

## ФУНКЦИЯ СВЕТИМОСТИ ГАЛАКТИК ПОЛЯ

А.П.МАГТЕСЯН

Поступила 18 января 2011

Принята к печати 16 марта 2011

Для построения функции светимости галактик обобщен метод Шмидта с тем, чтобы учесть зависимость плотности галактик от расстояния в близкой Вселенной. Построена логарифмическая функция светимости галактик (ЛФС) поля в зависимости от морфологического типа. Получено, что ЛФС для всех галактик, а также отдельно для эллиптических и линзовидных галактик можно представить функцией Шехтера в узкой области абсолютных звездных величин. ЛФС спиральных галактик представляется функцией Шехтера в довольно широкой области абсолютных звездных величин  $-21.0 \leq M \leq -14$ . Параметром  $M$ , спиральные галактики слабо отличаются. При переходе от ранних спиралей к поздним спиральям происходит уменьшение параметра  $\alpha$  в функции Шехтера. При переходе от эллиптических галактик к линзовидным галактикам, к ранним спиральным галактикам, и далее, к поздним спиральным галактикам, в яркой части  $-23 \leq M \leq -17.8$ , наблюдается уменьшение средней светимости галактик. Оценена полнота и средняя плотность выборок для галактик разных морфологических типов. Средняя плотность числа всех галактик в диапазоне  $-23 \leq M \leq -13$  равна  $0.126 \text{ Мпк}^{-1}$ .

Ключевые слова: *галактики; функция светимости*

1. *Введение.* Функция светимости (ФС) галактик имеет очень большое значение для исследования и понимания происхождения и эволюции галактик, для проверки космологических моделей и других многих проблем внегалактической астрономии. Взаимодействия между галактиками играют важную роль в их эволюции. Эти взаимодействия в разных системах могут отличаться друг от друга. Например, группы галактик по сравнению со скоплениями имеют малые дисперсии лучевых скоростей, малые плотности и температуру газа, что может привести к разным эволюционным процессам галактик в этих системах. Одиночные галактики находятся в совершенно других ситуациях. Можно предположить, что эволюция этих галактик связана с процессами, происходящими внутри их самих.

Важно понять, как меняется ФС галактик в зависимости от морфологического типа, а также, как влияет окружающая среда на ФС.

ФС галактик обычно представляется функцией Шехтера [1], которая в яркой части светимостей имеет экспоненциальную форму, а при слабых светимостях имеет степенную форму.

$$\Phi = \phi_0 \cdot 10^{0.4(M_0 - M)(1 + \alpha)} \exp(-10^{0.4(M_0 - M)}), \quad (1)$$

где  $\phi_0$  - коэффициент нормализации,  $M_0$  и  $\alpha$  определяют форму кривой.

Параметр  $\alpha$  представляет логарифмический наклон в слабом конце светимостей.

Если  $\alpha$  меньше, чем  $-1$ , то ФС в слабом конце возрастающая, а при  $\alpha > -1$  она убывающая. Граничное значение  $\alpha = -1$  соответствует плоскому концу ФС.  $M_*$  показывает место изменения поведения ФС. При значениях намного меньших  $M_*$ , ФС становится экспоненциальной.

ФС галактик в скоплениях, группах и в общем поле изучены во многих работах [1-44]. В этих работах предметом серьезного изучения являлся вопрос об универсальности ФС.

В первых результатах было получено, что ФС галактик в скоплениях и в общем поле не отличаются друг от друга (например, [4]).

В дальнейшем некоторые авторы [17,18,23] для ФС галактик поля, представляя ее функцией Шехтера [1], получили большие различия для величины  $M_*$ , но для наклона ФС в слабом конце получили подобные результаты:  $\alpha \approx -1$ .

В некоторых работах, касающихся скоплений галактик, для слабого конца ФС, также был получен плоский наклон (см. например, [36,40,42]). Во многих других работах [1,5,6,8,11,15,28-30,35,36,40-42,44] для слабого конца ФС получены довольно большие наклоны ( $-1.5 \leq \alpha \leq -1.2$ ). Для слабого конца ФС получается довольно большой наклон ( $\alpha < -2$ ), когда рассматриваются очень слабые галактики скопления [43]. В [21] и [27] изучены 45 скоплений Эйбла с красным смещением  $z < 0.14$  и получено, что 39 из них показывают увеличение относительного числа слабых галактик. Только 7 из них представляются ФС Шехтера с  $\alpha \approx -1$ . Оказалось, что они имеют в своем составе сD галактики и в среднем более массивны и богаты газом.

Результаты изучения ФС галактик групп разными авторами довольно сильно отличаются друг от друга. В некоторых работах, относящихся к близким группам галактик, получены согласующиеся результаты [15,34]: т.е., получена плоская ФС, похожая на ФС галактик поля. Изучение же компактных групп [19,31] также привело к плоской или слабо понижающей ФС в слабом конце светимостей. В противовес этому в [39] было показано, что в группах ФС галактик в слабом конце имеет большой логарифмический наклон. В [44] показано, что как малые, так и относительно большие группы в слабом конце ФС имеют слабо понижающийся наклон подобно результату [19].

Известно, что существует зависимость плотность - морфологическое содержание [45]. Согласно этой зависимости, в областях высоких плотностей относительное число эллиптических и линзовидных галактик выше, чем в областях малых плотностей. Известно также, что каждый хаббловский тип галактик имеет свою характерную ФС (например, [10]). Поэтому ожидается, что суммарная ФС галактик должна быть зависима от окружения.

Представляется также важным выяснить: универсальна ли ФС для данного хаббловского типа галактик, или она зависит от окружения? В [10], изучая ФС галактик в поле, в группах и в бедных скоплениях, было показано, что ФС галактик отдельного хаббловского типа является универсальной. Другие авторы подтвердили этот результат (например, [24,26,32]). Они получили, что ФС галактик E, S0, S не зависят от плотности окружающей среды. В противовес этому в работах [30,33,37,38,44] получена значимая зависимость ФС галактик данного морфологического типа от плотности окружающей среды.

Такая несогласованность результатов, возможно, связана с недостаточно уверенным разделением близких и далеких фоновых галактик от галактик скопления, а для малых групп - неуверенной идентификацией их членов. Поскольку число членов групп мало, то ошибочное присоединение к данной группе одной или нескольких ложных галактик, или неприсоединение истинных членов, может значимо влиять на определения ФС.

Есть еще одна причина, которая может повлиять на достоверность результатов. Она заключается в том, что авторы часто представляют ФС функцией Шехтера во всей изучаемой области светимостей. Но изучение многих работ показывает, что эта функция довольно плохо представляет ФС как в ярком, так и в слабом концах светимостей.

Таким образом, вопрос о зависимости ФС галактик от окружающей среды, а также вопрос об универсальности ФС галактик разных морфологических типов пока остается открытым, особенно для малых групп. Этот вопрос очень важен для правильного понимания процессов происхождения и эволюции галактик.

В данной работе обсуждается зависимость ФС галактик от их морфологического типа, используя CfA2 каталог красных смещений. Наша выборка ограничена красным смещением ( $500 \text{ км/с} \leq cz \leq 20000 \text{ км/с}$ ) и галактической широтой ( $|b|| \geq 20^\circ$ ). Связь ФС галактик с окружающей средой будет обсуждаться в следующей статье, где будет использоваться новый список групп галактик [46], идентифицированных на основе CfA2 каталога красных смещений.

**2. Метод.** Классический метод определения ФС [10] базируется на условии, что галактики равномерно распределены в пространстве. Чтобы вычислить ФС без любого предположения относительно пространственного распределения галактик, были предложены другие непараметрические методы (например, [47,48]) или методы, основанные на методе максимального правдоподобия [49,50].

Для учета зависимости плотности числа галактик от расстояния мы обобщили  $1/V_{\text{max}}$  метод Шмидта [51].

Галактика с абсолютной звездной величиной  $M$ , будет видна в объеме,

на границе которой она будет иметь предельную звездную величину выборки (в данном случае  $m_{lim} = 15^m.5$ ). Поскольку наша выборка ограничена расстоянием снизу и сверху, то пространственную плотность галактики с абсолютной величиной  $M_i$  мы должны оценить в объеме  $V_m^i - V_{min}$ , когда  $M_{max} \geq M_i \geq M_{min}$  и в объеме  $V_{max} - V_{min}$ , когда  $M_i < M_{min}$ .

Где  $V_m^i = \frac{\Omega}{3} \left( \frac{cz_m^i}{H} \right)^3$  это тот объем, на границе которого галактика с абсолютной звездной величиной  $M_i$  будет иметь предельную видимую

звездную величину выборки  $m_{lim}$ ,  $V_{min} = \frac{\Omega}{3} \left( \frac{cz_{min}}{H} \right)^3$  это близкий объем,

исключенный из рассмотрения, а  $V_{max} = \frac{\Omega}{3} \left( \frac{cz_{max}}{H} \right)^3$  есть максимальный

объем, находящиеся дальше которого галактики тоже не рассматриваются.

$\Omega$  - объемный угол выборки, и в нашем случае равен 4.3 ср.

Если предположить, что галактики в пространстве распределены равномерно, то следуя [51] и [52]

$$\Phi_{obs}(M_i) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta M} \sum_{M_i \pm \Delta M/2, j} \frac{1}{(V_m^j - V_{min})}, & M_{max} \geq M_i \geq M_{min} \\ \frac{1}{\Delta M (V_{max} - V_{min})} \sum_{M_i \pm \Delta M/2, j} 1, & M_i < M_{min} \end{cases} \quad (2)$$

Поскольку галактики не распределены равномерно, и средняя пространственная плотность галактик, по крайней мере, в близкой Вселенной зависит от расстояния (особенно в северном полушарии), то определение ФС, таким образом, приведет к повышенной оценке плотности абсолютно слабых галактик. Поэтому мы должны учитывать эту зависимость и приводить средние плотности галактик к наибольшему объему  $V_{max}$ . Вследствие этого, уравнение (2) примет следующий вид:

$$\Phi_{obs}(M_i) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta M} \sum_{M_i \pm \Delta M/2, j} \frac{1}{D(r_m^j)(V_m^j - V_{min})}, & M_{max} \geq M_i \geq M_{min} \\ \frac{1}{\Delta M D(r_{max})(V_{max} - V_{min})} \sum_{M_i \pm \Delta M/2, j} 1, & M_i < M_{min} \end{cases} \quad (3)$$

где  $r_m^i = \frac{cz_m^i}{H} = \left( \frac{3V_m^i}{\Omega} \right)^{1/3}$  - расстояние соответствующее объему  $V_m^i$ .

Фактически  $D(r_m^i)$  - это плотность галактик, нормированная на объем  $V_{max}$ ;  $D(r_{max}) = 1$ . Расчеты сделаны при  $\Delta M = 0.2$ .

Такое определение предполагает независимость ФС от пространственных координат. Мы также пренебрегаем локальными повышениями плотности в виде групп галактик, поскольку речь идет о средних плотностях галактик, в объемах намного превышающих объем групп галактик.

Среднеквадратичное отклонение  $\Phi(M_i)$  оцениваем следующим образом:

$$\sigma(\Phi_{obs}(M_i)) = \frac{1}{\Delta MD(r'_m)(V'_m - V_{min})} \left[ n_i \left( 1 - \frac{n_i}{N} \right) \right]^{1/2} = \frac{\Phi_{obs}(M_i)}{n_i} \left[ n_i \left( 1 - \frac{n_i}{N} \right) \right]^{1/2} \quad (4)$$

где  $n_i$  - число галактик в интервале  $M_i \pm \Delta M/2$ ,  $N$  - общее число галактик в выборке.

В этих отношениях видимые звездные величины исправлены за галактическое поглощение [53] и за  $K$  - ослабление [50]:  $\Delta m = -A - K$ . Лучевые скорости галактик исправлены за вращение Галактики и за движение Местной системы галактик в направлении скопления в Деве (см. [54]).

$$M_i = m_i - 25 - 5 \log(cz_i/H),$$

$$M_i = m_{lim} - 25 - 5 \log(cz'_m/H),$$

$$M_{min} = m_{lim} - 25 - 5 \log(cz_{max}/H),$$

$$M_{max} = m_{lim} - 25 - 5 \log(cz_{min}/H),$$

$H = 100 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$  - постоянная Хаббла,  $m$  - видимая звездная величина галактики. Как отметили выше,  $cz_{min} = 500 \text{ км/с}$ ,  $cz_{max} = 20000 \text{ км/с}$ ,  $m_{lim} = 15^m.5$ . Поэтому  $M_{max} = -13^m.0$ ,  $M_{min} = -21^m.0$ :

Уравнение (3) можно также написать следующим образом:

$$\Phi_{obs}(M_i) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta M} \frac{3}{\Omega} 10^{-0.6(m_{lim} - 25 - M_{max})} \sum_{M_i \pm \Delta M/2, j} \frac{(10^{-0.6(M_j - M_{max})} - 1)^{-1}}{D(10^{0.2(m_{lim} - M_j - 25)})}, & M_{max} \geq M_i \geq M_{min} \\ \frac{1}{\Delta M} \frac{3}{\Omega} 10^{-0.6(m_{lim} - 25 - M_{max})} (10^{-0.6(M_{min} - M_{max})} - 1)^{-1} \sum_{M_i \pm \Delta M/2, j} 1, & M_i < M_{min}. \end{cases} \quad (5)$$

Эти уравнения дадут истинную плотность числа галактик только в том случае, когда имеем дело с полной выборкой. Когда выборка неполная, и фактор полноты не зависит от абсолютной звездной величины, мы можем точно оценить только нормированную ФС галактик (например, [55,56]).

$$\Psi(M_i) = \frac{\Phi_{obs}(M_i)}{\sum_j \Phi_{obs}(M_j)} \quad (6)$$

Истинная плотность числа галактик с абсолютной величиной  $M_i$  будет:

$$\Phi(M_i) = P(m_{lim})^{-1} \Phi_{obs}(M_i), \quad (7)$$

а среднеквадратичное отклонение будет:

$$\sigma(\Phi(M_i)) = P(m_{lim})^{-1} \sigma(\Phi_{obs}(M_i)), \quad (8)$$

где  $P(m_{lim})$  - фактор полноты.

Для изучения полноты выборки, ограниченной звездной величиной,

широко используется  $V/V_m$  метод [51], где  $V$  - объем пространства, на краю которого находится галактика, а  $V_m$  - есть максимальный объем пространства, на краю которого галактика будет иметь видимую звездную величину, равную предельной звездной величине выборки. Если в Евклидовом пространстве объекты распределены равномерно, то среднее значение величины  $\langle V/V_m \rangle$  должно быть равно 0.5. При данном пространстве распределение величины  $\langle V/V_m \rangle$  строго эквивалентно распределению видимых величин [56], при равномерном распределении объектов будет вида  $N(m) \sim 10^{0.6m}$ . Мы предполагаем, что плотность галактик зависит от расстояния, и поэтому данные методы используем для приближенной оценки полноты выборки.

### 3. Зависимость плотности галактик от расстояния.

Зависимость плотности галактик от расстояния можно построить при помощи полных (по видимой и по абсолютной звездной величине) выборки. Для этого мы создали три подвыборки галактик по абсолютным величинам:

а) Выборка с  $M \leq -21^m$ , которая полна по абсолютной звездной величине во всем изученном объеме. По этой выборке определена искомая зависимость при красных смещениях от 7000 км/с до 20000 км/с. При малых расстояниях эта выборка непригодна по причине малочисленности галактик.

б) Выборка с  $M \leq -20^m$ . Эта выборка полна до красного смещения 12600 км/с. По этой выборке определена искомая зависимость при красных смещениях от 1700 км/с до 12600 км/с.

в) Выборка с  $M \leq -17^m.8$ . По этой выборке определена искомая зависимость при красных смещениях от 500 км/с до 5000 км/с.

Эти зависимости сшиты по общим участкам и нормированы на красное смещение 20000 км/с. Полученная кривая приведена на рис.1. Для удобства при вычислениях разные участки кривой представлены полиномами первого или второго порядка.

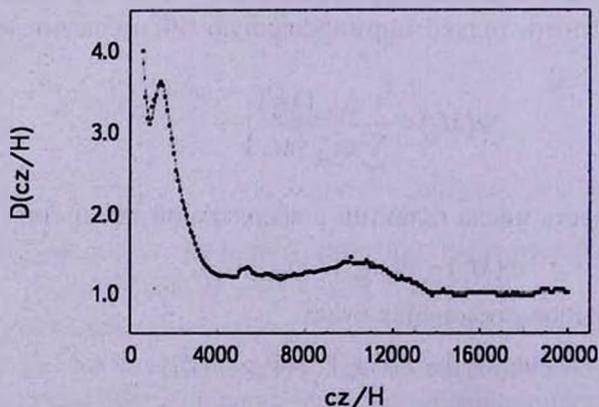


Рис.1. Зависимость относительной плотности чиста галактик от красного смещения.

4. *ФС галактик поля.* На рис.2 представлена нормализованная логарифмическая функция светимости (ЛФС,  $\log\Psi(M)$ ) галактик поля. Под названием "галактики поля" мы подразумеваем все галактики, расположенные в изучаемом объеме, независимо от того, входят они в группы или являются одиночными галактиками.

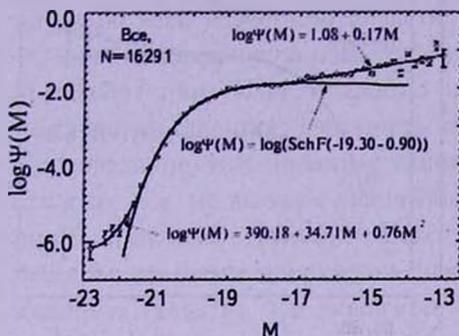


Рис.2. ЛФС галактик поля в области  $500 \leq V \leq 20000$  км/с и  $|b|| \geq 20^\circ$ .

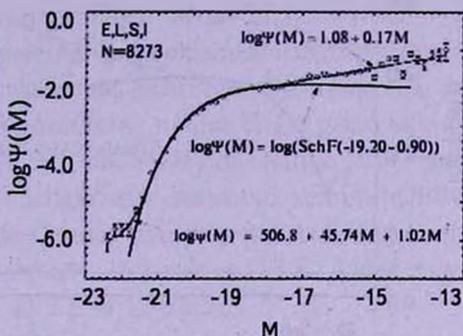


Рис.3. ЛФС галактик поля с известными морфологическими типами в области  $500 \leq V \leq 20000$  км/с и  $|b|| \geq 20^\circ$ .

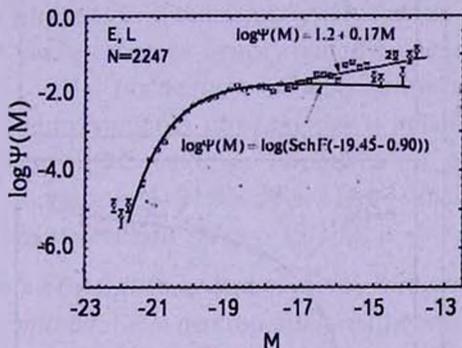


Рис.4. ЛФС эллиптических и линзовидных галактик поля в области  $500 \leq V \leq 20000$  км/с и  $|b|| \geq 20^\circ$ .

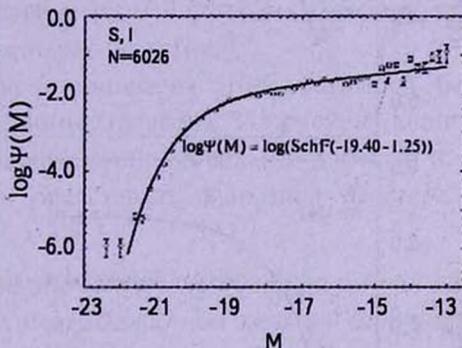


Рис.5. ЛФС спиральных и иррегулярных галактик поля в области  $500 \leq V \leq 20000$  км/с и  $|b|| \geq 20^\circ$ .

На этом и на следующих рис.3-6 среднеквадратичное отклонение посчитано следующим образом:

$$\sigma(\Psi(M_i)) = \frac{\Psi(M_i)}{n_i} \left[ n_i \left( 1 - \frac{n_i}{N} \right) \right]^{1/2} \quad (9)$$

Из рис.2 видно, что ЛФС галактик поля можно представить функцией Шехтера с параметрами  $M_0 = -19.30$  и  $\alpha = -0.90$  только в ограниченном участке светимостей:  $-21.0 \leq M \leq -17.6$ . Налево от этой области ЛФС можно представить квадратным многочленом, а направо, при слабых светимостях ЛФС можно представить линейной функцией.

На рис.3 представлена ЛФС галактик поля с известными морфологическими типами. Видно, что она почти не отличается от ЛФС всех

галактик (рис.2).

На рис.4 представлена ЛФС эллиптических и линзовидных галактик. Из рис.4 видно, что для эллиптических и линзовидных галактик, как и для всех галактик, функцией Шехтера возможно представить только часть

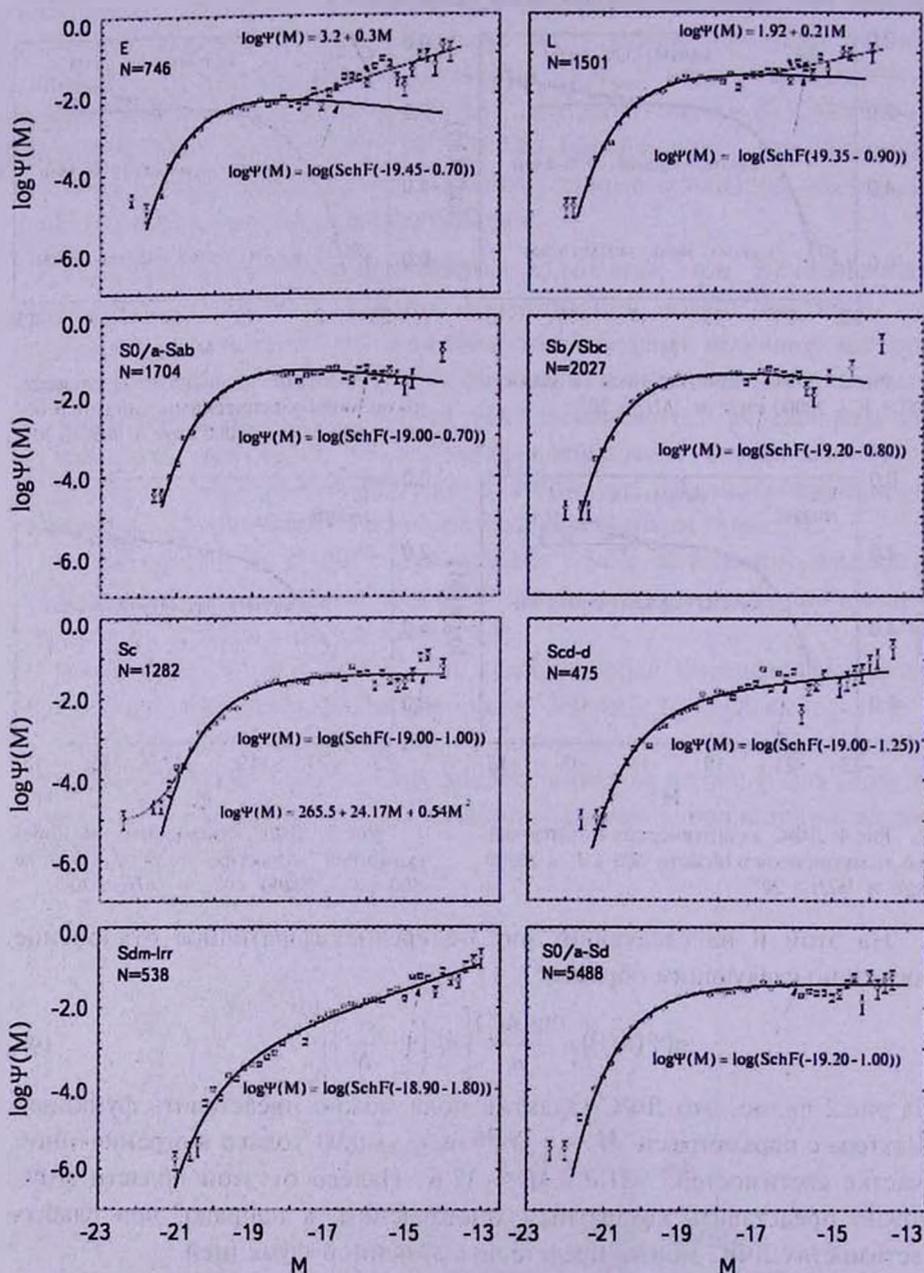


Рис.6. ЛФС галактик поля для разных морфологических типов в области  $500 \leq V \leq 20000$  км/с и  $|b|| \geq 20^\circ$ .

ЛФС. Причем, по параметру  $\alpha$  они не отличаются, а по параметру  $M_0$ , отличаются мало.

На рис.5 представлена ЛФС спиральных и иррегулярных галактик. Из рисунка видно, что ЛФС спиральных и иррегулярных галактик хорошо представляется функцией Шехтера с параметрами  $M_0 = -19.4$  и  $\alpha = -1.25$  почти во всей изученной области светимостей:  $M \geq -21.5$ .

Значительное число галактик с известными морфологическими типами позволяют нам более подробно изучать зависимость ФС галактик от морфологии галактик. Результаты представлены на рис.6. Из рис.6 видно, что поведение ЛФС галактик типов E и L подобно поведению ЛФС всех галактик, т.е. не во всем диапазоне абсолютных звездных величин ЛФС можно представить функцией Шехтера. Данная функция для эллиптических галактик применима только в диапазоне  $-21.2 \leq M \leq -17.8$ , а для линзовидных галактик - в диапазоне  $-21.2 \leq M \leq -16.5$ .

ЛФС спиральных галактик можно представить функцией Шехтера в довольно широком диапазоне абсолютных звездных величин. Параметром  $M_0$  они слабо отличаются. При переходе от ранних спиралей к поздним спиральям происходит уменьшение параметра  $\alpha$  в функции Шехтера, т.е. увеличивается относительное число слабых галактик.

На последнем изображении рис.6 приведена ЛФС спиралей без неправильных спиральных и иррегулярных галактик. Из рисунка видно, что ЛФС "чистых спиралей" в слабом конце довольно плоская и в диапазоне  $-21.5 \leq M \leq -14.0$  можно представить функцией Шехтера с параметрами  $M_0 = -19.2$  и  $\alpha = -1.0$ .

5. *Средняя плотность числа галактик разных морфологических типов.* Если фактор полноты не зависит от абсолютной звездной величины, то нормированная ФС галактик не зависит от полноты выборки по видимой

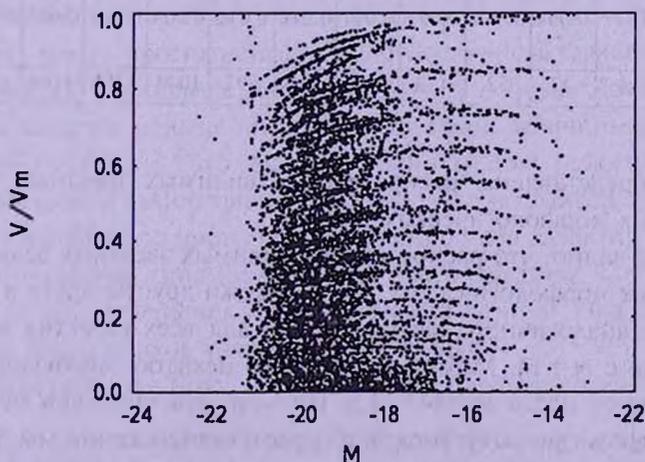


Рис.7. Зависимость величин  $V/V_m$  от абсолютной звездной величины галактики.

звездной величине (см., например, [56]). То есть, когда выполняется это условие, то нормированную ФС галактик можно построить также по неполной выборке. Иное положение, когда оцениваем среднюю плотность числа галактик. Для этого надо оценить полноту изучаемых выборок.

На рис.7 для нашей выборки представлена зависимость величин  $V/V_m$  от абсолютной звездной величины галактики.

Рис.7 не показывает какую-либо зависимость между обсуждаемыми величинами, т.е фактор полноты не зависит от абсолютной звездной величины.

Полноту CfA2 выборки можем приближенно оценить по  $\langle V/V_m \rangle$  тесту Шмилта [51], поскольку этот тест требует равномерного распределения галактик в пространстве.

В табл.1 представлены величины  $\langle V/V_m \rangle \pm (12n)^{-1/2}$  в зависимости от видимой звездной величины как для всех галактик, так и для галактик с известными морфологическими типами. Из таблицы видно, что выборку всех галактик можно считать полной, а выборки галактик с известными морфологическими типами можно считать полными до видимой звездной величины  $m = 14.0 - 14.5$ .

Таблица 1

ВЕЛИЧИНЫ  $\langle V/V_m \rangle$  В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДИМОЙ ЗВЕЗДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ДЛЯ ВСЕХ ГАЛАКТИК И ДЛЯ ГАЛАКТИК С ИЗВЕСТНЫМИ МОРФОЛОГИЧЕСКИМИ ТИПАМИ

$m$	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5
$\langle V/V_m \rangle$ все галактики	0.49± 0.077	0.54± 0.051	0.44± 0.040	0.49± 0.027	0.44± 0.021	0.45± 0.016	0.47± 0.012	0.46± 0.009	0.46± 0.007	0.48± 0.005	0.53± 0.003	0.50± 0.002
$n$	14	32	52	113	189	337	611	1089	1872	3496	7773	16291
$\langle V/V_m \rangle$ Галактики с морфологичес- кими типами	0.49± 0.077	0.54± 0.051	0.44± 0.040	0.49± 0.027	0.44± 0.021	0.45± 0.016	0.46± 0.012	0.45± 0.009	0.45± 0.007	0.46± 0.005	0.44± 0.004	0.39± 0.003
$n$	14	32	52	113	188	336	597	1044	1763	3164	5338	8273

На рис.8 представлены распределения видимых звездных величин галактик разных морфологических типов.

Из рисунка видно, что распределения видимых звездных величин для галактик разных морфологических типов похожи друг на друга и заметно отличаются от аналогичного распределения для всех галактик в слабом конце, начиная с  $m = 14$ . Можно сказать, что нехватка морфологических типов проявляется после  $m = 14 - 14.5$ . Причем, эти пропуски незначимо зависят от морфологического типа, и в первом приближении мы приняли, что выборки для разных морфологических типов полны до  $m = 14.2$ . Также

можем принять, что вся выборка безотносительно к известности морфологического типа, является полной.

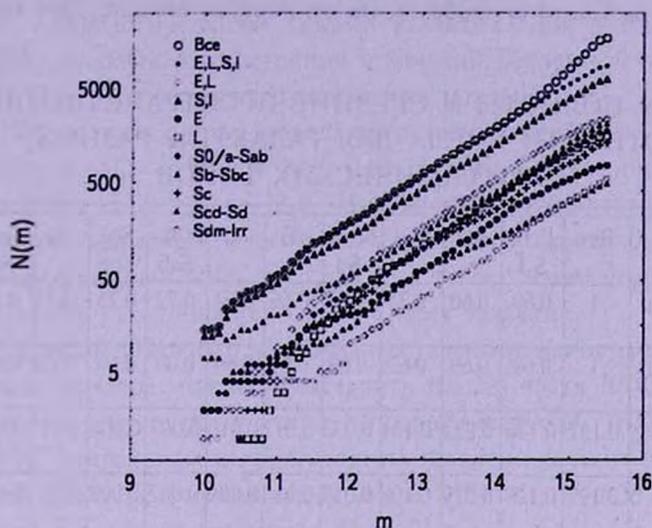


Рис.8. Распределения видимых звездных величин галактик разных морфологических типов.

Для галактик конкретных морфологических типов фактор полноты оценили двумя способами:

а) По формуле, предложенной в [56], которая, строго говоря, требует равномерного распределения галактик в пространстве.

$$P(m_{lim}) = 10^{-0.6(m_{lim} - m_1)} \left[ 1 + 0.6 \ln 10 \frac{N(m_{lim}) - N(m_1)}{n(m_1)} \right], \quad m_1 \leq m_{lim}, \quad (10)$$

где  $P(m_{lim})$  - фактор полноты,  $m_1$  - видимая величина, до которой выборку можно принять полной,  $N(m_1)$  - число объектов, имеющих звездные величины меньше  $m_1$ ,  $n(m_1)$  - пространственная плотность числа галактик при  $m_1$  (или число галактик в интервале  $m_1 \pm 0.5$ ),  $N(m_{lim})$  - число объектов, видимые величины которых меньше предельной звездной величины выборки  $m_{lim}$ .

б) Предположим, что фактор полноты для галактик отдельных морфологических типов один и тот же. Тогда фактор полноты будет равняться отношению плотности, полученной для галактик с известными морфологическими типами, без учета этого фактора, к плотности всех галактик безотносительно к морфологическим типам. Она равняется 0.69. Ясно, что такой подход также приближенный.

Факторы полноты  $P(m_{lim})$  и средние пространственные плотности числа

$$\rho = P^{-1}(m_{lim}) \sum_i \Phi_{obs}(M_i), \quad (11)$$

для галактик разных морфологических типов и для обоих способов

вычисления приведены в табл.2. Из табл.2 видно, что разница пространственных плотностей числа галактик разных морфологических типов, вычисленных разными способами, не отличается больше, чем на 20%.

Таблица 2

ФАКТОРЫ ПОЛНОТЫ И СРЕДНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПЛОТНОСТИ ЧИСЛА ДЛЯ ГАЛАКТИК РАЗНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

	T	Все	E,L, S,I	E,L	S,I	S0/a- Sd	E	L	S0/a- Sab	Sb/ Sbc	Sc	Scd/ Sd	Sdm/ lrr
а способ	$P(m_{lim})$	1	0.69	0.60	0.73	0.73	0.56	0.62	0.72	0.75	0.73	0.70	0.74
б способ	$P(m_{lim})$	1	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
а способ	$\rho$ (Мпк <sup>-3</sup> )	0.127	0.126	0.022	0.101	0.035	0.012	0.010	0.007	0.008	0.01	0.011	0.065
б способ	$\rho$ (Мпк <sup>-3</sup> )	0.127	0.127	0.019	0.108	0.037	0.010	0.009	0.007	0.008	0.01	0.011	0.071
	<i>n</i>	16291	8273	2247	6026	5488	746	1501	1704	2027	1282	475	538

Приведем средние абсолютные величины галактик. Исходя из поведения ФС эллиптических и линзовидных галактик, средние абсолютные величины приведем для двух интервалов абсолютных величин,  $-23 \leq M \leq -17.8$  и  $-23 \leq M \leq -14.0$ . Результаты приведены в табл.3 откуда видно, что при переходе от эллиптических галактик к линзовидным галактикам, к ранним спиральным галактикам, и далее, к поздним спиральным галактикам, наблюдается

Таблица 3

СРЕДНИЕ АБСОЛЮТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ГАЛАКТИК РАЗНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

Тип	$-23 \leq M \leq -17.8$			$-23 \leq M \leq -14.0$		
	$\langle M \rangle$	$\sigma(M)$	<i>n</i>	$\langle M \rangle$	$\sigma(M)$	<i>n</i>
Все	-18.74	0.006	14646	-15.93	0.013	16269
E,L,S,I	-18.68	0.008	7154	-15.75	0.017	8257
E,L	-18.81	0.016	2027	-15.83	0.034	2245
S,I	-18.66	0.009	5127	-15.73	0.020	6012
S0/a-Sd	-18.67	0.010	4917	-16.44	0.022	5485
E	-18.92	0.030	650	-15.36	0.051	745
L	-18.78	0.019	1377	-16.35	0.042	1500
S0/a-Sab	-18.78	0.017	1586	-16.82	0.042	1704
Sb/Sbc	-18.76	0.016	1897	-17.27	0.033	2026
Sc	-18.55	0.019	1090	-16.14	0.044	1282
Scd/Sd	-18.42	0.031	344	-15.85	0.066	473
Sdm/lrr	-18.29	0.037	210	-15.03	0.043	527

уменьшение средней светимости ярких галактик ( $-23 \leq M \leq -17.8$ ).

6. *Заключение.* В данной работе изучена ФС галактик поля и ее связь с морфологическими типами галактик. Для учета зависимости плотности галактик от расстояния в близкой Вселенной обобщен метод Шмидта [51]. Получены следующие результаты:

1. ЛФС галактик поля можно представить функцией Шехтера [1] с параметрами  $M_0 = -19.30$  и  $\alpha = -0.90$  только в ограниченном участке светимостей:  $-21.0 \leq M \leq -17.6$ . Налево от этой области ЛФС можно представить квадратным многочленом, а направо, при слабых светимостях - линейной функцией. ЛФС галактик поля с известными морфологическими типами почти не отличается от ЛФС всех галактик.

2. Для эллиптических и линзовидных галактик, как и для всех галактик, функцией Шехтера можно представить только часть ЛФС. Причем, по параметру  $\alpha$  они не отличаются, а по параметру  $M_0$  отличаются мало:

3. ЛФС спиральных и иррегулярных галактик хорошо представляется функцией Шехтера с параметрами  $M_0 = -19.4$  и  $\alpha = -1.25$  почти во всей изученной области светимостей:  $M \geq -21.5$ .

4. Поведение ЛФС галактик типов E и L подобно поведению ЛФС всех галактик, т.е. не во всем диапазоне абсолютных звездных величин ЛФС можно представить функцией Шехтера. Данная функция для эллиптических галактик применима только в диапазоне  $-21.2 \leq M \leq -17.8$ , а для линзовидных галактик - в диапазоне  $-21.2 \leq M \leq -16.5$ .

5. ЛФС спиральных галактик можно представить функцией Шехтера в довольно широком диапазоне абсолютных звездных величин. При переходе от ранних спиралей к поздним происходит уменьшение параметра  $\alpha$  в функции Шехтера, т.е. увеличивается относительное число слабых галактик. Параметром  $M_0$  они слабо отличаются.

6. Оценена полнота и средняя плотность выборок галактик разных морфологических типов. Средняя плотность числа всех галактик в диапазоне  $-23 \leq M \leq -13$  равна  $0.126 \text{ Мпк}^{-3}$ .

7. Оценены средние абсолютные звездные величины галактик разных морфологических типов в двух интервалах абсолютной звездной величины:  $-23 \leq M \leq -17.8$  и  $-23 \leq M \leq -14.0$ . При переходе от эллиптических галактик к линзовидным, к ранним и поздним спиральям в яркой части абсолютных звездных величин ( $-23 \leq M \leq -17.8$ ), наблюдается уменьшение средних светимостей.

Данная работа поддержана грантом Армянского Национального Фонда Науки и Образования (ANSEF, США).

## LUMINOSITY FUNCTION OF THE FIELD GALAXIES

А.Р.МАНТЕССИАН

Schmidt's method is generalized for account of dependence of density of galaxies from distance in the close Universe. The logarithmical luminosity function (LLF) of field galaxies depending on morphological type is constructed. It is received, that LLF of all galaxies, of elliptical and lenticular galaxies is possible to present by Schechter function to enough narrow area of absolute magnitudes. LLF of spiral galaxies can be presented by Schechter function to enough wide area of absolute magnitude:  $-21.0 \leq M \leq -14$ . At transition from early spirals to the late spirals parameter  $\alpha$  in Schechter function is reduced. Spiral galaxies differ slightly by parameter  $M_0$ . At transition from elliptical galaxies to lenticulars galaxies, to early spiral galaxies, and further, to late spiral galaxies, in a bright end,  $-23 \leq M \leq -17.8$  the reduction of average luminosity of galaxies is observed. Completeness and average density of samples galaxies of different morphological types is estimated. In the range  $-23 \leq M \leq -13$  the mean number density of all galaxies equal  $0.126 \text{ Mpc}^{-3}$ .

Key words: *galaxies:luminosity function*

## ЛИТЕРАТУРА.

1. P.Schechter, *Astrophys. J.*, **203**, 297, 1976.
2. М.А.Аракелян, А.Т.Каллоглян, *Астрон. ж.*, **46**, 1215, 1969.
3. A.Jr.Oemler, *Astrophys. J.*, **194**, 1, 1974.
4. J.E.Felten, *Astron. J.*, **82**, 861, 1977.
5. A.Dressler, *Astrophys. J.*, **223**, 765, 1978.
6. A.Sandage, B.Binggeli, G.A.Tammann, *Astron. J.*, **90**, 1759, 1985.
7. W.R.Oegerle, J.G.Hoessel, R.M.Ernst, *Astron. J.*, **91**, 697, 1986.
8. P.M.Iugger, *Astrophys. J.*, **303**, 535, 1986.
9. W.R.Oegerle, J.G.Hoessel, M.S.Jewison, *Astron. J.*, **93**, 519, 1987.
10. B.Binggeli, A.Sandage, G.A.Tammann, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **26**, 509, 1988.
11. M.M.Colless, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **237**, 799, 1989.
12. C.N.A.Willmer, P.Focardi, R.Chan, P.S.Pellegrini, L.N. da Costa, *Astron. J.*, **101**, 57, 1991.
13. D.H.Gudehus, D.J.Hegy, *Astron. J.*, **101**, 18, 1991.
14. B.Garilli, D.Maccagni, G.Vettolani, *Astron. J.*, **101**, 795, 1991.
15. H.C.Ferguson, A.Sandage, *Astron. J.*, **101**, 765, 1991.
16. B.Garilli, D.Bottini, D.Maccagni, G.Vettolani, T.Maccacaro, *Astron. J.*, **104**, 1290, 1992.

17. *J.Loveday, B.A.Peterson, G.Efstathiou, S.J.Maddox*, *Astrophys. J.*, **390**, 338, 1992.
18. *R.O.Marzke, M.J.Geller, J.P.Huchra, H.G.Corwin*, *Astron. J.*, **108**, 437, 1994.
19. *A.L.B.Ribeiro, R.R. de Carvalho, S.E.Zepf*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **267**, L13, 1994.
20. *S.P.Driver, S.Phillipps, J.I.Davies, I.Morgan, M.J.Disney*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **268**, 393, 1995.
21. *O.Lopez-Cruz, H.K.C.Yee*, *ASP Conf. Ser.* 86, *Fresh Views of Elliptical Galaxies*, ed. A.Buzzoni, A.Renzini, A.Serrano (San Francisco: ASP), 279, 1995.
22. *L.F.Barrientos, D.Schade, O.Lopez-Cruz*, *Astrophys. J.*, **460**, L89, 1996.
23. *H.Lin, R.P.Kirshner, S.A.Shectman et al.*, *Astrophys. J.*, **464**, 60, 1996.
24. *S.Andreon, E.Davoust, T.Heim*, *Astron. Astrophys.*, **323**, 337, 1997.
25. *E.Gaidos*, *Astron. J.*, **113**, 117, 1997.
26. *H.Jerjen, G.Tamman*, *Astron. Astrophys.*, **321**, 713, 1997.
27. *O.Lopez-Cruz, H.K.C.Yee, J.P.Brown, C.Jones, W.Forman*, *Astrophys. J.*, **475**, 97, 1997.
28. *S.L.Lumsden, C.A.Collins, R.C.Nichol, V.R.Eke, L.Guzzo*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **290**, 119, 1997.
29. *N.Trentham*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **290**, 334, 1997.
30. *C.A.Valotto, M.A.Nicotra, H.Muriel, D.G.Lambas*, *Astrophys. J.*, **479**, 90, 1997.
31. *S.E.Zepf, R.R. de Carvalho, A.L.B.Ribeiro*, *Astrophys. J.*, **488**, L11, 1997.
32. *S.Andreon*, *Astron. Astrophys.*, **336**, 98, 1998.
33. *B.C.Bromley, W.H.Press, H.Lin, R.P.Kirshner*, *Astrophys. J.*, **505**, 25, 1998.
34. *H.Muriel, C.A.Valotto, D.G.Lambas*, *Astrophys. J.*, **506**, 540, 1998.
35. *S.Rayzy, C.Adami, A.Mazure*, *Astron. Astrophys.*, **337**, 31, 1998.
36. *B.M.Garilli, D.Maccagni, S.Andreon*, *Astron. Astrophys.*, **342**, 408, 1999.
37. *C.Marinoni, P.Monaco, G.Giuricin, B.Costantini*, *Astrophys. J.*, **521**, 50, 1999.
38. *M.Ramella, G.Zamorani, E.Zucca et al.*, *Astron. Astrophys.*, **342**, 1, 1999.
39. *A.I.Zabludoff, J.S.Mulchaey*, *Astrophys. J.*, **539**, 136, 2000.
40. *M.Paolillo, S.Andreon, G.Longo et al.*, *Astron. Astrophys.*, **367**, 59, 2001.
41. *R. de Propis, M.Colless, S.Driver et al.*, preprint [astro-ph/0212562], 2002.
42. *T.Goto, S.Okamura, T.McKay et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **54**, 515, 2002.
43. *N.Trentham, S.Hodgkin*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **333**, 423, 2002.
44. *M.J.Cuesta-Bolao, A.Serna*, *Astron. Astrophys.*, **405**, 917, 2003.
45. *A.Dressler*, *Astrophys. J.*, **236**, 351, 1980.
46. *А.П.Магтесян, В.Г.Мовсисян*, *Астрофизика*, **53**, 83, 2010.
47. *D.Lynden-Bell*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **155**, 95, 1971.
48. *J.Choloniewski*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **226**, 273, 1987.
49. *J.F.Nicol, I.E.Segal*, *Astron. Astrophys.*, **118**, 180, 1983.
50. *G.Efstathiou, R.S.Ellis, B.A.Peterson*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **232**, 431, 1988.
51. *M.Schmidt*, *Astrophys. J.*, **151**, 393, 1968.
52. *J.Huchra, W.L.W.Sargent*, *Astrophys. J.*, **186**, 433, 1973.
53. *A.Sandage*, *Astrophys. J.*, **183**, 711, 1973.
54. *А.П.Магтесян*, *Астрофизика*, **40**, 45, 1997.
55. *J.Neyman, E.L.Scott*, *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, IAUS, №63, Ed. by Longair, 129, 1974.
56. *В.Ю.Теребиж*, *Астрофизика*, **16**, 45, 1980.