеках.

Как видно из данных табл.2, средние радиальные скорости по интервалам

Таблица 2

## СРЕДНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ SB- И SA- ГАЛАКТИК

$\Delta V_r$ < $V_r$ >	$n$	$M$	$d'_{1-2}$	$D_{1-2}$ кпк	$\Delta V_r$ < $V_r$ >	$n$	$M$	$d'_{1-2}$	$D_{1-2}$ кпк
1000-2000 1533	23	SB -18 <sup>m</sup> .9	6.6	42	1000-2000 1581	10	SA -19 <sup>m</sup> .3	8.7	55
2000-3000 2373	9	-19.9	4.3	44	2000-3000 2471	8	-20.4	6.6	81
3000-4000 3470	9	-20.5	6.7	93	3000-4000 3447	7	-20.1	8.4	127
4000-5000 4007	1	-20.5	6.8	109	4000-5000 4369	5	-20.6	7.3	126
5000-6000 5304	6	-21.2	8.7	184	5000-6000 5254	4	-20.9	6.7	132
6000-7000 6609	3	-21.1	7.1	173	6000-7000 6460	2	-20.2	10.8	276

для SB- и SA - галактик почти не отличаются друг от друга. Нет систематических различий также в абсолютных звездных величинах. С другой стороны, можно заметить, что взаимные расстояния между центральными галактиками и их первыми соседями систематически меньше в случаях галактик с перемычкой. Среднее значение  $D_{1-2}$  для SB- галактик равно 77 кпк, между тем для SA- галактик оно достигает до 106 кпк. Это различие значимо на уровне 0.01.

Отметим, что в случае девяти SB-SB пар из табл.1 среднее значение равно 38 кпк. Однако эти пары находятся на существенно более близких расстояниях от нас.

Мы рассмотрели зависимости между различными параметрами галактик и их систем в выборках SB- и SA- галактик.

На рис.2 приведены зависимости взаимных расстояний центральных галактик и их первых соседей от абсолютных звездных величин центральных галактик. Прямыми на рисунках показаны линии регрессии. Аналитически эти зависимости выражаются следующими уравнениями:

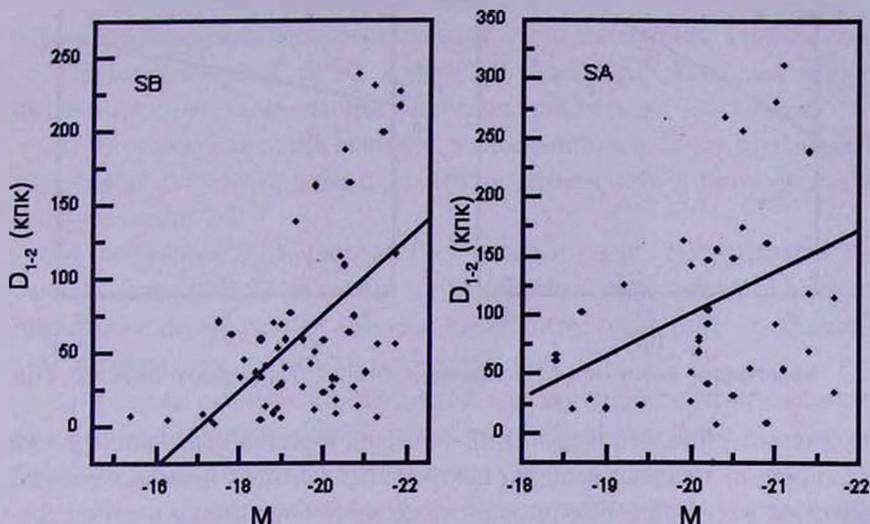


Рис.2 Корреляция между  $D_{1-2}$  и абсолютной звездной величиной центральной галактики.

$$D_{SB} = (-434.29 \pm 95.58) - (25.56 \pm 4.87) M_{SB}, \text{ для SB- галактик}$$

$$R = -0.557 \text{ и } P < 10^{-4}$$

и

$$D_{SA} = (-612.0 \pm 298.4) - (35.71 \pm 14.71) M_{SA}, \text{ для SA-галактик}$$

$$R = -0.371 \text{ и } P = 0.0202.$$

Здесь  $R$  - коэффициент корреляции, а  $P$  - значимость наблюдаемой зависимости.

Из приведенных данных видно, что зависимость  $D_{1-2}$  от  $M$  является достоверной в тех случаях, когда центральные галактики принадлежат морфологическому типу SB-, а в случае SA-галактик она очень слаба или, скорее, отсутствует вовсе. Таким образом, при уярчении центральной SB-галактики расстояние первых соседей от них в среднем увеличивается. Такую зависимость можно было ожидать, непонятно только почему она слабо выражена или даже отсутствует в случае SA-галактик.

Определенная корреляция наблюдается между морфологическими типами SB-галактик и их первых соседей: в среднем более ранние SB-галактики имеют компаньоны более ранних типов. В случае SA-галактик подобной зависимости не наблюдается (рис.3). Коэффициент корреляции в случае галактик с перемычкой равен  $R = 0.454$ , а значимость связи  $P = 3.034 \cdot 10^{-4}$ . Для SA-галактик имеем:  $R = 0.130$  и  $P = 0.455$ .

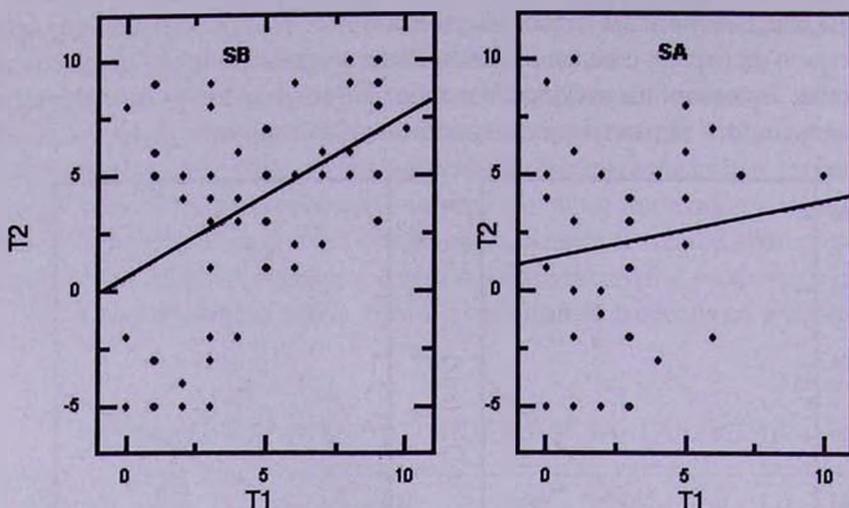


Рис.3. Корреляция между морфологическими типами центральных галактик и их первых соседей.

Наконец отметим, что в случае SB-галактик имеется корреляция также между разницей звездных величин центральных галактик и первых соседей и абсолютной величиной центральной галактики. Опять-таки в случае SA-галактик эта корреляция слаба или, скорее, отсутствует (рис. 4).

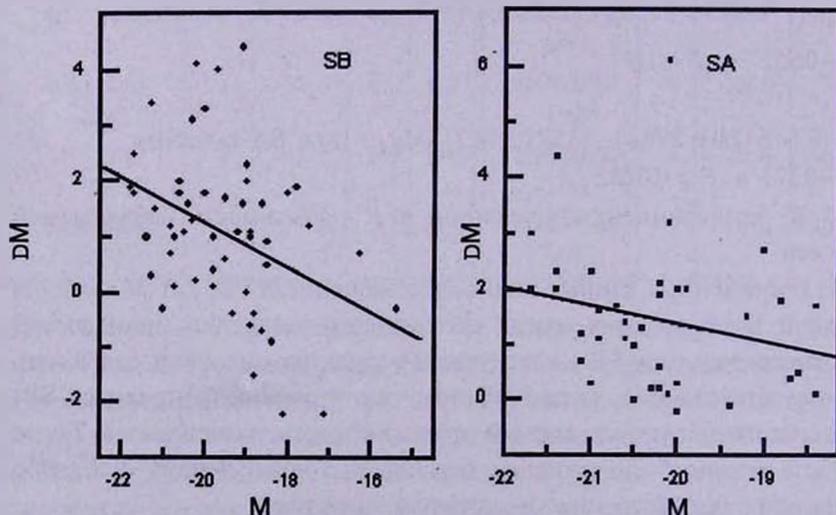


Рис.4. Зависимость разницы в звездных величинах первого соседа и центральной галактики от абсолютной величины центральной галактики.

Прямые на этом рисунке представляют линии регрессии, аналитические выражения которых следующие:

$$\Delta M_{SB} = -6.869 - 0.407 M_{SB} \text{ для SB-галактик}$$

$$R = -0.39 \text{ и } P = 2.6 \cdot 10^{-3}$$

и

$$\Delta M_{SA} = -5.204 - 0.329 M_{SA} \text{ для SA-галактик}$$

$$R = -0.23 \text{ и } P = 1.59 \cdot 10^{-1}.$$

4. **Заключение.** В настоящей статье мы исследовали окружение ярких SB- и SA- галактик. Особое внимание было уделено их первым соседям.

Представлен список 51 яркой SB-галактики, имеющей физически связанные с ней компаньоны. Получены следующие результаты:

а) Число окружающих галактик, приходящихся на одну яркую галактику, одинаково для спиральных галактик с перемычкой и без перемычки и в среднем равно 1.7.

б) Расстояние  $D_{1-2}$  первых соседей от центральных SB-галактик в среднем равно 77 кпк, а от SA-галактик - 106 кпк. Это позволяет предполагать, что галактики с перемычкой в среднем имеют более тесно расположенные к ним компаньоны, чем галактики без перемычки.

в) В случае галактик с перемычкой при уярчении центральной галактики расстояние  $D_{1-2}$  увеличивается, что и можно было ожидать. Для SA-галактик подобной зависимости не наблюдается.

г) Имеется прямая зависимость между морфологическими подтипами центральных SB-галактик и их первых соседей: в среднем ближайшие компаньоны SB-галактик ранних типов также принадлежат ранним морфологическим типам. В случае спиралей без перемычки такой зависимости не имеется.

Бюраканская астрофизическая обсерватория  
им В.А.Амбарцумяна, Армения

## INVESTIGATION OF BARRED SPIRALS. V. THE SURROUNDINGS OF SB- AND SA- GALAXIES

A.T.KALLOGHLIAN, R.A.KANDALIAN, V.G.PANAJYAN

By using the lists of bright barred, non barred galaxies and the LEDA database, the surroundings of SB- and SA- galaxies are investigated. Some differences between them are obtained.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Р.А.Кандалян, А.Т.Каллоглян, Астрофизика, 41, 5, 1998.*
2. *А.Т.Каллоглян, Р.А.Кандалян, Астрофизика, 41, 185, 1998.*
3. *Р.А.Кандалян, А.Т.Каллоглян, Астрофизика, 41, 349, 1998.*
4. *Р.А.Кандалян, А.Т.Каллоглян, Астрофизика, 41, 599, 1998.*