

ВЛИЯНИЕ ОКРУЖЕНИЯ НА ФУНКЦИЮ  
СВЕТИМОСТИ ГАЛАКТИК

А.П.МАГТЕСЯН

Поступила 16 августа 2011

Принята к печати 23 ноября 2011

Изучена функция светимости (ФС) галактик в разных окружениях. Для определения ФС галактик использован метод, предложенный автором. Получено, что ФС галактик разных морфологических типов в одиночных галактиках и в малых группах существенно не отличаются друг от друга. ФС скоплений галактик сильно отличаются от аналогичной функции других систем. В скоплениях наблюдается большое относительное число слабых галактик. Группы с малыми дисперсиями лучевых скоростей и с малыми средними парными расстояниями между членами содержат в себе относительно много слабых галактик и относительно мало ярких галактик, по сравнению с группами, имеющими большие дисперсии лучевых скоростей и большие средние парные расстояния между членами. Сказанное относится как к эллиптическим и линзовидным галактикам, так и к спиральным и иррегулярным галактикам.

Ключевые слова: *галактики; группы галактик; функция светимости; окружения*

1. *Введение.* Взаимодействия между галактиками играют важную роль в процессе их эволюции. Эти взаимодействия могут способствовать или подавлять звездообразование в галактиках. Одним из общепринятых объяснений остановки звездообразования является выметание газа из галактик лобовым давлением межгалактического газа. Этот механизм эффективен в скоплениях галактик, где дисперсия скоростей довольно высокая. В бедных скоплениях или в группах дисперсия скоростей галактик ниже, и поэтому в этих окружениях эффективны такие механизмы как слияния или приливные взаимодействия. Эти механизмы могут изменить светимость галактик, и поэтому ожидается зависимость функции светимости галактик от окружающей среды. Изучению этой зависимости посвящено много работ, но получены противоречивые результаты, особенно для бедных групп (см. [1] и ссылки в ней).

В [1] мы рассмотрели зависимость ФС галактик поля от их морфологического типа по CfA2 каталога красных смещений. В данной работе мы изучаем ФС галактик в разных окружениях. Для этого используем список групп галактик [2]. Для построения ФС галактик используем метод, предложенный в [1].

2. *Результаты.* На рис.1 приведена нормализованная логарифмическая

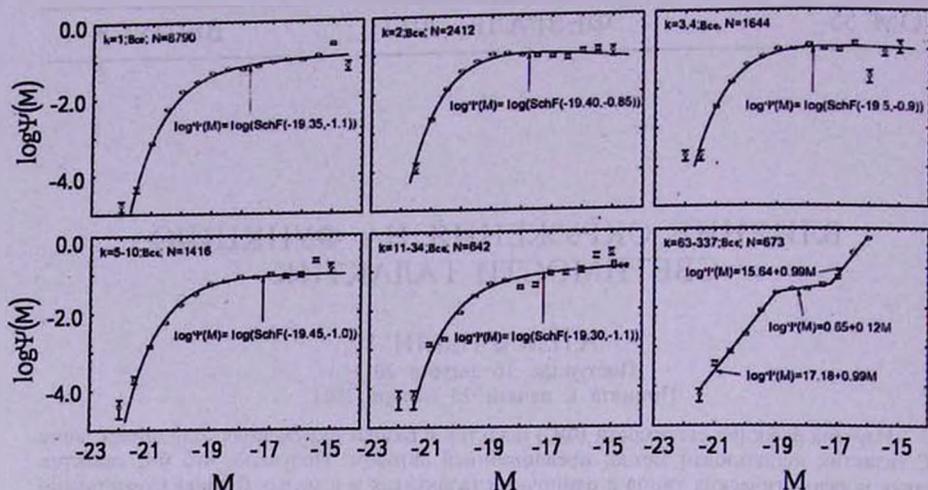


Рис.1. ЛФС галактик для систем разных кратностей.

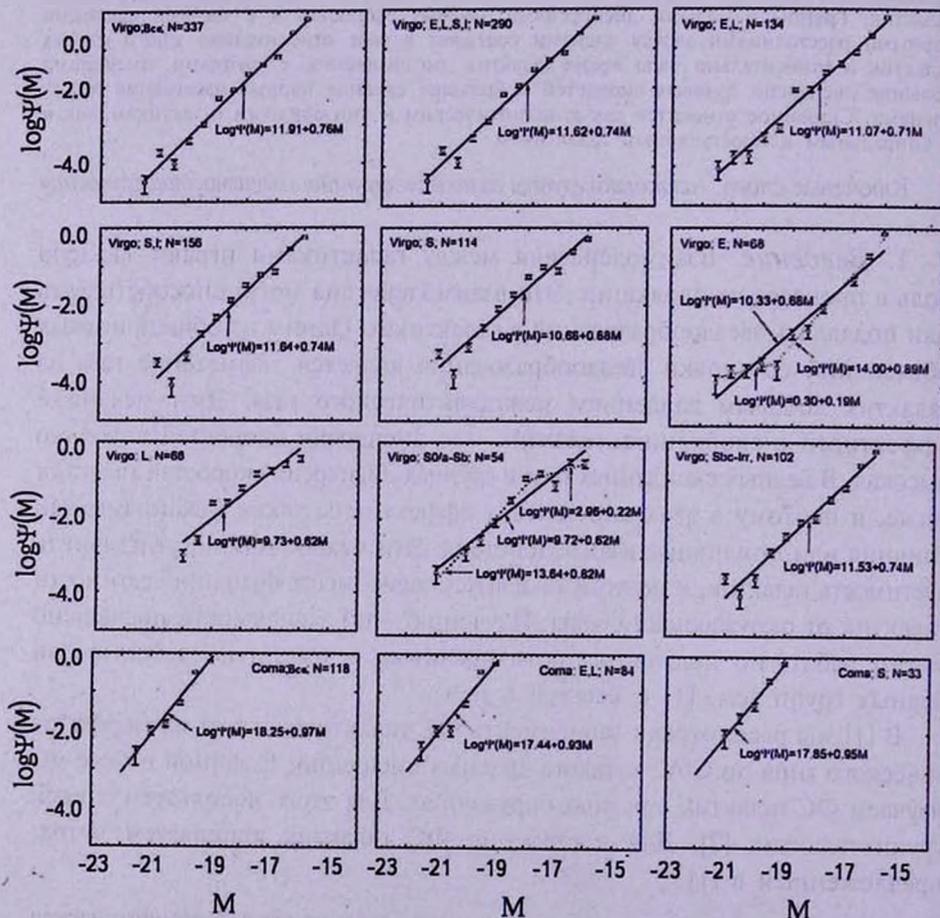


Рис.2. ЛФС галактик разных морфологических типов скоплений в Деве и в Волосах Вероники.

функция светимости (ЛФС) галактик при разных окружениях (в системах разных кратностей). В группах абсолютные величины галактик рассчитаны по средним лучевым скоростям группы.

Из рис. 1 видно, что ФС галактик существенно отличается только в самых богатых группах (в скоплениях), имеющих, по крайней мере, 60 видимых членов. В этих группах ФС невозможно представить функцией Шехтера. Разные участки ЛФС можно представить линейными функциями. Наблюдается также крутой наклон в слабой части светимостей, т.е. скопления галактик отличаются большим относительным числом слабых галактик.

Сказанное относится также отдельно к галактикам разных морфологических типов (для экономии места графики не приводятся).

Таким образом, ФС всех галактик и галактик разных морфологических типов в одиночных галактиках и в малых группах ( $k < 35$ ) существенно

Таблица 1

СРЕДНИЕ АБСОЛЮТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ГАЛАКТИК В  
ДИАПАЗОНЕ  $M \leq -18$  В ГРУППАХ РАЗНЫХ КРАТНОСТЕЙ

$k$	1	2	3,4	5-10	11-34	63-337	2-337	
Все	-18.78	-18.88	-18.83	-18.72	-18.78	-18.62	-18.79	Среднее ст. откл. n
	0.008	0.015	0.019	0.019	0.026	0.027	0.009	
	7925	2294	1562	1280	568	450	6154	
E,L,S,I	-18.71	-18.81	-18.82	-18.77	-18.81	-18.64	-18.78	Среднее ст. откл. n
	0.011	0.021	0.026	0.026	0.036	0.032	0.012	
	3484	1153	825	789	354	369	3490	
E,L	-18.88	-18.97	-18.92	-18.90	-18.90	-18.73	-18.89	Среднее ст. откл. n
	0.025	0.041	0.050	0.048	0.058	0.049	0.022	
	768	321	260	288	153	183	1205	
S,I	-18.67	-18.77	-18.78	-18.72	-18.75	-18.57	-18.74	Среднее ст. откл. n
	0.012	0.024	0.031	0.031	0.045	0.041	0.014	
	2716	832	565	501	201	186	2285	
S	-18.70	-18.77	-18.81	-18.73	-18.77	-18.58	-18.75	Среднее ст. откл. n
	0.013	0.024	0.032	0.032	0.045	0.044	0.015	
	2606	806	536	490	192	175	2199	
E	-18.98	-19.17	-18.88	-19.20	-18.93	-18.75	-18.99	Среднее ст. откл. n
	0.049	0.073	0.089	0.090	0.105	0.102	0.042	
	218	95	100	101	62	54	412	
L	-18.85	-18.91	-18.94	-18.80	-18.89	-18.72	-18.85	Среднее ст. откл. n
	0.030	0.048	0.059	0.055	0.068	0.055	0.025	
	550	226	160	187	91	129	793	
S0/a-Sb	-18.81	-18.88	-18.88	-18.84	-18.74	-18.57	-18.82	Среднее ст. откл. n
	0.018	0.031	0.040	0.043	0.056	0.054	0.019	
	1473	501	337	288	119	121	1366	
Sbc-Irr	-18.56	-18.64	-18.67	-18.60	-18.76	-18.58	-18.64	Среднее ст. откл. n
	0.017	0.035	0.046	0.045	0.074	0.063	0.022	
	1243	331	228	213	82	65	919	

не отличаются друг от друга. Что касается ФС скоплений галактик, то они сильно отличаются от аналогичной функции других систем. В скоплениях наблюдается большое относительное число слабых галактик.

На рис.2 приведены ЛФС для скоплений в Деве и в Волосах Вероники. Как видно ЛФС этих скоплений можно представить линейной функцией для всех морфологических типов.

В табл.1 приведены средние абсолютные величины ярких галактик ( $-23 \leq M \leq -18$ ) в системах разных кратностей.

Из табл.1 видно, что средние абсолютные величины ярких галактик в малых системах значительно не отличаются. В скоплениях же средняя абсолютная светимость этих галактик несколько ниже. Это означает, что в скоплениях галактик не работают механизмы, которые могут со временем увеличить светимость ярких галактик. Скорее происходит обратный процесс или распределение масс галактик в скоплениях (а также в малых системах) определяется начальными условиями при формировании систем.

Из табл.1 также видно, что при переходе от эллиптических галактик к линзовидным галактикам, а далее к ранним и к поздним спиральным галактикам, абсолютная светимость галактик в яркой части ФС уменьшается, как в одиночных галактиках, так и в группах.

2.1. *Средняя плотность числа галактик в системах разных кратностей.* На рис.3, соответственно, приведены: распределение видимой звездной величины для галактик поля, для галактик групп и для одиночных галактик. Из рисунка видно, что во всех этих системах неполнота галактик по видимой звездной величине, с известными морфологическими типами, начинается около  $m = 14^m$ . Считаем, что в изученных системах выборка всех галактик, безотносительно к известности морфологических типов, полная.

Полноту выборок галактик разных морфологических типов оценим по второму методу, предложенному в [1]. То есть, фактор полноты будет равняться отношению плотности, полученной для всех галактик данной системы с известными морфологическими типами, без учета этого фактора,

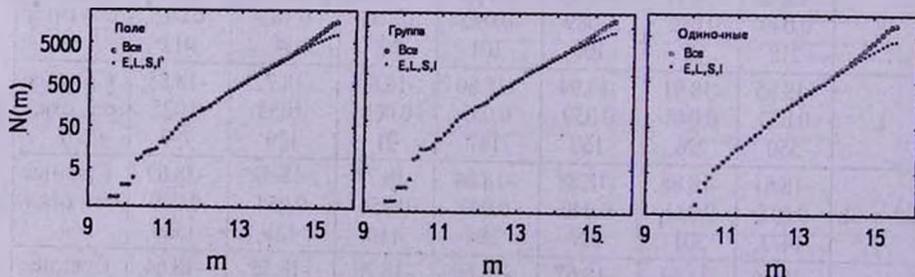


Рис.3. Распределение видимых звездных величин галактик поля, групп и одиночных галактик в диапазоне лучевых скоростей  $1000 \text{ км/с} \leq V \leq 15000 \text{ км/с}$ .

к плотности всех галактик безотносительно к морфологическим типам. Считаем также, что полнота выборок не зависит от морфологического типа и от абсолютной величины галактик (см. [1])

$$P(m_{lim}, k)_{E,L,S,I} = \frac{\rho_{obs}(k)_{E,L,S,I}}{\rho(k)} = \frac{\sum_I \Phi_{obs}(M_i, k)_{E,L,S,I}}{\rho(k)} \quad (1)$$

Данные приведены в табл.2.

В табл.3 приведена средняя плотность галактик разных морфологических типов в группах разной кратности в пределах  $M \leq -14.5$ , рассчитанной в объеме с пределами  $1000 \text{ км/с} \leq V \leq 15000 \text{ км/с}$  (телесный угол CfA2 выборки равен 4.3 ср.).

Оценим плотность галактик разных морфологических типов внутри групп. Объем произвольной группы оценим следующим образом:

Таблица 2

ПЛОТНОСТЬ ЧИСЛА ВСЕХ ГАЛАКТИК И НАБЛЮДАЕМАЯ ПЛОТНОСТЬ ГАЛАКТИК ( $\text{Мпк}^{-3}$ ) С ИЗВЕСТНЫМИ МОРФОЛОГИЧЕСКИМИ ТИПАМИ И ФАКТОР ПОЛНОТЫ В СИСТЕМАХ РАЗНЫХ КРАТНОСТЕЙ В ДИАПАЗОНЕ АБСОЛЮТНЫХ ЗВЕЗДНЫХ ВЕЛИЧИН  $M \leq -14.5$

	$k$	1	2	3,4	5-10	11-34	63-337	2-337	1-337	Поле
Все	$\rho(k)$	0.0369	0.00486	0.00316	0.00509	0.00352	0.00665	0.0233	0.0602	0.0702
	$n$	8790	2412	1644	1416	642	673	6787	15577	15577
E,L,S,I	$\rho_{obs}(k)$	0.0220	0.00250	0.00187	0.00314	0.00214	0.00508	0.0147	0.0367	0.0460
	$n$	4023	1218	872	885	405	545	3925	7948	7948
	$P(m_{lim})$	0.596	0.514	0.592	0.617	0.608	0.764	0.631	0.610	0.655

Таблица 3

СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ ГАЛАКТИК ( $\text{Мпк}^{-3}$ ) РАЗНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ В ГРУППАХ РАЗНЫХ КРАТНОСТЕЙ В ДИАПАЗОНЕ АБСОЛЮТНЫХ ЗВЕЗДНЫХ ВЕЛИЧИН  $M \leq -14.5$

	$k$	1	2	3,4	5-10	11-34	63-337	2-337	1-337	Поле
Все	$\log(\rho(k))$	-1.43	-2.31	-2.50	-2.29	-2.45	-2.18	-1.63	-1.22	-1.15
	$n$	8790	2412	1644	1416	642	673	6787	15577	15577
E,L	$\log(\rho(k))$	-2.20	-3.03	-3.05	-3.04	-3.31	-2.50	-2.17	-1.88	-1.63
	$n$	831	331	266	312	164	264	1337	2168	2168
S,I	$\log(\rho(k))$	-1.52	-2.41	-2.65	-2.38	-2.52	-2.46	-1.78	-1.33	-1.33
	$n$	3192	887	606	573	241	281	2588	5780	5780
S	$\log(\rho(k))$	-1.81	-2.55	-2.79	-2.63	-2.84	-2.68	-2.00	-1.59	-1.61
	$n$	2931	844	568	536	220	233	2401	5332	5332

$$Vol_i = \frac{4}{3} \pi R_{max}^i, \quad (2)$$

где  $R_{max}^i$  - радиус группы (наибольшее расстояние членов группы от ее центра). Тогда суммарная плотность групп данной кратностью  $k$  будет:

$$Vol(k) = \sum_i Vol_i(k). \quad (3)$$

Плотность галактик внутри группы можно оценить следующим образом:

$$\rho_{gp}(k) = \rho(k) \frac{V_{max} - V_{min}}{Vol(k)}. \quad (4)$$

Определение  $V_{max}$  и  $V_{min}$  см. в [1].

Данные для групп с разным числом членов приведены в табл.4. Как видно плотность числа галактик внутри групп с разным числом членов несколько тысяч раз больше, чем средняя плотность галактик в объеме ( $V_{max} - V_{min}$ ). Плотность числа галактик внутри групп с числом членов больше 3 составляет 44 Мпк<sup>-3</sup>.

Таблица 4

$k$	$Vol(k)$ Мпк <sup>3</sup>	$\frac{V_{max} - V_{min}}{Vol(k)}$	$\rho(k)$ Мпк <sup>-3</sup>	$\rho_{gp}(k)$ Мпк <sup>-3</sup>
3,4	600.48	8053.7	0.0032	25.77
5-10	735.14	6578.4	0.0051	33.55
11-34	728.40	6639.3	0.0035	23.24
63-337	509.87	9484.9	0.0067	63.55
3-337	2573.89	1879.9	0.0233	43.78

Коэффициенты  $(V_{max} - V_{min})/Vol(k)$  можно использовать также для оценки плотности внутри групп для галактик разных морфологических типов.

2.2. *Зависимость ФС галактик от плотности и дисперсии скоростей галактик в группах.* Исследование зависимости ФС галактик от плотности и от дисперсии лучевых скоростей галактик в группе проводим для групп с числом членов от 5 до 34. В качестве меры для плотности используем среднее парное расстояние между галактиками группы:

$$R_p = \frac{2 \sum_{j < i}^k \sum_{l=1}^{k-1} r_{ij}}{k(k-1)}, \quad (5)$$

где  $r_{ij} = 2 \langle V \rangle / H \sin(d_{ij}/2)$ , а  $d_{ij}$  - угловое расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м членами группы,  $k$  - число членов в группе.

По этому параметру группы разделим на две части:  $R_p \leq 0.5$  Мпк и  $R_p > 0.5$  Мпк.

По дисперсии лучевых скоростей

$$\sigma_V = \left[ \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (V_i - \langle V \rangle)^2 \right]^{1/2}, \quad (6)$$

где  $V_i$  - лучевая скорость  $i$ -го члена данной группы,  $k$  - число членов в группе,  $\langle V \rangle$  - средняя лучевая скорость группы. Также группы разделим на две части:  $\sigma_V \leq 200$  км/с и  $\sigma_V > 200$  км/с.

На рис.4 приведена ЛФС галактик для групп с средними парными расстояниями между галактиками  $R_p \leq 0.5$  Мпк и  $R_p > 0.5$  Мпк. Из рисунка видно, что в плотных группах ( $R_p \leq 0.5$  Мпк) наблюдается относительно много слабых и мало ярких галактик, чем в разреженных группах ( $R_p > 0.5$  Мпк). Средняя абсолютная величина галактик в диапазоне абсолютных величин  $M \leq -18$ , соответственно, равна  $\langle M \rangle = -18.58 \pm 0.024$  для групп с  $R_p \leq 0.5$  Мпк и  $\langle M \rangle = -18.87 \pm 0.020$  для групп с  $R_p > 0.5$  Мпк.

На рис.5 приведена ЛФС галактик для групп с дисперсией лучевых скоростей  $\sigma_V \leq 200$  км/с и  $\sigma_V > 200$  км/с. Из рис.5 видно, что в группах с меньшими дисперсиями лучевых скоростей, как и в плотных группах, набл-

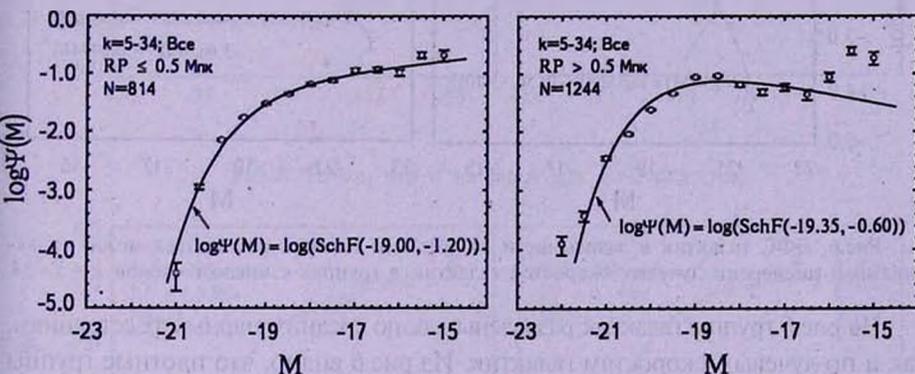


Рис.4. ЛФС галактик групп с числом членов от 5 до 34 для двух диапазонов средних парных расстояний между галактиками.

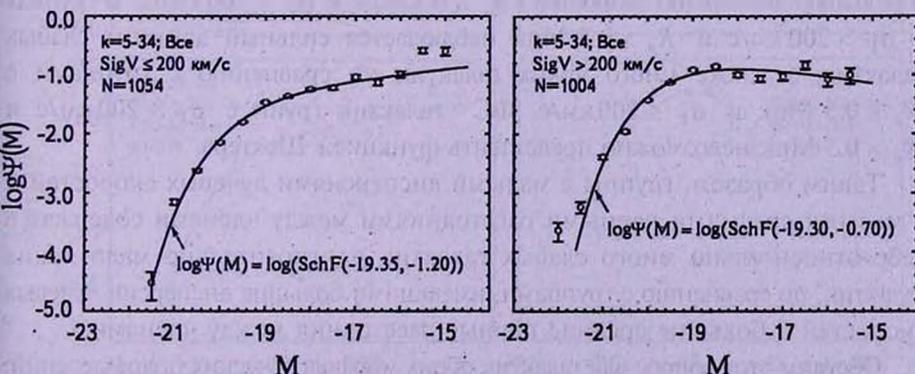


Рис.5. ЛФС галактик групп с числом членов от 5 до 34 для двух диапазонов дисперсии лучевых скоростей галактик:  $\sigma_V \leq 200$  км/с и  $\sigma_V > 200$  км/с.

юдается большой наклон в слабом конце ЛФС, т. е. есть относительно много слабых галактик. Средняя абсолютная величина галактик в диапазоне абсолютных величин  $M \leq -18$ , соответственно, равна  $\langle M \rangle = -18.64 \pm 0.022$  для групп с  $\sigma_V \leq 200$  км/с и  $\langle M \rangle = -18.86 \pm 0.022$  для групп с  $\sigma_V > 200$  км/с.

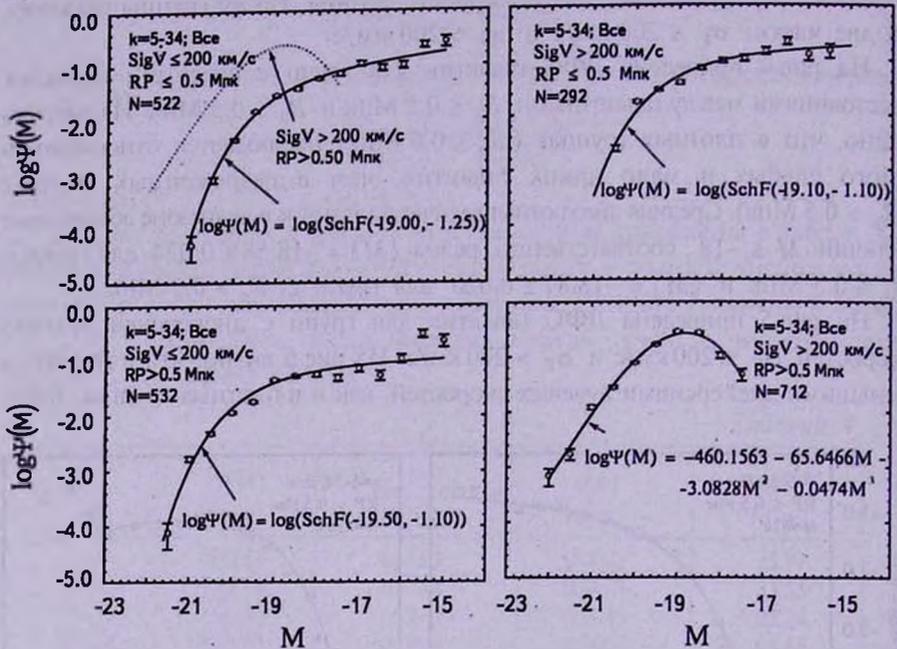


Рис.6. ЛФС галактик в зависимости от среднего парного расстояния между галактиками и дисперсии лучевых скоростей галактик в группах с числом членов  $k = 5 - 34$ .

На рис.6 группы галактик разделены как по средним парным расстояниям, так и по лучевым скоростям галактик. Из рис.6 видно, что плотные группы с малыми дисперсиями лучевых скоростей ( $R_p \leq 0.5$  Мпк и  $\sigma_V \leq 200$  км/с) своими ФС довольно сильно отличаются от групп, имеющих малую плотность и большую дисперсию скоростей ( $R_p > 0.5$  Мпк и  $\sigma_V > 200$  км/с). В группах с  $\sigma_V > 200$  км/с и  $R_p > 0.5$  Мпк наблюдается сильный дефицит слабых галактик, а также много ярких галактик по сравнению с группами с  $R_p \leq 0.5$  Мпк и  $\sigma_V \leq 200$  км/с. ФС галактик групп с  $\sigma_V > 200$  км/с и  $R_p > 0.5$  Мпк невозможно представить функцией Шехтера.

Таким образом, группы с малыми дисперсиями лучевых скоростей и с малыми средними парными расстояниями между членами содержат в себе относительно много слабых галактик и относительно мало ярких галактик, по сравнению с группами, имеющими большие дисперсии лучевых скоростей и большие средние парные расстояния между членами.

Обсудим этот вопрос для галактик обоих морфологических подразделений: галактики E+L и галактики S+I. Результаты приведены на рис.7 и 8. Эти

рисунки показывают, что вышесказанное повторяется как для эллиптических и линзовидных галактик, так и для спиральных и иррегулярных галактик.

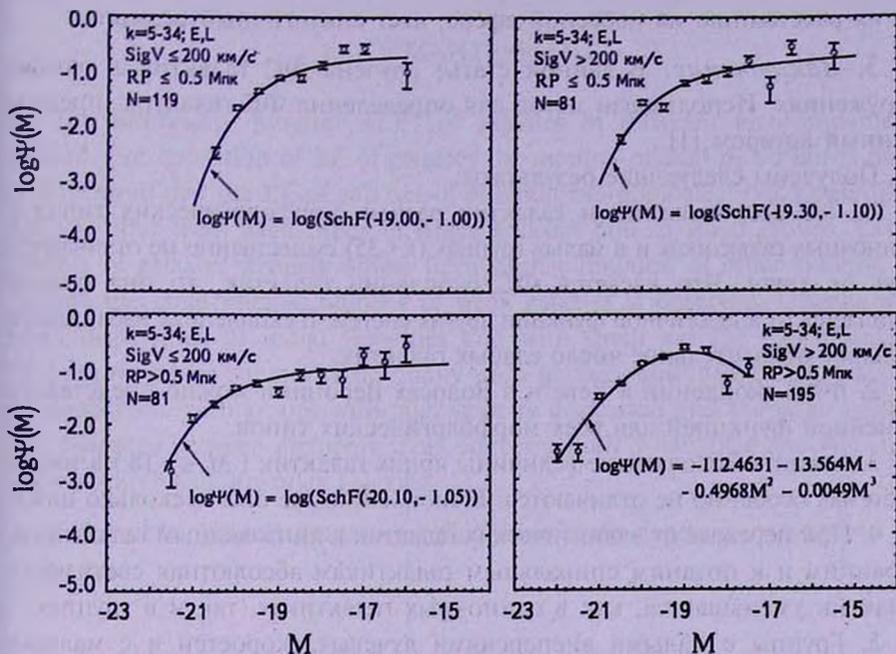


Рис.7. То же, что и на рис.6 для E+L галактик.

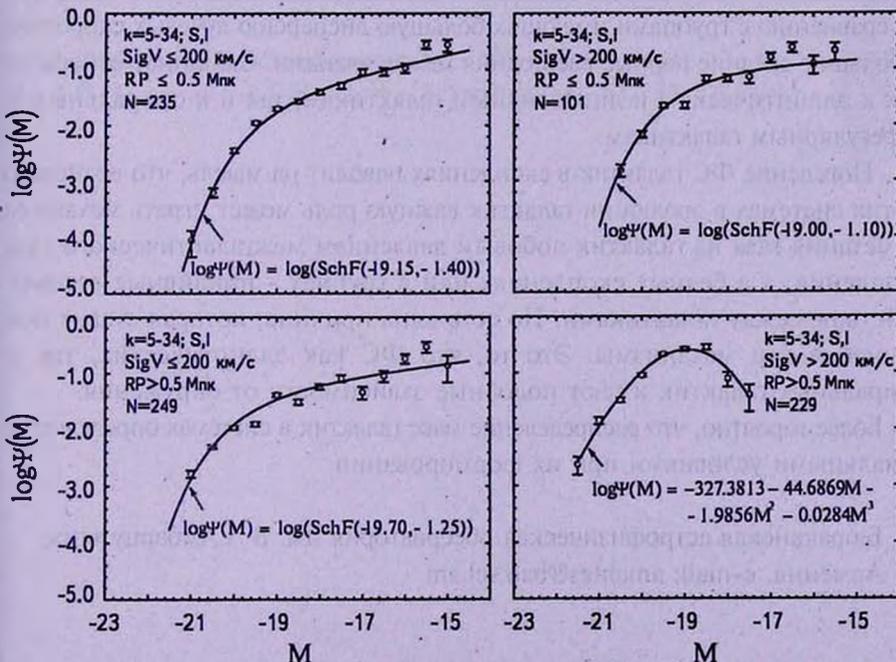


Рис.8. То же, что и на рис.6 для S+I галактик.

Обсуждение аналогичного вопроса для выборок групп, имеющих два видимых членов и разделенные по разности лучевых скоростей членов и по их расстоянию на небесной сфере, дает аналогичный результат.

3. *Заключение.* В данной статье изучена ФС галактик в разных окружениях. Использован метод для определения ФС галактик, предложенный автором [1].

Получены следующие результаты:

1. ФС всех галактик и галактик разных морфологических типов в одиночных галактиках и в малых группах ( $k < 35$ ) существенно не отличаются друг от друга. Что касается ФС скоплений галактик, то она сильно отличается от аналогичной функции других систем. В скоплениях наблюдается большое относительное число слабых галактик.

2. ЛФС скоплений в Деве и в Волосах Вероники можно представить линейной функцией для всех морфологических типов.

3. Средние абсолютные величины ярких галактик ( $M \leq -18$ ) в малых системах особенно не отличаются. В скоплениях же они несколько ниже.

4. При переходе от эллиптических галактик к линзовидным галактикам, к ранним и к поздним спиральным галактикам абсолютная светимость галактик уменьшается, как в одиночных галактиках, так и в группах.

5. Группы с малыми дисперсиями лучевых скоростей и с малыми средними парными расстояниями между членами содержат в себе относительно много слабых галактик и относительно мало ярких галактик, по сравнению с группами имеющих большую дисперсию лучевых скоростей и большие средние парные расстояния между членами. Сказанное относится как к эллиптическим и линзовидным галактикам, так и к спиральным и иррегулярным галактикам.

Поведение ФС галактик в скоплениях наводит на мысль, что возможно в этих системах в эволюции галактик важную роль может играть механизм выметания газа из галактик лобовым давлением межгалактического газа скопления, а в бедных скоплениях или в группах - приливные взаимодействия между галактиками. Но есть одна причина, которая ставит под сомнение эти механизмы. Это то, что ФС как эллиптических, так и спиральных галактик имеют подобные зависимости от окружения.

Более вероятно, что распределение масс галактик в системах определяется начальными условиями при их формировании.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,  
Армения. e-mail: amahtes@bao.sci.am

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENT ON THE  
LUMINOSITY FUNCTION OF GALAXIES

A.P.MAHTESSIAN

The luminosity function (LF) of galaxies in different environments is studied. For definition of LF of galaxies the method offered by author is used. It is received that the LF of galaxies of different morphological types essentially do not differ from each other in single galaxies and in small groups. LF of clusters of galaxies strongly differs from similar function of other systems. In clusters the large relative number of weak galaxies is observed. Groups with small dispersions of radial velocities and with small average pair distances between members contain rather many weak galaxies and little bright galaxies, in comparison with groups with high velocity dispersion and the large average pair distances between members. Told concerns both to elliptical and lenticular and to spiral and irregular galaxies.

Key words: *galaxies:groups of galaxies:luminosity function:environments*

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.П.Магтесян, Астрофизика, 54, 189, 2011.
2. А.П.Магтесян, В.Г.Мовсесян, Астрофизика, 53, 83, 2010.