

УДК:524.77

СВЯЗЬ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК С ЯРКИМИ ГАЛАКТИКАМИ С ПЕРЕМЫЧКОЙ В СКОПЛЕНИИ VIRGO

А.Т.КАЛЛОГЛЯН

Поступила 15 мая 1995

На основании обширного наблюдательного материала статистически показано, что карликовые галактики более часто появляются вокруг галактик с перемычкой, чем вокруг нормальных спиральных галактик. При этом, чем больше в данной области спиральных галактик с перемычкой, тем больше там карликовых галактик.

1. *Введение.* Отождествление и морфологическая классификация карликовых галактик проводились в сравнительно близких скоплениях галактик, как скопления Virgo [1, 2], Coma [3], Fornax [4]. Установлено, что по своему пространственному распределению в проекции карликовые галактики повторяют распределение ярких галактик. Однако крупномасштабный характер распределения карликовых галактик оказывается разным для их разных типов. В частности, Ривсом [5] показано, что в скоплении Virgo ни один тип карликов не имеет столь широкое распределение, как нормальные спирали.

Бингелли и др. [6] обстоятельно изучили общее строение скопления Virgo как по распределению ярких, так и карликовых галактик. В этой работе, в частности, показано, что распределение карликовых эллиптических галактик типа dE похоже на распределение гигантских E+S0-галактик. При этом dE карлики с ядрышками также сильно сконцентрированы к центру скопления, как и яркие E и S0-галактики. Карлики более поздних типов показывают более широкое распределение, чем гиганты. Более того, Ривс [1] предполагает, что в скоплении Virgo нет карликовых спиральных и, возможно, карликовых иррегулярных галактик.

Иннанен и Вальтонен [7] считают, что карликовые галактики факти-

чески могут выжить в приливном отношении допустимых окрестностях больших, ярких галактик.

Томсон и Грегори [3] показали, что в скоплении Coma отношение числа карликовых галактик к ярким не выше, чем это наблюдается в скоплении Virgo и, следовательно, это отношение перестает увеличиваться с возрастанием богатства скопления.

При изучении взаимосвязи карликовых галактик с яркими спиральными галактиками спирали с перемычкой обычно рассматривались вместе с нормальными спиралями без перемычки. Однако еще в 1970г. автором этой статьи [8] было показано, что в скоплении Virgo карликовые галактики типа Скульптора более тесно связаны с галактиками с перемычкой, чем с нормальными спиралями, показывая в этом отношении сходство с эллиптическими галактиками. Тогда было известно лишь около 100 карликовых галактик типа Скульптора.

В настоящей работе, используя обширный каталог Бингелли, Сандейджа и Тамманна [2], исследуется вопрос о связи карликовых галактик низкой светимости в скоплении Virgo с SB-галактиками и S-галактиками отдельно. Мы не будем затрагивать вопрос связи карликовых галактик с яркими эллиптическими галактиками.

2. *Описание выборки и метода исследования.* Каталог Бингелли, Сандейджа и Тамманна (далее каталог BST) содержит 2096 объектов на общей площади 140 кв.градусов в области скопления Virgo [2]. Принадлежность галактики к скоплению устанавливалась путем применения разных критериев. В случае карликовых галактик низкой светимости, для которых радиальные скорости обычно неизвестны, основным критерием их принадлежности к скоплению являются морфологические особенности.

В результате установлено, что 1277 галактик, т.е. более 60% от общего числа объектов в Каталоге BST являются достоверными членами скопления, 574 - возможными членами, а 245 - галактиками общего поля. При этом почти нет галактик переднего фона.

Каталог BST включает все действительные и возможные члены скопления Virgo с $B_T \leq 18^m$, независимо от типа галактики. При модуле расстояния $m-M=31.7$, принятого в Каталоге, этой величине соответствует абсолютная звездная величина $M_{B_T} = -13.7$. В Каталоге имеются также объекты слабее 18^m , но только карликовые галактики типов dE и Im с поверхностной яркостью слабее, чем 25.5 звездной величины с кв.секунды

дути. Наиболее слабые объекты имеют примерно 20-ую звездную величину, соответствующую абсолютной звездной величине $M_{BT} = -11.7$.

В настоящей работе мы рассматриваем лишь галактики, как карликовые, так и яркие, являющиеся достоверными членами скопления, т.е. галактики, отмеченные в Каталоге буквой "м" (member).

Из Каталога BST были отобраны все спиральные галактики с $V_T \leq 14^m$, т.е. с абсолютной величиной $M_{BT} \leq -17.0$. Эти галактики впредь будем называть яркими галактиками. До указанного предела в Каталоге имеются 175 спиральных галактик - членов скопления. Из них 52 являются СВ-спиралями, остальные 123 - нормальными S-спиралями.

Распределение обоих типов ярких галактик по морфологическим подтипам приведено в табл. 1. Таблица состоит из двух частей - для СВ и S-галактик.

В первом столбце табл. 1 указаны морфологические подтипы. Во втором и четвертом приведены количества галактик соответствующих морфологических подтипов, а в третьем и пятом - процентное содержание галактик среди данного типа. В последней строке указаны суммарные данные.

Согласно данным табл. 1, яркие СВ-галактики составляют 30% от общего числа обоих типов спиралей, а S-галактики - 70%. В обоих

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКИХ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ

Морф. подтип	СВ-галактики		S-галактики	
	n_{SV}	n_{SV} (в %)	n_S	n_S (в %)
0	24	46.1	39	31.7
a	4	7.7	19	15.4
b	4	7.7	9	7.3
c	11	21.2	44	35.8
d	4	7.7	6	4.9
m	5	9.6	6	4.9
Сумма	52	100%	123	100%

распределениях имеются два хорошо выраженных пика - в случае S0-SB0 и Sc-SBc галактик.

В Каталоге BST карликовыми галактиками мы считаем объекты с абсолютными звездными величинами $M_r \geq -15$ или же с видимыми звездными величинами $B_r \geq 16.7$. Общее число таких галактик в Каталоге - достоверных членов скопления - 748, независимо от их морфологических типов.

Вокруг каждой из ярких спиральных галактик были описаны круги с радиусами в 200 кпк и 100 кпк. Внутри этих концентрических кругов были подсчитаны как карликовые, так и яркие галактики.

3. *Результаты.* Сравнение результатов подсчета с числом случайных совпадений осложняется тем, что круги часто перекрывают друг друга, из-за чего одна и та же галактика, как карликовая, так и яркая, фигурирует в подсчетах более чем один раз. Например, суммарное число карликовых галактик, подсчитанных во всех кругах с радиусом 200 кпк вдвое больше, чем число этих объектов в Каталоге BST. Поэтому вместо сравнения с числом случайных совпадений, мы решили провести лишь сравнение результатов подсчета карликовых галактик, приходящих на одну область вокруг ярких спиралей с перемычкой и нормальных спиральных галактик. При этом в случае ярких нормальных спиралей мы будем различать области без галактик с перемычкой от областей, куда попадают яркие галактики с перемычкой с $B_r \leq 14.7$.

Распределение рассмотренных областей по этим трем категориям следующее:

- 1) Число областей, в центре которых SB-галактика — 52,
- 2) Число S-областей, содержащих SB-галактики — 60,
- 3) Число S-областей, не содержащих SB-галактик — 63.

Количества этих областей близки друг другу и можно допустить, что фактор перекрытия областей почти одинаков.

В табл. 2 приводятся суммарные данные подсчетов и количество карликовых галактик, приходящих на одну область с радиусом 200 кпк и 100 кпк. В первом столбце таблицы указаны морфологические типы центральных галактик. При этом обозначения S^{+SB} и S^{-SB} означают, что области, где центральные галактики являются S-галактиками, соответственно содержат или не содержат галактики с перемычкой. Далее приводятся суммарное число карликовых галактик N_{dw} в областях с данным морфологическим типом центральных галактик, число областей n , и число

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДСЧЕТОВ

Морф. тип	R=200 кпк			R=100 кпк		
	N_{dw}	n_f	N_{dw}/n_f	N_{dw}	n_f	N_{dw}/n_f
SB0	237	24	9.9	62	24	2.6
S0 ^{+SB}	294	22	13.4	15	6	2.5
S0 ^{-SB}	121	17	7.1	102	33	3.1
SBa	84	4	21.0	23	4	5.8
Sa ^{+SB}	122	9	13.6	11	2	5.5
Sa ^{-SB}	57	10	5.7	29	17	1.7
SBb	47	4	11.8	15	4	3.8
Sb ^{+SB}	59	5	11.8	23	5	4.6
Sb ^{-SB}	31	4	7.8	6	4	1.5
SBc	53	11	4.8	17	11	1.5
Sc ^{+SB}	161	17	9.5	17	3	5.7
Sc ^{-SB}	143	27	5.3	54	41	1.3
SBd, SBm	55	9	6.1	14	9	1.6
(Sd,Sm) ^{+SB}	37	6	6.2	0	1	0
(Sd,Sm) ^{-SB}	19	6	3.2	13	11	1.2

карликовых галактик N_{dw}/n_f , приходящих на одну область. Все данные приведены для обоих значений радиусов.

Данные табл. 2 показывают, что отношение N_{dw}/n_f систематически меньше для тех областей, в которых нет галактик с перемичкой. Это имеет место в случае обоих радиусов. В подтипе "а" это различие доходит до 4-х раз, однако в этом случае число областей мало.

Приравнивая в табл. 2 числа областей в тройках к наибольшему из них и, соответственно, увеличивая число карликовых галактик, приходящих на одну область данного морфологического типа, мы вычислили уровень значимости отклонений результатов для S^{-SB}-областей от тех, в

которых имеются галактики с перемычкой. Он оказался равным 99%. Вторым следствием из данных табл. 2 является то, что число карликовых галактик, приходящих на одну область, заметно уменьшается, когда центральная галактика принадлежит к более позднему морфологическому типу. У подтипов "с" и позже это число в среднем уменьшается почти вдвое по сравнению с теми областями, где центральные яркие галактики более ранних типов.

Из факта преобладания карликовых галактик в областях с яркими галактиками с перемычкой возникает вопрос, не возрастает ли их количество в зависимости от числа SB-галактик в данной области. Чтобы выяснить это области с одинаковым числом SB-галактик были объединены для одного и того же морфологического подтипа центральной галактики.

Таблица 3

ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО ЧИСЛА КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК
ОТ ЧИСЛА ЯРКИХ SB-ГАЛАКТИК В ОБЛАСТИ ПО
МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ

"Крат- ность" SB-га- лактик	SB0	SBa,SBb	SBc	SBd,SB _m	S0	Sa,Sb	Sc	Sd,Sm
	$N_{SB}/n_j, n_j$	$N_{SB}/n_j, n_j$	$N_{SB}/n_j, n_j$	$N_{SB}/n_j, n_j$	$N_{SB}/n_j, n_j$	$N_{SB}/n_j, n_j$	$N_{SB}/n_j, n_j$	$N_{SB}/n_j, n_j$
0					7.9 17 ±1.3	7.2 14 0.9	5.3 27 0.8	3.2 6 1.4
1	8.416 ±1.3	4 2 2	4.8 6 1.7	3 3 2	8.4 13 2	8.8 9 1.2	7.9 16 1.2	6.2 6 3
2	9.7 6 ±3.5	4 2 1.5	5 4 0.7	3 4 0.5	17 7 2.4	30 1 -	-	-
3	22 2 ±9	24 3 7.5	4 1 -	17 2 4.5	25 1 -	13.7 3 5.8	-	-
4	-	-	-	-	40 1 -	31 1 -	35 1 -	-
5	-	42 1 -	-	-	-	-	-	-

В табл. 3 приводятся результаты подсчетов карликовых галактик как в S-областях, не содержащих SB-галактики, так и S- и SB-областях, содержащих одну или более галактик с перемычкой ярче 14.7 видимой звездной величины. В первом столбце таблицы указана "кратность" SB-галактик. В последующих столбцах приводится среднее число карликовых галактик в зависимости от "кратности" SB-галактик и от морфологического типа центральных ярких спиралей с соответствующими среднеквадратическими отклонениями от среднего. В столбцах n_j указаны числа областей, по которым проведено усреднение. С целью улучшения статистики некоторые подтипы объединены.

Данные табл. 3 показывают, что во многих случаях число карликовых галактик, приходящих на одну область сильно возрастает при увеличении количества SB-галактик в областях. Любопытно, что в этом отношении при наличии SB-галактик S-области выявляют особенности SB-областей. Исходя из этого, ради наглядного представления полученной закономерности, мы объединили данные S- и SB-областей, содержащих одинаковое число SB-галактик и подсчитали число карликовых галактик, приходящих на одну область. Результаты приведены в табл. 4, где представлены "кратность" SB-галактик, общее число карликовых галактик N_{dw} в n_j областях и число карликовых галактик, приходящих на одну область со среднеквадратическими отклонениями от среднего.

Таблица 4

КАРЛИКОВЫЕ ГАЛАКТИКИ И "КРАТНОСТЬ" SB-ГАЛАКТИК

"Кратность" SB-галактик	N_{dw}	n_j	N_{dw} / n_j	σ
0	397	61	6.2	± 0.54
1	528	74	7.4	± 0.63
2	248	24	10.3	± 1.86
3	221	12	18.4	± 3.2
4	106	3	35.3	± 2.6
5	42	1	42	-

Хотя число областей в последних двух строках мало, общая тенденция к увеличению числа карликовых галактик, приходящих на одну область с увеличением числа SB-галактик в исследуемых областях, не вызывает сомнения. Области с 4-5 SB-галактиками содержат 6-7 раз больше карликовых галактик, чем те, в которых нет галактик с перемычкой.

4. *Заключение.* Результаты настоящего исследования показывают, что карликовые галактики низкой светимости более часто появляются в областях, где имеются яркие галактики с перемычкой, чем в областях, где этих типов галактик нет. При этом, чем больше ярких SB-галактик в данной области, тем в среднем больше число карликовых галактик. Эти результаты, безусловно, свидетельствуют о тесной связи карликовых галактик с яркими галактиками с перемычкой.

Обычно считается, что выявление характера распределения карликовых галактик относительно ярких галактик поможет пониманию вопросов происхождения галактик и процессов звездообразования, а также выбору моделей происхождения галактик. В нашем случае можно полагать, что высокая частота встречаемости карликовых галактик около SB-галактик связана с наличием бара у этих галактик. Присутствие бара в спиральных галактиках часто приводит к внутренним специфическим особенностям SB-галактик, отличающимся от нормальных спиралей, а именно, более активный характер ядер, более частая локализация радиоизлучения в ядерных областях [9]. Недавно в [10] Мартином и Джин-Рене Роем было показано, что SB-галактики отличаются от нормальных спиралей по градиенту отношения O/H. Авторы считают, что полученные ими результаты находятся в соответствии с моделями о радиальных истечениях вещества.

Амбарцумян [11] выдвинул предположение о возможном, за время эволюции галактики, выбросе вещества перемычки из ядра соответствующей галактики. При допущении такого предположения можно полагать, что по крайней мере часть карликовых галактик образуется в результате взрывных процессов, происходящих в ядрах SB-галактик.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория, Армения

THE CONNECTION OF DWARF GALAXIES WITH
BARRED SPIRALS IN VIRGO CLUSTER

A.T.KALLOGHLIAN

By using extensive observational data it has been statistically shown that in Virgo cluster the dwarf galaxies appear more oftenly around barred than around normal spiral galaxies. As many barreds in the given field as consequently many dwarfs are observed there.

ЛИТЕРАТУРА

1. *G.Reaves*, *Astrophys. J. Suppl.*, **53**, 375, 1983.
2. *B.Binggelli, A.Sandage, G.A.Tammann*, *Astron. J.*, **90**, 1681, 1985.
3. *L.A.Thompson, S.A.Gregory*, *Astron. J.*, **106**, 2197, 1993.
4. *N.Caldwell*, *Astron. J.*, **94**, 1116, 1987.
5. *G.Reaves*, *Pub.A.S.P.*, **89**, 620, 1977.
6. *B.Binggelli, G.A.Tammann, A.Sandage*, *Astron. J.*, **94**, 251, 1987.
7. *K.A.Innanen, M.J.Valtonen*, *Astrophys. J.*, **214**, 692, 1977.
8. *А.Т.Каллоглян*, *Астрофизика*, **6**, 683, 1970.
9. *А.Т.Каллоглян, Р.А.Кандалян*, *Астрофизика*, **24**, 47, 1986.
10. *P.Martin, Roy Jean-Rene*, *Astrophys. J.*, **424**, 599, 1994.
11. *V.A.Ambartsumian*, *The Structure and Evolution of Galaxies*, Interscience Publishers, London-New York-Sydney, 1965, p.1.