АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 3 НОЯБРЬ, 1967 ВЫПУСК 4

КАРЛИКИ ТИПА СКУЛЬПТОРА В СКОПЛЕНИЯХ ГАЛАКТИК

В. Е. КАРАЧЕНЦЕВА

Поступила 3 апреля 1967
Исправлена 19 сентября 1967

На основании данных каталога [1] рассмотрены распределения карликовых галактик типа Скульптора в близких скоплениях. Получены некоторые средние характеристики распределений. Отмечена связь галактик типа Скульптора с нормальными эллиптическими галактиками. Построены функции диаметров галактик типа Скульптора в скоплениях.

В предыдущей работе [1] были приведены результаты поисков карликовых галактик типа Скульптора на картах Паломарского атласа (область $\delta > -27°$). Сравнение распределений 241 карликовой галактики типа Скульптора и нормальных галактик с $m_{pg} \leqslant 12^m.0$ дало возможность утверждать, что в большинстве своем ($\sim 80\,\%$) галактики типа Скульптора находятся в скоплениях нормальных галактик Virgo, Virgo S, UMa. и в поясе Pisces, Cetus, Fornax. Настоящая работа посвящена анализу распределения карликов типа Скульптора в этих скоплениях и связи их с нормальными галактиками.

Исходным материалом служили диаграммы (отдельно для каждого скопления, на которые в координатах α, δ были нанесены галактики ярче $13^m.0$ из каталога [2] и карлики типа Скульптора из списка [1]. Поскольку у карликов типа Скульптора, в отличие от ярких галактик, нет измеренных лучевых скоростей, искать связь между индивидуальными карликовыми и яркими галактиками было невозможно. Поэтому наиболее удобным явился статистический подход, позволивший выявить общие особенности распределения.

Приводим основные результаты по отдельным скоплениям.*

1. *Южная протяженность* Virgo ($\alpha: 12^h - 14^h$, $\delta: 0^c - -27°$). На площади, занимаемой скоплением, отмечено 58 ярких галактик с $m_{pg} \leqslant 13^m.0$ (17 E, 41 S + Irr) и 25 карликовых галактик типа Скульптора. Вокруг каждой галактики типа Скульптора проводилась окружность радиусом $R = 200$ *кпс* (здесь и далее принято значение параметра Хаббла $H = 75$ *км·сек*$^{-1}$·*мпс*$^{-1}$. Для выявления связи карликовых галактик с яркими делались подсчеты ярких галактик, попавших в данные окружности. В предположении случайного взаимного распределения вычислялось математическое ожидание числа ярких галактик в окружностях радиуса R вокруг галактик типа Скульптора: М.О. $= sN_1/\Sigma$, где s — суммарная площадь кружков около галактик типа Скульптора, Σ — площадь скопления, N_1 — количество ярких галактик в скоплении. Затем М.О. сравнивалось с наблюдаемым числом ярких галактик в окружностях n (табл. 1). Как видно из таблицы, превышение наблюдаемого числа галактик над ожидаемым велико, следовательно, существенная часть галактик типа Скульптора ассоциируется с яркими. Величина этого превышения и у эллиптических галактик, и у спиральных примерно одинакова.

Таблица 1

Тип	М. О.	n	n/М. О.
E	0.9	3	3.4
S+Irr	2.0	7	3.4
Все галактики	2.9	10	3.4

На рис. 1 приведено распределение галактик типа Скульптора по угловым диаметрам. Если бы пространственное распределение их в этой области было однородным (а не связанным со скоплением), то логарифм числа галактик с диаметрами больше данного d представлялся прямой $\lg N = -3 \lg d + C$ (пунктирная линия на рисунке). Однако видно, что наблюдаемое распределение существенно отличается от однородного. Следовательно карлики типа Скульптора в Virgo S.

* Средние лучевые скорости в скоплениях: $\overline{V}_{\text{Virgo}} = +1182$ *км/сек* (по 90 членам), $\overline{V}_{\text{Virgo S}} = +1175$ *км/сек* (по 12 членам), $\overline{V}_{\text{UMa}} = +1018$ *км/сек* (по 50 членам), то есть скопления находятся на примерно одинаковом расстоянии ~15 *мпс*, что позволяет делать сравнительный анализ.

образуют физическую систему, и зависимость $\lg N(d)$ дает представление о функции линейных диаметров карликовых галактик в этой системе.

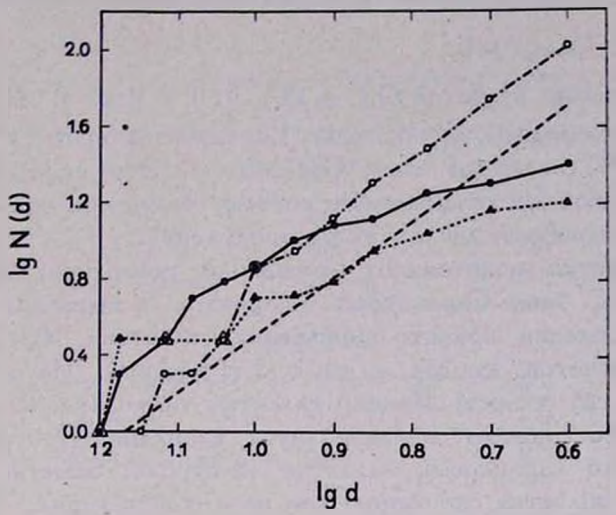

Рис. 1. Распределение галактик типа Скульптора по угловым диаметрам ● — в скоплении Virgo S, ▲ — в UMa, ○ — в Virgo. Здесь и на остальных рисунках диаметры выражены в единицах 0.1 *мм*. (1 *мм* = 1.12).

2. *Скопление* UMa ($\alpha: 11^h - 13^h30^m$, $\delta: +25° - +60°$). На площади, занимаемой скоплением, отмечено 113 галактик ярче $13^m.0$ (22 E, 91 S + Irr) и всего 16 карликовых типа Скульптора. Так же, как и в случае скопления Virgo S, делались подсчеты ярких галактик, попавших в окружности радиуса $R = 200$ *кпс* около карликовых галактик.

Таблица 2

Тип	М. О.	n	n/М. О.
E	0.9	3	3.4
S+Irr	3.6	7	1.9
Все галактики	4.5	10	2.2

Результаты приведены в табл. 2. Здесь тоже заметно превышение наблюдаемого числа галактик над ожидаемым. Наибольшее превышение приходится на эллиптические галактики. Возможно, это обусловлено предпочтительной связью карликов типа Скульптора именно с

данным типом ярких галактик. Интересно, что относительное число карликовых галактик в UMa втрое меньше, чем в Virgo S.

Распределение карликовых галактик по $\lg d$ дается на рис. 1. Оно отличается от однородного (пунктир) и похоже на распределение в Virgo S.

3. *Скопление* Virgo ($\alpha: 12^h - 13^h$, $\delta: 0° - +25°$). На площади, занимаемой скоплением, расположено 126 галактик ярче $13^m.0$ (40 E, 86 S + Irr) и 104 галактики типа Скульптора. Это скопление — самое богатое карликовыми галактиками, поэтому оказалось возможным сделать более подробный анализ их распределения.

Наблюдается монотонное уменьшение поверхностной плотности числа галактик типа Скульптора от центра к периферии скопления (за центр скопления принято положение галактики NGC 4486). Результаты подсчетов даются в табл. 3 (1 строка). Из этой же таблицы видно, что средний диаметр галактик типа Скульптора остается практически постоянным вдоль радиуса скопления (2 строка). Относительная доля карликовых галактик (3 строка) заметно больше в центральных областях скопления, чем на его периферии.

Таблица 3

Параметр \ R кольца	0°—2°	2°—4°	4°—6°	6°—7°	Южная периферия	Северная периферия
Число галактик типа Скульптора на кв. градус	1.80	0.99	0.45	0.10	0.09	0.02
Средний диаметр галактик типа Скульптора в *мм*.	0.60	0.52	0.50	0.62	0.48	0.75
% содержание галактик типа Скульптора	20%	38%	27%	4%	10%	2%

Около каждой галактики типа Скульптора описывались концентрические окружности радиуса $R_1 = 200$ *кпс* и $R_2 = 100$ *кпс*. Как и в предыдущих случаях, вычислялось математическое ожидание попадания ярких галактик в окружности R_1, R_2. Результаты сравнения М. О. с наблюдаемым числом ярких галактик даны в табл. 4. Превышение наблюдаемого числа над ожидаемым особенно заметно для эллиптических галактик, что подтверждает высказанное в [3] предположение о более тесной связи карликовых галактик типа Скульптора с эллиптическими галактиками, чем со спиральными.

Заметим, что относительное число карликовых галактик в Virgo превосходит таковое в скоплениях Virgo S и UMa, соответственно, в 2 и 6 раз. Следовательно, степень богатства скоплений карликами типа Скульптора существенно меняется от скопления к скоплению.

Таблица 4

Тип	М. О.	n	n/М. О.
$R_1 = 200$ *кпс*			
E	18	70	3.9
S+Irr	40	101	2.5
Все галактики	58	171	3.0
$R_2 = 100$ *кпс*			
E	7	30	4.3
S+Irr	15	26	1.7
Все галактики	22	56	2.5

Функция логарифмов диаметров галактик типа Скульптора в Virgo приведена на рис 1.

Известно, что де Вокулер [4] считает скопление Virgo состоящим из проектирующихся друг на друга подскоплений эллиптических и спиральных галактик со средними лучевыми скоростями соответственно (935 ± 70) *км/сек* и (1405 ± 166) *км/сек*. Одну из проверок этого утверждения может дать анализ распределения галактик типа Скульптора по диаметрам в выделенных де Вокулером областях. С этой целью в области радиусом $R = 6°$ и центром в NGC 4486 (что почти точно совпадает с областью де Вокулера) отдельно подсчитывались диаметры галактик типа Скульптора, расположенных вблизи эллиптических и спиральных галактик. Отбирались только те случаи, когда расстояние от карлика до данной яркой галактики было по крайней мере в три раза меньше, чем до любой другой яркой галактики.

Средний диаметр галактик типа Скульптора, расположенных вблизи спиральных галактик $\bar{d}_{\text{ск(S)}}$, оказался равным 0.55 *мм* со средним квадратичным отклонением среднего $\sigma = 0.05$ *мм*. Если бы существовало два комплекса ярких галактик, с лучевыми скоростями, отличающимися примерно в 1.5 раза, то диаметры карликов типа Скульптора, расположенных в подскоплении эллиптических галактик, были бы в среднем в 1.5 раза больше, чем у карликов в подскоплении спираль-

ных галактик ($\overline{d}_{ск(E)} = 0.83$ *мм*). Однако для совокупности карликов типа Скульптора вблизи эллиптических галактик мы получили средний диаметр $\overline{d}_{ск(E)} = 0.59$ *мм* с $\sigma = 0.05$ *мм*, что практически совпадает со значением $\overline{d}_{ск(S)}$. Наблюдаемое различие $\overline{d}_{ск(E)} - \overline{d}_{ск(S)} = 0.04$ *мм* при ожидаемом $\overline{d}_{ск(E)} - \overline{d}_{ск(S)} = 0.24$ *мм* и указанном σ могло бы случайно реализоваться лишь с вероятностью $7 \cdot 10^{-4}$. Следовательно, гипотеза существования в Virgo отдельных E и S подскоплений с этой точки зрения маловероятна.

На рис. 2 приведено суммарное распределение галактик типа Скульптора по диаметрам для скоплений Virgo S, UMa, Virgo. Распределение показывает превышение над однородным (пунктир) в области больших значений диаметров.

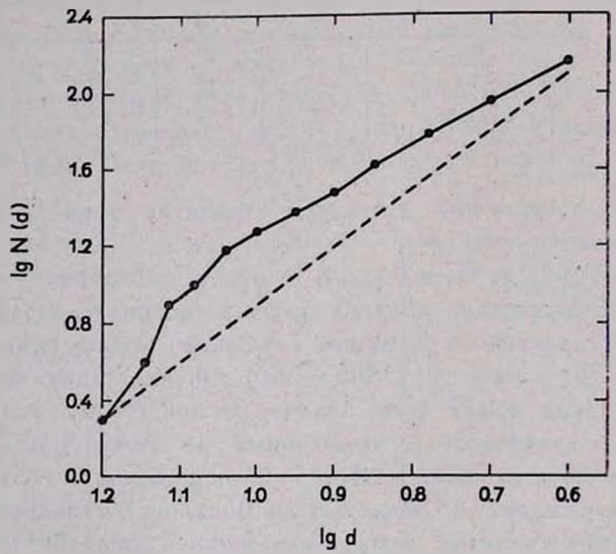

Рис. 2. Суммарное распределение галактик типа Скульптора по угловым диаметрам в скоплениях Virgo S, UMa, Virgo.

4. *Пояс* Pisces, Cetus, Fornax ($\alpha: 0^h - 4^h$, $\delta: -27° - +30°$). Как и рассмотренные выше скопления, пояс расположен в области экватора Сверхгалактики де Вокулера. В этой области отмечено 98 ярких галактик с $m_{pg} \leqslant 13^m.0$ (24 E, 74 S + Irr) и 42 карлика типа Скульптора. Результаты подсчетов ярких галактик в окружностях $R = 1°$ около карликовых содержатся в табл. 5. Как и в случае скоплений UMa и Virgo, заметна более выраженная связь карликовых галактик типа Скульптора с яркими эллиптическими.

На рис. 3 приведена функция диаметров для галактик типа Скульптора. Близость распределения к однородному вероятно объясняется тем, что в данной области мы наблюдаем карлики, принадле-

Таблица 5

Тип	М. О.	n	n/М. О.
E	0.7	9	12.5
S+Irr	2.2	16	7.2
Все галактики	2.9	25	8.6

жащие нескольким системам ярких галактик (группа NGC 1068, северная часть скопления Fornax и др.), расположенных на различных расстояниях.

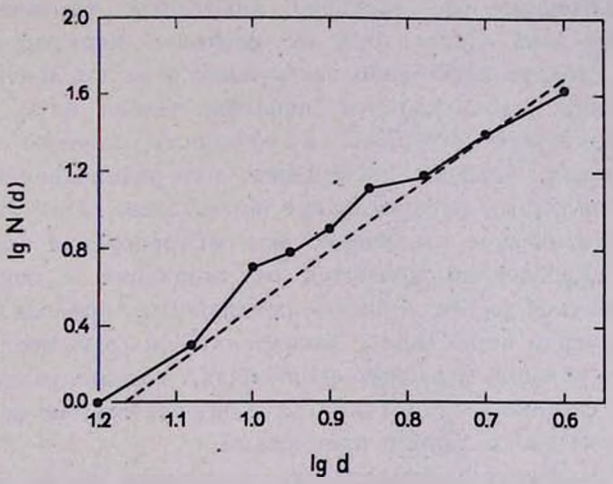

Рис. 3. Распределение галактик типа Скульптора по угловым диаметрам в поясе галактик Pisces, Cetus, Fornax.

Подводя итоги, отметим следующее.

а. Совпадение общих картин распределения карликовых галактик типа Скульптора и нормальных галактик не вызывает сомнения [1]. Однако возникает вопрос, является ли это выражением индивидуальной связи карликовых галактик с нормальными или же следствием регулярного распределения обеих подсистем в совместном гравитационном поле. Статистический анализ взаимного распределения карликов типа Скульптора и ярких галактик показывает, что примерно $(54 \pm 27)\,\%$ всех галактик типа Скульптора в изученных скоплениях ассоциируется с нормальными галактиками ярче $13^{m}.0$. Приведенные данные позволяют заключить также, что галактики типа Скульптора

чаще встречаются вблизи нормальных эллиптических, чем нормальных спиральных галактик. Интересно, что в работе ван ден Берга [5] обнаружена связь карликов поздних типов (S и Irr) с нормальными спиральными галактиками. Следовательно, намечается более тесная связь карликовых и нормальных галактик, обладающих сходным типом звездного населения.

б. Среднее число систем типа Скульптора с линейными диаметрами $D \geqslant 2.0$ *кпс*, располагающихся в круге радиуса 200 *кпс* около нормальной галактики, колеблется от 0.1 в скоплении UMa до 1.2 в Virgo. Известно, что у нашей Галактики имеется 6 карликовых спутников этого типа с $D \geqslant 2.0$ *кпс* и расстоянием менее 200 *кпс*. Следовательно, наша Галактика относительно богата спутниками типа Скульптора.

в. В скоплении Virgo замечено монотонное убывание плотности числа галактик типа Скульптора от центра к периферии. В остальных случаях сделать какое-либо заключение о распределении галактик типа Скульптора вдоль радиуса скопления нельзя из-за недостаточного статистического материала и трудности точного определения центра скопления. Однако несомненно, что распределение их в общих чертах повторяет распределение нормальных галактик.

г. Стастатические характеристики распределения галактик типа Скульптора существенно меняются от скопления к скоплению. Это может объясняться рядом причин: различием в преобладающем морфологическом типе нормального населения скоплений, неодинаковостью динамических условий в разных скоплениях, или же различной активностью ядер гигантских галактик, если происхождение карликов типа Скульптора связано с такими процессами.

Автор выражает благодарность академику В. А. Амбарцумяну за обсуждение результатов работы и полезные советы.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SCULPTOR-TYPE DWARFS IN THE CLUSTERS OF GALAXIES

V. E. KARACHENTSEVA

Using the data of catalogue [1], the distributions of Sculptor-type dwarfs in the near clusters of galaxies are considered. Some average characteristics of the distributions are obtained. The connection of Sculptor-type galaxies with the normal elliptical galaxies are given.

The functions of diameters of Sculptor-type galaxies in the clusters are compiled.

ЛИТЕРАТУРА

1. *В. Е. Караченцева*, Сообщ. Бюр. обс., 39, 78, 1967.
2. *A. de Vaucouleurs, G. de Vaucouleurs*, Reference Catalogue of Bright Galaxies, The University of Texas Press, 1964.
3. *И. Д. Караченцев*, Астрофизика, 1, 203, 1965.
4. *G. de Vaucouleurs*, Ap. J., Suppl. ser., 56, VI, 213, 1961.
5. *S. van den Bergh*, A. J., 71, 922, 1966.