

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 17

ФЕВРАЛЬ, 1981

ВЫПУСК 1

УДК 524.7

СРЕДНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯРКОСТИ ОДИНОЧНЫХ И ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК

М. А. АРАКЕЛЯН, А. П. МАГГЕСЯН

Поступила 9 июля 1980

Принята к печати 8 октября 1980

Показано, что средняя поверхностная яркость спиральных галактик, являющихся компонентами пар, с высокой степенью статистической значимости превосходит поверхностную яркость изолированных спиральных галактик. Отмечается рост средней поверхностной яркости спиральных галактик в парах с уменьшением линейного расстояния между компонентами. Выявлена также небольшая корреляция между средними поверхностными яркостями компонентов пар, убывающая с ростом линейного расстояния между ними.

1. *Введение.* Сравнение характеристик одиночных галактик и галактик, являющихся членами систем, представляет определенный интерес, т. к. имевшие место различия в условиях образования галактик могут в той или иной степени проявиться в самых различных характеристиках. С этой точки зрения, среди других параметров целесообразно также рассмотрение средних поверхностных яркостей одиночных галактик и членов систем. Существование различий между средними значениями средних поверхностных яркостей одиночных и кратных галактик представляется вероятным и потому, что с переходом от центральной части скопления в Волосах Вероники к его периферии происходит монотонное уменьшение этой величины [1].

2. *Средние поверхностные яркости объектов в Каталоге изолированных галактик и Каталоге изолированных пар.* Информация об изолированных галактиках и изолированных парах галактик содержится, соответственно, в опубликованных в последние годы каталогах В. Е. Караченцевой [2] и И. Д. Караченцева [3]. Каталог изолированных галактик (КИГ)

содержит 1051 объект, а каталог изолированных пар (КИП) — 603 пары. Критерии отбора, положенные в основу двух каталогов, допускают небольшое перекрывание, в результате чего имеется несколько галактик, содержащихся в обоих каталогах. Однако, с точки зрения производимого нами статистического рассмотрения, подобное перекрывание несущественно.

В настоящей статье, как и в [1], сравнение произведено на основе поверхностных яркостей, вычисленных по фотометрическим данным Каталога галактик и скоплений галактик (КГСГ) Ф. Цвикки и соавторов [4—9] и размеров, приведенных в морфологическом каталоге галактик (МКГ) Б. А. Воронцова-Вельяминова и соавторов [10—12]. Случаи, когда в каком-либо из указанных каталогов приводятся данные, относящиеся к паре галактик, исключены из рассмотрения.

По формуле, использованной ранее в [13], были вычислены средние поверхностные яркости $\bar{B}$ всех галактик двух указанных каталогов, для которых в МКГ приведены внешние размеры. Числа галактик каждого каталога с вычисленными $\bar{B}$ приведены во втором столбце табл. 1. В третьем столбце приведены средние значения средних поверхностных яркостей, в четвертом — соответствующие средние квадратичные отклонения. Поскольку относительные количества эллиптических и линзовидных галактик в КИП заметно превосходят их долю в КИГ, то имеет смысл раздельное рассмотрение галактик различных морфологических типов. Соответствующие данные приведены в последующих столбцах табл. 1.

Таблица 1

Каталог	Все галактики			Эллиптические галактики			Спиральные галактики		
	n	$\langle \bar{B} \rangle$	σ^2	n	$\langle \bar{B} \rangle$	σ^2	n	$\langle \bar{B} \rangle$	σ^2
КИГ	591	23.85	1.09	36	22.75	0.60	553	23.9	0.98
КИП	600	23.4	0.99	96	22.8	0.70	504	23.55	0.95

(При вычислении $\langle \bar{B} \rangle$ из числа одиночных эллиптических галактик исключены две галактики крайне низкой поверхностной яркости, по-видимому, относящиеся к объектам типа системы в Скульпторе).

Различие между средними поверхностными яркостями эллиптических галактик в двух каталогах статистически незначимо. Что касается спиральных галактик, то, как видим, при переходе от одиночных объектов к компонентам пар происходит заметный рост средней поверхностной яркости. Благодаря большому числу объектов, на которых основаны приведен-

ные средние, статистическая значимость различий между $\langle \tilde{B} \rangle$ для одиночных галактик и компонентов пар очень велика — 0.001.

Относительно высокое среднее значение средней поверхностной яркости компонентов пар, являющихся спиральными галактиками, по сравнению с изолированными спиральными галактиками дает основание ожидать также корреляции между поверхностными яркостями и линейными расстояниями между компонентами пар. Для проверки существования подобной корреляции были рассмотрены пары спиральных галактик, для которых в литературе (преимущественно в [14—16]) удалось найти лучевые скорости. Для этих пар были вычислены проекции линейного расстояния на картинную плоскость.

$$x = 3.88 \cdot 10^{-3} V_r, \quad (1)$$

выраженные в кпс ($H = 75 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$). θ в (1) есть угловое расстояние между компонентами пар согласно [3], а V_r — средняя лучевая скорость по двум компонентам пары. (Рассматривались лишь пары с разностью лучевых скоростей, не превышающей 500 км/с). Если известны лучевая скорость или поверхностная яркость лишь одного компонента пары, то использовались эти величины. На рис. 1 представлена зависимость между средними поверхностными яркостями компонентов пар и величиной x для 158 галактик из 81 пары с $x < 200$ кпс. Несмотря на очень боль-

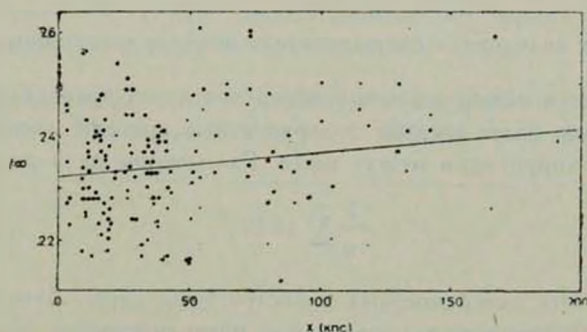


Рис. 1. Зависимость между средними поверхностными яркостями компонентов пар и проекцией линейного расстояния между ними.

шой разброс, между рассматриваемыми величинами усматривается определенная корреляция. Приведенная зависимость описывается соотношением

$$\begin{aligned} \bar{B} &= 0.0048x + 23.22 \\ &\pm 0.0020 \quad \pm 0.12 \end{aligned} \quad (2)$$

Коэффициент корреляции между рассматриваемыми величинами довольно мал (0.18 ± 0.08). Однако, принимая во внимание невысокую точность определения поверхностной яркости, мы можем объяснить малость коэффициента корреляции большими ошибками определения $\tilde{B}$.

Для подтверждения реальности зависимости между $\tilde{B}$ и x вычислим среднюю поверхностную яркость для компонентов пар с проекцией расстояния между компонентами x , не превышающей 50 кпс. Среди объектов с известными лучевыми скоростями имеются 53 такие пары, и среднее значение средней поверхностной яркости для 102 их компонентов с известными значениями $\tilde{B}$ составляет 23.30 ($\sigma^2 = 0.81$). Статистическая значимость различия между этим значением и средним по остальным 400 спиральным галактикам составляет 0.01.

Сопоставление (2) и данных табл. 1 показывает, что среднее значение $\tilde{B}$ достигает среднего, соответствующего одиночным спиральным галактикам, при $x \approx 175$ кпс. С другой стороны, поскольку при случайной ориентации компонентов пар в пространстве среднее значение истинного линейного расстояния r между компонентами и проекция этой величины x связаны соотношением

$$r = \frac{4}{\pi} x, \quad (3)$$

то приведенному значению x соответствует линейное расстояние $r \approx 225$ кпс.

3. *Корреляция между средними поверхностными яркостями компонентов пар.* Обсудим далее средние поверхностные яркости компонентов пар с точки зрения корреляции между ними. Рассмотрим величину

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta \tilde{B}_i)^2, \quad (4)$$

где $\Delta \tilde{B}_i$ — разность поверхностных яркостей i -той пары. Легко убедиться, что в случае отсутствия корреляции между поверхностными яркостями компонентов пар

$$\sigma^2 = 2\sigma^2, \quad (5)$$

где σ^2 — дисперсия средних поверхностных яркостей всего рассмотренного множества. Если же средние поверхностные яркости компонентов пар коррелированы, то, очевидно, коэффициент корреляции между ними равен

$$\rho = 1 - \frac{\sigma^2}{2\sigma^2}. \quad (6)$$

Вычисление α^2 по 193 парам спиральных галактик, у которых средние поверхностные яркости известны для обоих компонентов пар, дает

$$\alpha^2 = 1.32, \quad (7)$$

откуда, учитывая значение $\sigma^2 = 1.08$, полученное по тем же 386 галактикам, получим

$$\rho = 0.34. \quad (8)$$

Существование корреляции между средними поверхностными яркостями компонентов пар, с одной стороны, и полученная в предыдущем параграфе корреляция поверхностных яркостей компонентов пар с их взаимным расстоянием, с другой, дают косвенное основание ожидать также зависимости между разностью поверхностных яркостей компонентов пар и их взаимным расстоянием. Если подобная корреляция действительно существует, то параметр α^2 должен быть возрастающей функцией x , а коэффициент корреляции — убывающей. Эти величины были вычислены по данным о 68 парах спиральных галактик с $x < 100$ кпс, для которых известны лучевые скорости и средние поверхностные яркости обоих компонентов. Ожидаемый эффект, по-видимому, действительно имеет место. Значение α^2 по этим 68 парам оказывается равным 1.20, а α^2 вычисленное по 136 галактикам, — 1.04. Таким образом, для галактик с $x < 100$ кпс получаем $\rho = 0.42$, что несколько больше приведенного выше значения, соответствующего 193 парам, рассмотренным без ограничения проекции линейного расстояния между компонентами.

Произведем теперь непосредственную оценку темпа роста $|\Delta B|$ с x . Зависимость $|\Delta B|$ от x для 76 пар с $x < 200$ кпс представлена на рис. 2.

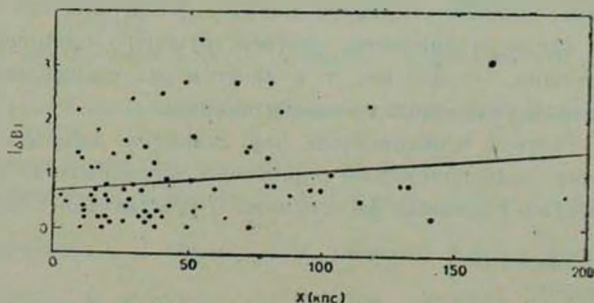


Рис. 2. Зависимость модуля разности средних поверхностных яркостей компонентов пар от проекции линейного расстояния между ними.

Как и в предыдущем случае, несмотря на большой разброс, можно усмотреть определенную корреляцию между рассматриваемыми величинами. Зависимость между ними описывается соотношением

$$|\Delta B| = 0.0039x \pm 0.70 \quad (9) \\ \pm 0.0022 \pm 0.13.$$

Малость коэффициента корреляции между рассматриваемыми величинами, 0.20 ± 0.11 , как и в предыдущем случае, можно объяснить низкой точностью определения средних поверхностных яркостей. Реальность же зависимости между $|\Delta B|$ и x иллюстрируется приведенными выше значениями коэффициента корреляции и особенно различием между коэффициентом, соответствующим всей выборке, и значением, соответствующим объектам с $x < 100$ кпс.

4. *Заключение.* Произведенное сравнение спиральных галактик в Каталоге изолированных галактик [2] и Каталоге изолированных пар [3] выявило разницу в средних значениях средних поверхностных яркостей тех и других. Хотя разница между средними невелика, 0.35, она имеет высокую статистическую значимость, поскольку каждая из рассмотренных выборок содержит не менее 500 галактик. Существование подобной разницы между компонентами пар, с одной стороны, и изолированными галактиками, с другой, может рассматриваться как свидетельство взаимного влияния компонентов пар на их эволюцию.

Такая интерпретация обнаруженной разницы согласуется с другой особенностью спиральных галактик, являющихся компонентами пар — зависимостью их средней поверхностной яркости от взаимного расстояния компонентов. По средним поверхностным яркостям компоненты пар превосходят изолированные галактики. Поэтому с предложенной интерпретацией вполне согласуется тот факт, что галактики, являющиеся компонентами более тесных пар, имеют в среднем более высокую поверхностную яркость. Среднее значение средней поверхностной яркости компонентов пар достигает среднего значения, соответствующего одиночным галактикам, при расстоянии $r \sim 225$ кпс, т. е. на этом расстоянии взаимное влияние компонентов пар становится незначительным.

Наконец, третьей особенностью пар галактик является корреляция между средними поверхностными яркостями компонентов, также максимальная при малых взаимных расстояниях и убывающая с их ростом.

THE MEAN SURFACE BRIGHTNESS OF THE SINGLE AND DOUBLE GALAXIES

M. A. ARAKELIAN, A. P. MAHTESSIAN

It is shown that the mean surface brightness of the spiral galaxies being the components of the pairs exceeds with high statistical significance that of isolated spiral galaxies. The increase of the mean surface brightness of the spirals in the pairs with decrease of their mutual linear distance is stated. The small correlation between the mean surface brightness of the components of the pairs is also revealed. It decreases with the increase of the mutual linear distances.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Аракелян, *Астрофизика*, 13, 651, 1977.
2. В. Е. Караченцева, *Сообщ. САО*, 8, 3, 1973.
3. И. Д. Караченцев, *Сообщ. САО*, 7, 3, 1972.
4. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, I, 1961.
5. F. Zwicky, E. Herzog, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, II, 1963.
6. F. Zwicky, E. Herzog, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, III, 1966.
7. F. Zwicky, E. Herzog, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, IV, 1968.
8. F. Zwicky, M. Karpowicz, C. T. Kowal, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, V, 1965.
9. F. Zwicky, C. T. Kowal, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, VI, 1966.
10. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красноярская, *Морфологический каталог галактик*, т. I, М., 1962.
11. Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. П. Архипова, *Морфологический каталог галактик*, т. II, М., 1964.
12. Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. П. Архипова, *Морфологический каталог галактик*, т. III, М., 1963.
13. М. А. Аракелян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 47, 3, 1975.
14. I. D. Karachentsev, V. I. Pronik, K. K. Chuvaev, *Astron. Astrophys.*, 41, 375, 1975.
15. I. D. Karachentsev, V. I. Pronik, K. K. Chuvaev, *Astron. Astrophys.*, 51, 185, 1976.
16. И. Д. Караченцев, В. А. В. Сарджент, Б. Циммерман, *Астрофизика*, 15, 25, 1979.