АСТРОФИЗИКА

ТОМ 27 ОКТЯБРЬ, 1987 ВЫПУСК 2

УДК: 524.7:520.82

ФОТОМЕТРИЯ ГАЛАКТИК В КОМПАКТНЫХ ГРУППАХ

Н. А. ТИХОНОВ

Поступила 12 мая 1987
Принята к печати 20 июля 1987

Представлены результаты фотографической фотометрии галактик в компактных группах. Функция светимости галактик исследованных групп подобна функции светимости галактик поля, рассеянных групп и скоплений. Из 54 групп только в одной группе наблюдаются признаки поглощения галактик.

1. *Для изучения морфологии* компактных групп галактик на 6-м телескопе БТА САО АН СССР были получены снимки 54 групп галактик из списка Хиксона [1]. Снимки, полученные в основном на эмульсиях IIa-O и 103a-O, после изучения морфологии групп были использованы для фотометрии галактик. Применение двухлинзового корректора с линзой поля делало фотометрическую систему снимков близкой к системе *B*.

Измерения интегрального блеска галактик проводились на автоматическом микроденситометре АМД-1 с использованием программы фотометрии объектов [2]. Прямоугольный участок, внутри которого расположена галактика, подвергался сплошному сканированию с квадратной диафрагмой размером 40 мкм (0.″34) и шагом сканирования 40 мкм. Фон неба измерялся вокруг галактики по периметру, если галактика имела малые размеры, или в нескольких заранее выбранных точках, если галактика имела размеры более 1.′0.

Во время сканирования изображения все измеряемые плотности переводились в освещенности при помощи характеристической кривой, вводимой в ЭВМ. После вычитания фона неба и суммирования, получаемые освещенности преобразовывались в звездные величины. Таким путем были получены интегральные фотометрические величины всех исследуемых галактик при произвольном нуль-пункте шкалы звездных величин.

При использовании микроденситометра АМД-1 возможны ошибки фотометрии из-за рассеянного света в микроденситометре, дрейфа нуль-пункта шкалы, неравномерности деления плотностей и по некоторым другим причинам. Более подробно фотометрия на АМД-1 пластинок БТА и ошибки фотометрии рассмотрены в работе [3].

Кратко можно указать, что большой масштаб снимков БТА позволяет избежать больших градиентов плотности изображения галактик и существенно уменьшить ошибку фотометрии из-за рассеянного света микроденситометра. Дрейф нуль-пункта микроденситометра контролировался измерением одного и того же участка фона на снимке. Общая ошибка фотометрии, возникающая из-за технических особенностей АМД-1, не превосходит $0^m.1$. Контроль точности фотометрии по галактикам скопления А 1377 показал, что среднеквадратичная ошибка измерений восьми галактик $\sigma = \pm 0^m.07$. Применяемый метод фотометрии дает фотометрические величины, весьма близкие к B_T-величинам Вокулера [4]. Некоторая трудность состоит в определении размеров площадки сканирования. Ее всегда приходится брать «с запасом», чтобы избежать обрезания изображения галактики. Лишняя площадь фона уменьшает получаемое отношение сигнал/шум для галактики, но любой другой способ выбора площади сканирования создает дополнительные трудности и не гарантирует полного захвата всей площади галактики.

Ни на одном снимке групп галактик нет фотометрических стандартов, и возникает сложность определения нуль-пункта шкалы фотографических величин АМД-1.

Для нескольких групп имеются фотоэлектрические B-измерения галактик с различными диафрагмами [5], но этого совершенно недостаточно для всех снимков, которые получались в разные времена на разных эмульсиях и при разных режимах очувствления фотоэмульсий.

Для единообразия фотометрии за основу были взяты измерения блеска галактик, выполненные Цвикки [6]. Почти во всех группах, для которых известны лучевые скорости, есть измерения Цвикки одной-двух галактик или всей группы как единой сложной системы.

Известно, что измерения блеска галактик у Цвикки подвержены ошибкам, и много работ выполнено для исследования этих ошибок и преобразования величин Цвикки в полные B_T-величины. Особенно велика разность $m_{zw} - B_T$ из-за различий в поверхностных яркостях галактик. Дисперсия этой разности минимальна у E и S0 галактик, которые и выбирались для определения нуль-пункта шкалы снимков БТА.

В некоторых группах отсутствуют E и S0 галактики с измерениями Цвикки. В таких случаях привязка нуль-пункта выполнялась по измерениям других снимков, сделанных в ту же ночь, на той же эмульсии и проявленных вместе. Для выбранных галактик величины Цвикки (m_{zw}) преобразовывались в B_T-величины по формуле из работы [7].

Таким образом, получая на основе измерений Цвикки привязку нуль-пункта к шкале величин B_T и используя относительную фотометрию на АМД-1, можно найти B_T-величины всех галактик снимка.

Ошибка получаемого нуль-пункта шкалы вычислялась на основе результатов по группам, где есть несколько галактик с известными величинами Цвикки. В таких случаях за нуль-пункт принималось среднее значение постоянной, получаемое усреднением постоянных по отдельным галактикам группы. Ошибка такого среднего по 42 галактикам равна 0^m1. Независимая проверка точности нуль-пункта делалась по галактикам с известными фотоэлектрическими UBV-измерениями из работы [5]. Сравнение двух методов показало среднюю разность $\Delta m = 0^m2$, но статистика очень небольшая (3 группы).

2. *Общие результаты фотометрии* галактик в компактных группах представлены в табл. 1. При вычислении абсолютных величин галактик постоянная Хаббла принималась $H = 75$ км/с Мпк. В таблице приведены измерения галактик тех групп, для которых известны лучевые скорости [9]. Если в группе только одна галактика имеет лучевую скорость, то предполагается, что остальные члены группы находятся на таком же расстоянии.

В столбцах таблицы указаны: 1—номер группы, 2—номер галактики в группе, 3—тип галактики по Хабблу на основе изучения пластинок БТА, 4—полные B_T-величины по измерениям на АМД, 5—абсолютные величины без каких-либо поправок, 6—абсолютные величины с поправками за поглощение света в нашей Галактике, внутри исследуемой галактики и с поправкой за красное смещение [8].

Из табл. 1 видно, что в группах 10, 38, 56, 72, 99 вторая галактика ярче первой, и в некоторых случаях ее доминирующее положение бесспорно. Например, в группе 56 центром, конечно, является яркая сейфертовская галактика № 2 по Хиксону. Аналогичное положение и в группе 38.

На основе табл. 1 построено распределение светимостей галактик. На рис. 1 представлено общее распределение всех галактик и ярчайших галактик в группах, на рис. 2—распределение спиральных галактик, а на рис. 3—распределение линзовидных и эллиптических галактик. Поскольку Хиксон использовал при выборке групп критерий, по которому весь интервал звездных величин галактик $\Delta M \leqslant 3^m$ для любой отдельной группы, то слабых галактик в распределении должно быть очень мало. Большая часть ярчайших галактик (рис. 1) имеет $-20^m5 \geqslant M \geqslant -22^m$, значит резкое падение численности галактик на рис. 1 должно наблюдаться от -18^m до -19^m. Здесь действительно наблюдается резкое падение от 19 до 0 галактик на интервал 0^m5. Таким образом, падение численности галактик за пределом -19^m легко объяснить эффектом выборки. Средние яркости спиральных и эллиптических галактик почти одинаковы. Среди

Таблица 1

СВОДКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Группа	Галактика	Тип	B_1	$-M_B$	$-M_B^0$
1	2	3	4	5	6
2	1	SBc	14.18	19.76	20.33
	2	Sa(p)	14.76	19.18	19.62
	3	Sb(p)	15.19	18.75	19.20
	4	SBb	16.93	17.01	17.49
5	1	Sb(R)	14.61	21.51	21.90
	2	E	16.09	20.03	20.46
	3	S0/E	16.91	19.21	19.64
	4	Sb	17.52	18.60	19.13
7	1	Sb	13.50	20.31	20.88
	2	S0/E	13.70	20.11	20.39
	3	SBc	13.55	20.26	20.61
	4	SBb	14.70	19.11	19.44
8	1	S0 (p)	15.42	21.26	21.85
	2	S0	16.02	20.66	21.26
	3	S0/E	15.91	20.77	21.39
	4	E	15.82	20.86	21.42
10	1	Sc(R)	13.14	21.03	21.81
	2	E	12.64	21.53	22.04
	3	SBb	14.15	20.02	20.85
	4	Sb	14.98	19.19	20.19
15	1	Sa	14.38	20.53	21.45
	2	E	14.27	20.64	21.30
	3	E	14.27	20.64	21.30
	5	E/S0	14.50	20.41	21.07
25	1	Sc	14.38	20.31	20.89
	2	Sa	14.51	20.18	20.86
	4	S0	15.89	18.80	19.36
	6	E	16.40	18.29	18.67
34	1	E	14.59	20.83	21.55
	2	Irr	16.91	18.51	19.55
	3	SBb	16.63	18.79	19.83
	4	E	17.78	17.64	18.36

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
35	1	Sa	16.13	20.54	21.46
	2	E/S0	15.73	20.94	21.50
	3	E	16.25	20.42	20.98
	4	Sab	16.77	19.90	20.82
	5	E	17.70	18.97	19.53
	6	E	18.45	18.22	18.79
	7	E	16.21	20.46	21.03
	8	Sc(R)	16.12	20.55	20.94
	9	S0	16.24	20.43	21.08
38	1	Sb(p)	15.11	20.12	20.96
	2	SBb	14.06	21.17	21.55
	3	Sa	15.24	19.99	20.40
41	1	Sa/S0	14.42	19.07	19.80
	2	Sb	15.46	18.03	18.75
	3	Irr	16.00	17.49	18.02
	4	E	17.49	16.00	16.31
	5	E	17.20	16.29	16.60
43	1	Sa	15.07	20.49	21.22
	2	SBb	14.87	20.69	21.54
	3	S0	15.55	20.01	20.64
	4	Irr	16.73	18.83	19.15
	5	E/S0	17.47	18.09	18.53
46	1	S0	16.13	18.99	19.42
	2	Sa	15.98	19.14	19.57
	3	E	15.93	19.19	19.56
	4	SBa	16.24	18.88	19.43
49	1	Sa	16.26	19.39	19.98
	2	Sb	16.95	18.70	19.44
	3	Irr	17.78	17.87	18.17
	4	Sa	17.37	18.28	18.77
51	1	E	14.92	20.23	20.56
	2	SBc	15.66	19.49	19.97
	3	Sa	15.10	20.05	20.60
	4	S0	16.45	18.70	19.03
	5	E	16.06	19.09	19.42
	6	Sa/S0	16.18	18.99	19.64

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
56	1	Sb	16.58	18.56	19.45
	2	Sa	14.80	20.34	21.01
	3	S0	15.64	19.50	19.89
	4	Sa/S0	16.75	18.39	18.84
	5	S0	16.23	18.91	19.30
57	1	Sa(p)	14.58	20.83	21.60
	2	SBb	14.79	20.62	21.17
	3	E	15.27	20.14	20.49
	4	Sb(p)	15.72	19.69	20.06
	5	Sa/S0	15.89	19.52	20.01
	6	E/S0	15.91	19.50	19.90
	7	S0	15.95	19.46	19.91
	8	SBb	17.36	18.05	18.44
58	1	Sb	13.66	20.99	21.32
	2	SBb	13.55	20.99	21.30
	3	SBa(R)	14.08	20.46	20.81
	4	E	14.69	19.85	20.16
	5	Sc	14.93	19.61	19.97
61	1	S0	12.94	20.64	21.04
	3	Sb	14.00	19.58	20.29
	4	Sa/S0	14.19	19.39	19.91
68	1	Sa	12.05	20.41	20.85
	2	E(p)	12.45	20.01	20.26
	3	SBc	12.20	20.26	20.62
	4	E/S0	13.90	18.56	18.87
	5	Sa/S0	14.50	17.96	18.51
70	1	Sa	15.06	20.41	21.25
	2	Sa	14.93	20.28	21.04
	3	Sbc	16.26	18.95	19.90
	4	Sb(p)	16.06	20.97	21.47
	5	SBb(p)	15.77	21.26	21.62
	6	SBa(R)	16.82	20.21	20.76
	7	Sa(R)	16.10	20.93	21.40

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
72	1	S0/Sa	16.18	19.97	20.59
	2	S0/Sa	16.11	20.04	20.71
	3	S0	16.01	20.14	20.60
	4	S0	16.54	19.61	20.17
	5	Sa(R)	17.22	18.93	19.30
73	1	Sc	14.10	20.33	20.64
	2	Sa(p)	15.89	18.54	18.90
	3	S0	17.36	17.07	17.47
	4	Sab	17.77	16.66	17.02
	5	Irr	17.84	16.59	17.03
75	1	E	15.70	20.44	20.87
	2	Sb	16.20	19.94	20.74
	3	S0	17.05	19.09	19.58
	4	Irr	17.01	19.13	19.72
	5	Sa/S0	17.08	19.06	19.68
	6	E	17.45	18.69	19.12
88	1	Sb	13.76	20.77	21.50
	2	Sb(R)	13.92	20.61	21.27
	3	Sc	14.28	20.25	20.68
	4	Sb	15.25	19.28	20.35
93	1	S0	13.47	20.73	21.13
	2	Sc(p)	13.84	20.36	21.20
	3	Sb	14.65	19.55	20.09
	4	Sa/S0	15.62	18.58	19.02
95	1	E	15.24	20.80	21.26
	2	Sa(p)	15.56	20.48	21.04
	3	Sc(p)	15.81	20.23	20.85
	4	Sbc	16.57	19.47	20.48
96	1	Sbc	13.59	21.78	22.11
	2	E	14.64	20.73	21.13
	3	Sa	15.80	19.57	20.12
	4	Irr	16.54	18.83	19.43
97	1	S0	14.05	20.73	21.08
	2	Sc	15.58	19.20	20.17
	3	Sa	15.05	19.73	20.11
	4	E	14.87	19.91	20.24
	5	E	16.60	18.18	18.51

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6
98	1	Sa/S0	14.14	21.02	21.60
	2	S0	14.95	20.21	20.67
	3	E	16.25	18.91	19.26
	4	Sa	16.79	18.37	18.73
99	1	SBb	14.72	20.69	21.48
	2	E/S0	14.27	21.14	21.64
	3	SBa(R)	15.41	19.99	20.59
	4	S0	16.82	18.59	19.18
100	1	Sa	13.92	20.41	21.01
	2	Irr	15,11	19.22	19.63
	3	Sb	15.78	18.55	19.17
	4	Sb	16.40	17.93	18.75

ярчайших галактик спиральные составляют почти 70%, что с одной стороны не подтверждает данные Хиксона о 50% спиральных галактик среди ярчайших, а с другой стороны косвенно указывает на отсутствие или малочисленность процессов поглощения галактик друг другом, так как результатом такого поглощения должна явиться эллиптическая галактика.

Из распределения размеров компактных групп по работе [9] видно, что значительная часть групп имеет размеры 80—100 кпк, а населенность таких групп 4—5 членов. Примерная стабильность этих параметров у разных групп упрощает построение функции светимости. Таким образом, будем считать, что все группы одинаковы по размерам и населенности. Нормировку функции светимости проведем только на интервале от -19^m до $-22^m.5$, так как данные для более слабых галактик не имеют смысла.

Шехтер представил аналитическое выражение функции светимости, которое при изменении параметров хорошо описывает функции светимостей от галактик поля до скоплений [10]:

$$\varphi(L)\,dL = \varphi^*\,(L/L^*)^{\alpha}\exp(-L/L^*)\,d(L/L^*).$$

Фелтен [11] предложил перевести аналитическое выражение в более удобную для использования форму:

$$\Phi(M)\,dM = 0.4\,\Phi^*\ln 10\,[\mathrm{dex}\,0.4\,(M^* - M)]^{\alpha+1}\exp[-\mathrm{dex}\,0.4\,(M^* - M)]\,dM,$$

где Φ^*, α, M^* — изменяемые параметры, нормирующие функцию и приводящие ее в наилучшее согласие с наблюдательными данными.

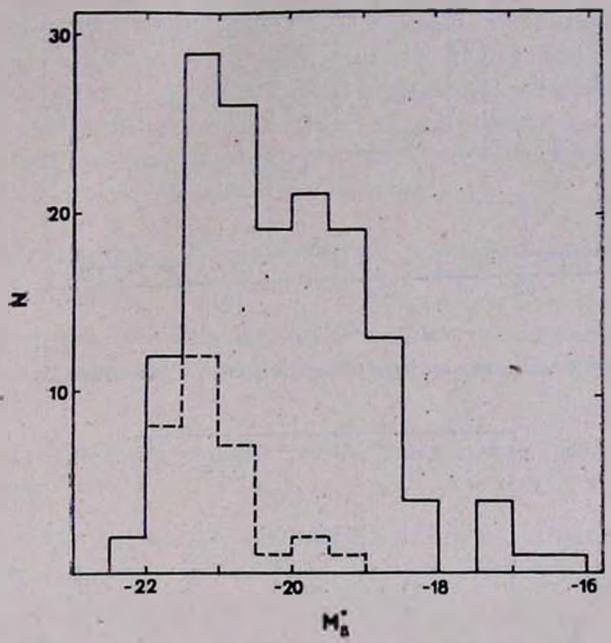

Рис. 1. Распределение светимостей галактик компактных групп. Все галактики — сплошная линия, ярчайшие в группах — пунктир.

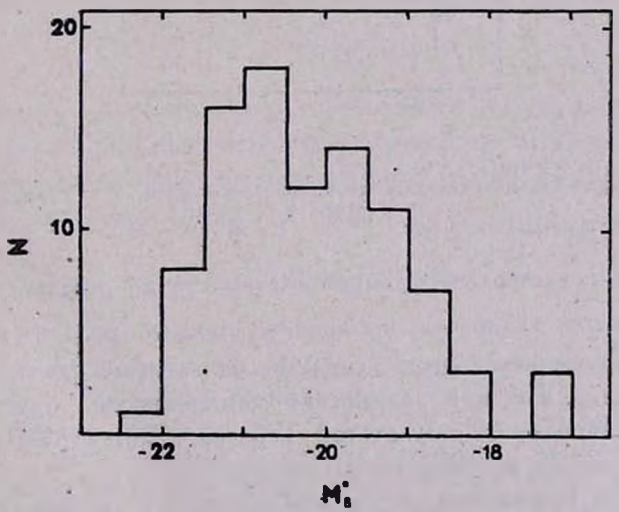

Рис. 2. Распределение светимостей спиральных галактик.

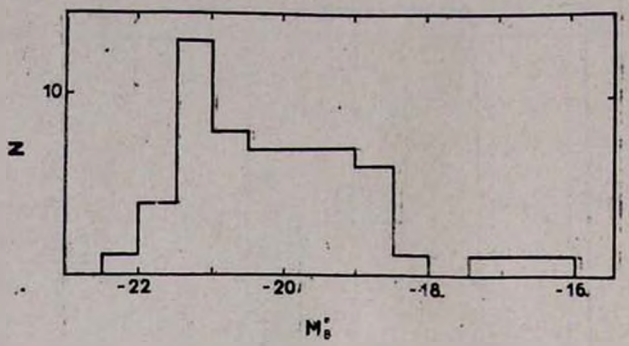

Рис. 3. Распределение светимостей эллиптических и линзовидных галактик.

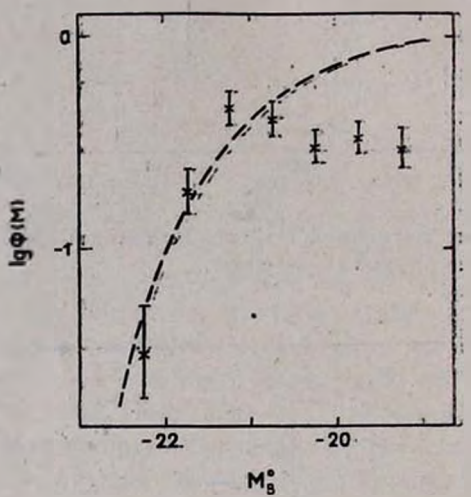

Рис. 4. Функция светимости галактик компактных групп. Для сравнения приведена функция светимости по Шехтеру при $\alpha = -1$, $M^* = -21^m$.

На рис. 4 представлена функция светимости по результатам табл. 1. Метод наименьших квадратов позволяет определить $M^* = -21^m$, в то время как α определяется очень ненадежно из-за малого интервала по оси звездных величин. По всей видимости, компромиссом будет значение $\alpha = -1$, что совпадает с результатом Тернера и Готта [12] и близко к значению $\alpha = -1.25$, полученному Шехтером.

Полученные результаты не подтверждают выводы работы [13], где было найдено резкое различие функций светимостей компактных и рассеянных групп, и находятся в согласии с результатами Хиксона и др., представивших функцию светимости компактных групп на основе глазомерных оценок блеска галактик [14].

Изучение всех 54 пластинок БТА показало, что только в группе 8 наблюдается возможное слияние двух галактик. В группах 34, 38, 72, 75, 80 наблюдаются сильные гравитационные деформации слабых галактик с возможным их последующим разрывом. В таких случаях должно наблюдаться повышенное свечение фона в пределах группы, однако фотометрия отдельных групп такого свечения не выявила.

3. *Выводы, которые можно* сделать в результате нашего исследования, таковы:

1. Для ярких галактик функция светимости компактных групп мало отличается от функции светимости галактик поля, рассеянных групп и скоплений.

2. Среди ярчайших галактик компактных групп преобладают спиральные галактики.

3. Несмотря на высокую пространственную плотность галактик случаи слияния галактик в компактных группах очень малочисленны.

Специальная астрофизическая
обсерватория

PHOTOMETRY OF THE GALAXIES IN COMPACT GROUPS

N. A. TIKHONOV

The results of photographic photometry of galaxies in compact groups are presented. The luminocity functions of these groups, field galaxies and cluster galaxies are similar. On the 54 plates of 6-m telescope only one group shows the merging.

ЛИТЕРАТУРА

1. *P. Hickson*, Astrophys. J., 255, 382, 1982.
2. *А. Ф. Назаренко*, Астрофиз. исслед. (Изв. Спец. астрофиз. обсерв.), 13, 89, 1981.
3. *Н. А. Тихонов*, Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, вып. 53 (в печати).
4. *M. R. S. Hawkins*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 194, 1013, 1981.
5. *G. Longo, A. de Vaucouleurs*, A General Catalogue of Photoelectric Magnitudes and Colors in the U, B, V System, Univer. of Texas, Austin, 1983.
6. *F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, M. Karpowicz, C. T. Cowal*, Catalog of Galaxies and Clusters of Galaxies, Vol. 1—6, Pasadena, 196 1—1968.
7. *J. R. Auman, P. Hickson, G. G. Fahlman*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 94, 19, 1982.
8. *G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. G. Corwin*, Second Referense Catalogue of Bright Galaxies, Univer. of Texas, Austin, 1976.

9. *Н. А. Тихонов*, Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, вып. 49, 69, 1986.
10. *P. Schechter*, Astrophys. J., 203, 297, 1976.
11. *J. E. Felten*, Astron. J., 82, 861, 1977.
12. *E. L. Turner, J. R. Gott*, Astrophys. J., 209, 6, 1976.
13. *G. M. Hellgman, E. L. Turner*, Astrophys. J., 236, 745, 1980.
14. *P. Hickson, Z. Ninkow, J. P. Huchra, G. A. Mamon*, In "Clusters and Groups of Galaxies", Dordrecht e. a., 1984, p. 367.