

УДК: 524.77-856

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЛАКТИК ВОКРУГ SB И S
СПИРАЛЕЙ В СКОПЛЕНИЯХ VIRGO И FORNAX

А.Т.КАЛЛОГЛЯН, Г.А.АРУТЮНЯН.

Поступила 5 августа 1997

Проведена сравнительная статистика первых соседей ярких галактик ($M_d \leq -17^m$) в скоплениях Virgo и Fornax. Выявлены некоторые различия между окружениями ярких SB- и S-галактик.

1. *Введение.* В последние годы галактики с перемычкой привлекают все большее внимание, обусловленно наличием перемычки у этих галактик. Перемычки играют важную роль в формировании гравитационного потенциала в галактиках, вследствие чего в SB-галактиках наблюдаются разнообразные морфологические особенности [1,2]. Большинство работ в данной области касается внутренней структуры и особенностей самих SB-галактик. Есть все основания считать, что процесс звездообразования более бурно протекает в SB-галактиках, чем в S-галактиках [3]. Типичная сверхассоциация 30 DoG в Большом Магеллановом облаке находится вблизи перемычки этой галактики. Есть примеры наличия очагов звездообразования у концов перемычки [3]. Активные звездообразовательные процессы протекают также в окооядерных областях [4-5].

Еще давно было известно, что так называемые горячие пятна обычно встречаются в SB-галактиках [6]. Представляет особый интерес тот факт, что перемычка влияет на распределение относительного содержания химических элементов в межзвездной среде дисковых галактик. Градиент относительного содержания O/H имеет тенденцию быть более пологим [7,8], к тому же градиент относительного содержания становится более пологим, когда относительная длина или же эллиптичность перемычки возрастает [7]. Этот результат считается совместимым с явлением радиального истечения газа. Происходит крупномасштабное смешивание межзвездного газа по диску SB-галактик.

На снимках, полученных с помощью космического телескопа Хаббл, видно, что ядерные кольца в SB-галактиках состоят из множества сверхскоплений звезд подобно тем, которые недавно найдены в других галактиках со вспышкой звездообразования [9].

В работе [10] было показано, что радиоизлучение более часто локализовано в центральных областях SB-галактик, чем S-галактик.

Таким образом, в настоящее время накоплено достаточно большое количество данных, свидетельствующих о том, что наличие перемишки приводит к наблюдаемому морфологическому разнообразию и ряду физических особенностей SB-галактик.

Особый интерес представляет окружение SB-галактик. В работе [11] было показано, что в скоплении Virgo карликовые галактики низкой светимости более часто встречаются вокруг SB-галактик, чем вокруг обычных S-галактик. При этом число карликовых галактик, приходящих на одну яркую галактику, уменьшается при переходе от ранних подтипов к более поздним.

В настоящей работе исследуется распределение галактик вокруг S и SB-галактик в скоплениях Virgo и Fornax, обращается особое внимание на различия в характеристиках первых соседей обоих типов спиралей.

2. *Выборка.* Нами использован обширный каталог Бингели, Сандеджа и Таммана (в дальнейшем, каталог BST) [12]. Каталог покрывает около 140 кв. градусов в области скопления Virgo. Он содержит данные о 2096 галактиках, среди которых 1277 объектов являются достоверными членами скопления, 574 - возможными членами и 245 - галактиками поля. Согласно авторам каталога BST в исследуемой области отождествлены все галактики с $B_T \leq 18^m$. При значении модуля расстояния $m - M = 31.7$, принятом в [12], это соответствует абсолютной звездной величине $M_{BT} = -13.7$. Каталог, однако, содержит данные о более слабых объектах до $B_T = 20.0$ или $M_{BT} = -11.7$.

Каталог Фергюсона [13] содержит 2678 галактик в области около 40 кв. градусов вокруг скопления Fornax с координатами центра $\alpha \approx 3^h 35^m$ и $\delta \approx -35^\circ.7$. Предельный диаметр галактик в каталоге $17''$ при изофоте $B_T \approx 26.5$ с кв. секунды дуги. Из общего числа галактик 340 являются вероятными членами скопления, 2338 - вероятными галактиками фона. Для членов скопления каталог должен быть полным до $B_T \approx 18^m$. При модуле расстояния $m - M = 31.9$, этому соответствует абсолютная величина $M_{BT} \approx -13^m.0$. Как и в случае скопления Virgo, принадлежность галактики скоплению в подавляющем большинстве случаев основана на морфологических признаках.

В настоящей работе мы рассматриваем лишь уверенно отождествленные члены скоплений с индексом "М" (member) с $B_T \leq 16^m.7$ в случае Virgo и $B_T \leq 16^m.9$ в случае Fornax, что в обоих случаях соответствует абсолютной величине $M_{BT} \leq -15^m$.

Распределения галактик соответствующих выборок из скоплений Virgo и Fornax по морфологическим типам приводятся в табл. 1 и 2.

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЛАКТИК ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ
С $B_T \leq 16^m.7$ И $B_T \leq 14^m.7$ С ИНДЕКСОМ "М" В КАТАЛОГЕ BST

Морф. тип	$B_T \leq 16^m.7$		$B_T \leq 14^m.7$		$N_{B_T \leq 14.7} / N_{B_T \leq 16.7}$
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	
E	244	52.5	51	22	21
S0	58	12.5	39	17	67
Sa-Sm	109	23.5	92	40	84
SB0	23	5	21	9	91
SBa-SBm	30	6.5	27	12	90
Общее	464		230		

Как видно из данных табл. 1 и 2, больше половины галактик с

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНЫХ ЧЛЕНОВ СКОПЛЕНИЯ FORNAX
ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ С $B_T \leq 16^m.9$ И $B_T \leq 14^m.9$

Морф. тип	$B_T \leq 16^m.9$		$B_T \leq 14^m.9$		$N_{B_T \leq 14.9} / N_{B_T \leq 16.9}$
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	
E	65	53.7	14	27	21.5
S0	19	15.7	10	19	52.6
Sa-Sm	17	14.0	12	23	70.0
SB0	10	8.3	8	15	80
SBa-SBm	10	8.3	8	15	80
Общее	121		52		

$B_T \leq 16^m.7$ и $B_T \leq 16^m.9$ соответственно для скоплений Virgo и Fornax составляют эллиптические галактики. Меньше 50% приходится на все дисковые галактики. Однако среди ярких галактик с $B_T \leq 14^m.7$ ($M_{B_T} \leq -17^m.0$) относительное число эллиптических галактик резко уменьшается, а дисковых галактик - увеличивается. Очевидно, что это связано с различиями в функциях светимости разных морфологических типов. Последние столбцы показывают процент ярких галактик среди галактик данного морфологического типа с $B_T \leq 16^m.7$ и $B_T \leq 16^m.9$. При переходе от E-галактик к SB-галактикам этот процент увеличивается и от 21% доходит до 90% и 80% соответственно.

Можно сказать, что среди галактик слабее $M_{B_T} = -17^m$ почти не встречаются галактики с перемычкой. Это явление, по-видимому, обусловлено и тем, что в абсолютно слабых дисковых галактиках перемычки встречаются крайне редко или же они настолько слабы, что

трудно выявляются. Наблюдения в ближней инфракрасной области показывают, что некоторые галактики, не показывающие перемиčky в оптической области, в инфракрасном диапазоне все же показывают их наличие. В этой связи уместно упомянуть работу Каллогляна [14], в которой на основе небольшого материала было показано, что около 75% перемиček обладают высокой поверхностной яркостью, в среднем равной $20^{m.9}$ с кв. секунды дуги в цвете B , а остальные 25% - очень слабыс.

3. *Постановка задачи.* В настоящее время большое внимание уделяется к окружению галактик. Считается, что взаимодействие между галактиками ответственно за многие явления, происходящие в галактиках. Исходя из этого не лишен интереса вопрос о выявлении возможных различий между окружениями SB и S-галактик, тем более, что с точки зрения активности эти два типа спиралей существенно отличаются друг от друга.

Для исследования поставленного вопроса скопление Virgo является более подходящим, так как в области этого скопления достаточно много галактик обоих типов.

Выборка дисковых галактик нами была разбита на две части, в первую из них включены галактики с $B_T \leq 14^m.7$ (ярче -17^m абсолютной величины), а во вторую - галактики слабее. Галактики первой группы впредь будем называть "яркие галактики". Вокруг каждой яркой галактики была исследована область в виде круга диаметром $0^\circ.5$ (190 кпк при принятом модуле расстояния). Внутри этого круга определены угловые расстояния всех галактик от центральной яркой галактики. Определена также разница в звездных величинах первого соседа и центральной галактики. При этом, чтобы избежать использования в статистике одной и той же пары более одного раза, в алгоритме было учтено, что данная разница была всегда положительна (первый сосед слабее центральной галактики).

Следует отметить, что мы не ставили требования об изолированности выявленных пар или групп. Нас интересовало лишь непосредственное окружение ярких галактик с перемичкой и обычных спиралей.

4. *Радиальное распределение галактик разных морфологических типов в скоплении Virgo.* С целью исследования радиального распределения галактик в скоплении Virgo за центр скопления была принята галактика NGC 4486. Были вычислены угловые расстояния ярких ($B_T \leq 14^m.7$) достоверных членов скопления типов S, SB и E от этого центра. Подсчеты были произведены в кольцах с шириной в $0^\circ.5$.

Для удобного представления полученные распределения на рис.1 вместо гистограммы приведены в виде кривых, при этом каждая точка соответствует средней поверхностной плотности в данном кольце. На оси абсцисс указаны внешние радиусы колец в градусах.

На рис. 1а представлено радиальное распределение спиральных галактик типов Sa-Sm, SBa-SBm и эллиптических галактик. На рис. 1б приводится радиальное распределение линзовидных галактик S0 и SB0.

Уже поверхностный анализ данных, представленных на рис. 1.

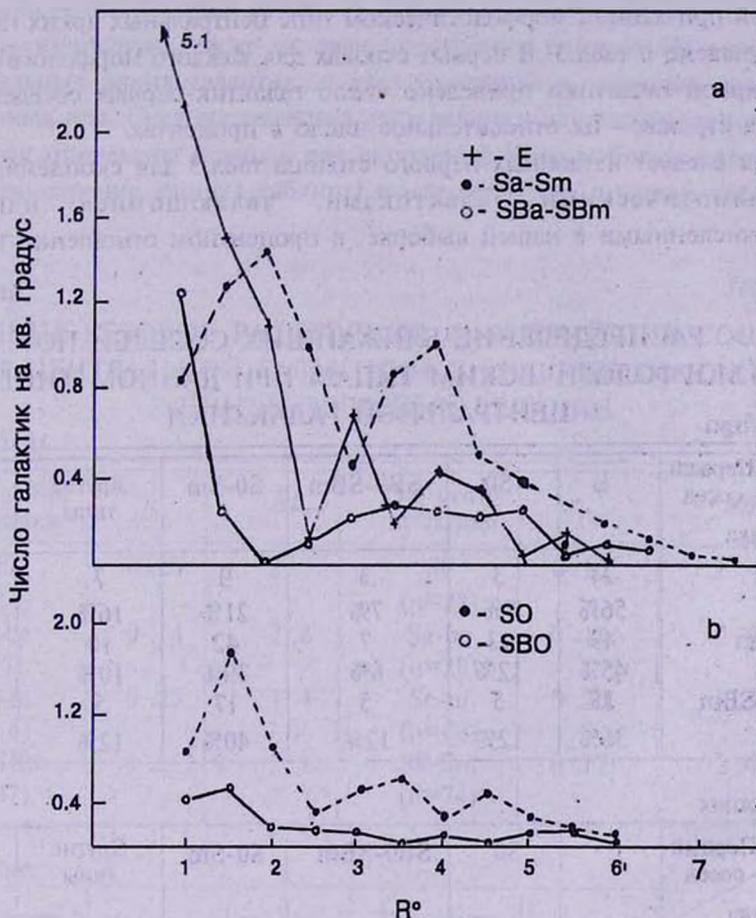


Рис. 1. Радиальное распределение галактик разных морфологических типов в скоплении Virgo. а) Распределение для E, Sa-Sm и SBa-SBm галактик, б) распределение для линзовидных галактик.

приводит к следующим выводам. В радиусе $0^{\circ}.5$ вокруг галактики NGC 4486 нет ни одной спиральной галактики, как обычной, так и с перемычкой. Между тем, наблюдается повышенное число эллиптических галактик в непосредственном окружении выбранного центра, т.е. в этой области, как и следовало ожидать, наблюдается сегрегация галактик по морфологическим типам. Из рисунка видно также, что существуют определенные различия в радиальном распределении ярких S и SB-галактик. В то время как в распределении обычных спиралей наблюдаются области повышенной плотности на расстояниях 2° , 4° и 6°

от NGC 4486, распределение галактик с перемычкой сравнительно равномерное. Примечательно, что это различие наблюдается как для галактик подтипов от Sa до Sm, так и для линзовидных галактик.

5. *Результаты.* Распределение морфологических типов ближайших соседей при данном морфологическом типе центральных ярких галактик представлено в табл.3. В первых строках для каждого морфологического типа яркой галактики приведено число галактик-первых соседей, а во вторых строках - их относительное число в процентах.

Как следует из данных первого столбца табл.3 для скопления Virgo, с эллиптическими галактиками, являющимися наиболее многочисленными в нашей выборке, в процентном отношении меньше

Таблица 3

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ ПО
МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ ПРИ ДАННОМ ТИПЕ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГАЛАКТИКИ**

Virgo

Первый сосед Центр. галактика	E	S0	SB0-SBm	S0-Sm	Другие типы	N
E	24 56%	3 7%	3 7%	9 21%	7 16%	43
S0-Sm	49 45%	13 12%	7 6%	42 39%	10 10%	108
SB0-SBm	15 36%	5 12%	5 12%	17 40%	5 12%	42

Fornax

Первый сосед Центр. галактика	E	S0	SB0-SBm	S0-Sm	Другие типы	N
E	10 83%	2 17%	-	-	-	12
S0-Sm	8 38%	3 14%	7 33%	5 24%	1 5%	21
SB0-SBm	7 50%	1 7%	2 14%	4 29%	1 7%	14

всех связаны галактики с перемычкой. С другой стороны, слабые SB-галактики более часто являются спутниками самих SB-галактик. Представляет интерес тот факт, что хотя по количеству галактики подтипов S0-Sm вместе взятых почти в 1.5 раза меньше, чем E-галактики, тем не менее среди ближайших соседей ярких SB-галактик их количество даже

больше, чем число E-галактик.

В скоплении Fornax спутниками ярких SB-галактик более часто являются E-галактики, а слабые SB-галактики чаще являются первыми соседями S-галактик. Однако число SB-галактик в этом скоплении невелико и полученный результат нуждается в подтверждении.

Мы вычислили также угловые расстояния ближайших соседей от центральных ярких галактик, а также разницы в звездных величинах указанных пар. Средние значения этих величин для разных типов ярких галактик приведены в табл.4 для скоплений Virgo и Fornax отдельно.

Рассмотрение данных таблицы показывает, что в случае галактик с

Таблица 4

СРЕДНИЕ УГЛОВЫЕ РАССТОЯНИЯ r_{12} БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ ОТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГАЛАКТИКИ И СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ РАЗНИЦЫ ЗВЕЗДНЫХ ВЕЛИЧИН

Virgo

Тип центр. галактики	r_{12}	ΔB_T	Тип центр. галактики	r_{12}	ΔB_T
SB0 (n=14)	0°.20	2 ^m .5	S0 (n=28)	0°.15	2 ^m .45
SBa-bc (n=7)	0.14	2.8	Sa-bc (n=20)	0.17	2.66
SBc-m (n=16)	0.25	1.4	Sc-m (n=26)	0.20	2.36
SB0-SBm (n=37)	0.21	2.1	S0-Sm (n=74)	0.17	2.48

Fornax

Тип центр. галактики	r_{12}	ΔB_T	Тип центр. галактики	r_{12}	ΔB_T
E (n=12)	0°.22	2 ^m .7	-	-	-
SB0 (n=7)	0.18	2.2	S0 (n=7)	0°.20	2 ^m .04
SB (n=7)	0.24	2.8	S (n=10)	0.31	2.33
SB0-SBm (n=14)	0.21	2.5	S0-Sm (n=17)	0.27	2.21

перемычкой в скоплении Virgo разница ΔB_T в среднем увеличивается при уменьшении взаимных расстояний центральных галактик и первых

соседей. Наименьшее значение r_{12} и наибольшее значение ΔB_T в среднем наблюдается в тех случаях, когда центральная яркая галактика принадлежит к типам SBa-SBbc. Отметим, что для обычных спиралей подобной зависимости не наблюдается.

При среднем угловом расстоянии первых соседей ярких SBa-SBm галактик, равным $0^\circ.22$, разница в звездных величинах в среднем равна $1^m.8$. В случае же Sa-Sm галактик при среднем расстоянии $0^\circ.19$ - эта разница достигает $2^m.5$. Это различие довольно значительное, чтобы можно было объяснить простой случайностью. Создается впечатление, что первые соседи SB-галактик в среднем являются более яркими объектами. Отметим также, что в скоплении Fornax имеет место обратное соотношение - ближайшие соседи SB-галактик в среднем на $0^m.5$ слабее первых соседей S-галактик. Однако, как уже было отмечено, число галактик в этом случае мало, и этот результат не имеет большого статистического веса.

В областях вокруг ярких галактик с радиусом $0^\circ.5$ были подсчитаны все галактики-члены скопления Virgo до $B_T = -16^m.7$. Целью этих подсчетов было выяснение различия в кратностях S и SB-галактик. В табл.5 приведены результаты этих подсчетов. Из-за малого числа галактик, в случае скопления Fornax подобный анализ не проведен.

Таблица 5

КРАТНОСТЬ S И SB - ГАЛАКТИК

Морф. тип центр. гал.	Одиночные	Двойные	$N \geq 2$
SB0	0	2 (10%)	18 (90%)
SBa-SBm	1 (4%)	4 (16)	20 (80)
S0	1 (2.5)	3 (7.5)	35 (90)
Sa-Sm	8 (9.5)	4 (5)	72 (86)

Число ярких SB-галактик, использованных в табл.5 равно 45, а S-галактик - 123. Из данных таблицы видно, что яркие SB-галактики чаще, чем S-галактики встречаются в парах и реже - одиночными.

6. *Заключение.* Основные результаты настоящего исследования сводятся к следующему:

- Перемычки встречаются у абсолютно ярких спиральных галактик. В слабых галактиках они или отсутствуют, или же настолько слабы, что не выявляются.
- В радиальном распределении S-галактик в скоплении Virgo наблюдаются пики повышенной плотности, тогда как распределение SB-галактик

довольно равномерное.

в) Несмотря на многочисленность E-галактик в скоплении Virgo, они оказываются первыми соседями SB-галактик не чаще, чем S-галактики. Слабые же SB-галактики более часто являются первыми соседями самих SB-галактик.

г) В скоплении Fornax наблюдается обратная, по сравнению с предыдущим пунктом, картина. Однако число галактик в этом случае мало.

д) В скоплении Virgo разница ΔB_1 между звездными величинами первого соседа и центральной яркой галактики типа SB, в среднем, увеличивается при уменьшении взаимного расстояния между ними. Для S-галактик такой зависимости не наблюдается. Отметим также, что, по всей вероятности, спутники SB-галактик в среднем являются сравнительно более яркими, чем спутники S-галактик.

е) Яркие SB-галактики чаще, чем S-галактики встречаются парами.

Бюраканская астрофизическая обсерватория,
Армения

ON THE DISTRIBUTION OF GALAXIES AROUND SB AND S SPIRALS IN THE VIRGO AND FORNAX CLUSTERS

A.T.KALLOGHLIAN, H.A.HAROUTUNIAN

A comparative statistics of the first neighbours of bright galaxies ($M_{B_1} \leq -17^m$) in the Virgo and Fornax clusters has been carried out. Some differences between the surroundings of bright SB- and S-galaxies have been revealed.

ЛИТЕРАТУРА

1. *R.Buta*, in "Barred Galaxies", eds. R.Buta, D.A.Crocker, B.G.Elmeegreen, ASP Conference Series, vol. 91, 1996.
2. *J.Kormendy*, *Astrophys. J.*, **257**, 75, 1982.
3. *J.D.Kenney*, *S.D.Lord*, *Astrophys.J.*, **381**, 118, 1992.
4. *R.C.Kennicutt*, *W.C.Keel*, *S.A.Blaha*, *Astron. J.*, **97**, 1022, 1989.
5. *F.Combes*, *B.G.Elmeegreen*, *Astron. Astrophys.*, **271**, 391, 1993.
6. *J.L.Sersic*, *M.Pastoriza*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **79**, 1952, 1967.
7. *P.Martin*, *J.-R. Roy*, *Astrophys. J.*, **424**, 599, 1994.
8. *J.-R.Roy*, in "Barred Galaxies", eds. R.Buta, D.A.Crocker, B.G.Elmeegreen, ASP Conference Series, vol. 91, 1996.
9. *A.Barth*, *L.C.Хо*, *A.V.Filipenko*, *V.Gorjian*, *M.A.Malkan*, *W.L.W.Sargent*, in "Barred Galaxies", eds. R.Buta, D.A.Crocker, B.G.Elmeegreen, ASP Conference Series, vol. 91, 1996.
10. *А.Т.Каллоглян*, *Р.А.Кандалян*, *Астрофизика*, **24**, 47, 1986.
11. *А.Т.Каллоглян*, *Астрофизика*, **38**, 630, 1995.
12. *B.Binggeli*, *A.Sandage*, *G.A.Tammann*, *Astron. J.*, **90**, 1681, 1985.
13. *H.C.Ferguson*, *Astron. J.*, **98**, 367, 1989.
14. *А.Т.Каллоглян*, *Астрофизика*, **7**, 189, 1971.