

УДК: 524.77

О СВЯЗИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА ЯРЧАЙШЕЙ ГАЛАКТИКИ И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ОСТАЛЬНЫХ ЧЛЕНОВ В ШИРОКИХ ГРУППАХ ГАЛАКТИК

А.П.МАГТЕСЯН, В.Г.МОВСЕСЯН

Поступила 18 октября 2000

Принята к печати 15 января 2001

Исследование групп галактик показало, что существует корреляция между морфологическим типом ярчайшей галактики и морфологическими типами остального населения группы. Распределения по морфологическим типам ярчайших галактик и остальных членов групп не отличаются друг от друга. Это означает, что наблюдаемые морфологические типы как ярчайших, так и остальных членов групп не могут быть объяснены их взаимодействием с окружением. Они могут быть обусловлены начальными условиями в эпоху образования галактик.

1. *Введение.* В 1956г. в своей работе, посвященной кратным галактикам, В.А.Амбарцумян [1] показал, что наблюдаемое количество двойных и кратных галактик значительно превышает ожидаемое, полученное из предположения о диссоциативном равновесии. Это привело к важному заключению о том, что составляющие двойных и кратных систем, а также скоплений не могли возникнуть независимо друг от друга и только потом объединиться в системы, путем взаимного захвата. Они должны были возникнуть совместно. Более того, в тех случаях, когда в группе имеется центральная галактика большой светимости, происхождение слабых членов группы должно быть обусловлено деятельностью ядра центральной галактики [2]. С другой стороны, многие авторы считают, что свойства центральных галактик групп и скоплений обусловлены их взаимодействием с окружающими галактиками. Например, свойственные сD-галактикам обширные гало и кратные ядра считаются следствием каннибализма [3-6]. Предполагается, что на морфологию галактик сильно влияют и такие процессы, как "обдирание лобовым давлением" [7], "приливное обдирание" [8,9] и "слияние галактик" [10,11].

Исследования [12], проведенные на основе нового списка групп галактик [13-15], подтвердили ранее полученный результат [16-18] о том, что маловероятно сильное воздействие на морфологию галактик со стороны окружения. Следовательно, наблюдаемые морфологические типы галактик следует считать следствием начальных условий (например, плотности или момента вращения протогалактики или протоскопления)

в эпоху их образования.

Целью настоящей работы является освещение на основании упомянутого выше списка групп галактик следующих вопросов:

1. Существует ли корреляция между морфологическим типом ярчайшей галактики и морфологическими типами остального населения группы? В том числе существует ли связь между морфологическими типами галактик первого и второго рангов в группах?

2. Отличается ли распределение по морфологическим типам галактик первого ранга от аналогичного распределения остальных галактик?

В работе [19] исследованы 9 групп Южного неба, которые имели доминирующую эллиптическую галактику. Оказалось, что отношение чисел сферических и плоских галактик в этих группах примерно в три раза превышает аналогичную величину для других групп. Авторы приходят к заключению, что наличие доминирующей эллиптической галактики содействует образованию других эллиптических галактик. Аналогичный вывод получен в работе [20], где изучены широкие группы.

В [16] одним из авторов данной статьи было получено, что в группах, относительно богатых эллиптическими и линзовидными галактиками, среди спиральных галактик ранние спирали встречаются чаще, чем в группах с меньшей долей эллиптических галактик. Это означает, что когда окружение спиральной галактики богато эллиптическими галактиками, то и в самой галактике с большой вероятностью можно обнаружить богатое звездное население II типа, а когда в окружении спиральной галактики мало эллиптических галактик, то вероятнее всего звездное население II типа в этой галактике слабо развито [21].

В посвященной изучению компактных групп работе [22] получено, что в группах, ярчайшим членом которых является спиральная галактика, относительное число спиральных галактик больше, чем в остальных. В другой работе, тоже посвященной изучению компактных групп галактик [23], показано, что распределения по морфологическим типам ярчайших галактик и всех галактик групп не отличаются друг от друга. Относительное количество спиральных галактик для всей выборки составляет 0.49, что почти совпадает с относительным количеством спиральных галактик среди главных членов групп (0.48). Кроме того, в этих группах обнаружена морфологическая согласованность между галактиками. Как оказалось, из 58 групп, содержащих по 4 галактики, 20 имели в своем составе галактики одного морфологического класса (раннего или позднего). Вероятность такого события, подсчитанная из предположения о независимости морфологических типов, ничтожно мала (около 10^{-5}).

При изучении двойных галактик в работах [24,25] получен, в частности, следующий результат: тенденцию объединения в пары имеют галактики с близкими морфологическими типами. К такому же заключению пришли

в работе [26], где были исследованы 16930 пар ближайших соседей.

2. *Выборка.* Список групп галактик составлен на основе CfA-обзора красных смещений [27]. Принципы идентификации приведены в [13] и [14], а каталог в [15]. Рассматриваются те группы, расстояния до которых лежат в интервале от 3-х до 80-и Мпк (постоянная Хаббла принята равной $H = 100$ км/с Мпк).

Морфологические типы галактик разделены на три подмножества, $t = 1, 2, 3$ следующим образом:

EL, $t = 1$ - эллиптические и линзовидные галактики (E + L или $T = -7 \div -1$ по кодированию де Вокулера [28]).

eS, $t = 2$ - ранние спирали (S0/a + Sb или $T = 0 + 3$).

IS, $t = 3$ - поздние спирали (Sc + Igt или $T = 4 + 10$).

В дальнейшем, говоря о морфологическом типе t галактик, будем иметь в виду одно из трех, описанных выше, подмножеств.

Для изучения вышепоставленных вопросов составлены синтетические группы посредством объединения групп, исходя из морфологического типа их ярчайшей галактики (галактики первого ранга).

В первое, второе и третье подмножества групп (синтетические группы) вошли те группы, у которых галактики первого ранга имели морфологические типы $t = 1, 2$ и 3 , соответственно.

3. *Результаты.* 3.1 *Зависимость морфологического типа второй по яркости галактики группы от морфологического типа ярчайшей галактики.* В табл.1 приведено распределение групп по морфологическим типам галактик первого (ярчайшая) и второго (вторая по яркости) рангов.

Сделаны следующие обозначения:

t_1, t_2 - морфологические типы t галактик первого и второго рангов, соответственно; N_2 - полное количество галактик второго ранга в изученных синтетических группах; $n_{i.}$ - количество галактик второго ранга в группах, где галактика первого ранга имеет тип $t_1 = i$; $n_{.j}$ - общее количество галактик второго ранга с морфологическими типами $t_2 = j$; $v_{.j}$ - частота встречаемости галактик второго ранга с морфологическим типом $t_2 = j$; n_j - количество галактик второго ранга с морфологическим типом $t_2 = j$ в группах, где галактика первого ранга имеет морфологический тип $t_1 = i$; n_{0j} - ожидаемое значение величины n_j ; v_{ij} - частота встречаемости галактик второго ранга с морфологическим типом $t_2 = j$ в группах, где галактика первого ранга имеет тип $t_1 = i$.

Из вышеизложенных обозначений следует, что

$$v_{.j} = \frac{n_{.j}}{N_2}; \quad v_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{i.}}. \quad (1)$$

При определении величин n_{0j} предполагалось, что в группах

морфологические типы галактик второго ранга не зависят от морфологического типа галактик первого ранга, т.е.

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ ГАЛАКТИК ПЕРВОГО И ВТОРОГО РАНГОВ

$i_1 \backslash i_2$	1 EL	2 eS	3 IS	Все гал. n_i
1 EL	38 (28.7) 0.49	24 (27.9) 0.31	16 (21.3) 0.21	78
2 eS	16 (23.2) 0.25	32 (22.6) 0.51	15 (17.2) 0.24	63
3 IS	20 (22.1) 0.33	16 (21.5) 0.27	24 (16.4) 0.40	60
все гал., n_j	74	72	55	$N_1 = 201$
v_j	0.37	0.36	0.27	

$$n0_{ij} = n_{i.} \cdot v_{.j} = \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{N_2} \quad (2)$$

В табл.1 на пересечении i -ой строки с j -ым столбцом приведены следующие три величины: наверху n_{ij} и рядом в скобках $n0_{ij}$, внизу $v_{.j}$.

Сравнение наблюдаемых и ожидаемых распределений с помощью критерия χ^2 показывает, что они отличаются друг от друга на уровне значимости 0.01.

Как видно из таблицы, наблюдаемые числа превосходят ожидаемые на большой диагонали ($i=j$) матрицы, а по мере удаления от этой диагонали разность этих чисел меняется в другую сторону. Это означает, что морфологические типы галактик второго ранга имеют тенденцию быть подобными морфологическим типам галактик первого ранга.

Отличие распределений наблюдаемых и ожидаемых чисел станет более наглядным при использовании корреляционного спектра, введенного в [26], который определяется следующим образом:

$$C(dt) = \frac{\sum_{i-j=dt} n_{ij}}{\sum_{i-j=dt} n0_{ij}} \quad (3)$$

Аргументом функции $C(dt)$ является условное расстояние dt между морфологическими типами галактик первого и второго рангов. Значение функции для конкретного значения аргумента dt определяется отношением наблюдаемых и ожидаемых чисел галактик, для которых разность морфологических типов первого и второго рангов галактик равняется dt . В данном случае dt принимает целые значения от -2 до 2. Для $C(dt)$ в случае случайного распределения следовало ожидать равное единице значение, независимо от аргумента dt (т.е. имели бы $n_{ij} = n0_{ij}$).

В табл.2 приведены корреляционные спектры $C(dt)$ для близких групп ($300 < V < 3000$ км/с) и для всей выборки ($300 < V < 8000$ км/с).

Как видно из табл.2, функция $C(dt)$ принимает максимальное значение при $dt=0$, причем это справедливо как для близких, так и для далеких групп, т.е. исключается влияние расстояния на данный результат.

Таблица 2

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ СПЕКТР МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ
ПЕРВОГО И ВТОРОГО РАНГОВ ГАЛАКТИК В ГРУППАХ С
ЧИСЛОМ ЧЛЕНОВ $n = 2 + 18$

dt	-2	-1	0	1	2	
$C(dt)$	0.75	0.86	1.39	0.72	0.91	случай $300 < V < 8000$ км/с
$C(dt)$	0.71	0.83	1.41	0.87	0.71	случай $300 < V < 3000$ км/с

3.2. *Зависимость морфологического содержания группы от морфологического типа галактики первого ранга.* В табл.3 приведено распределение обычных (кроме ярчайших) галактик по морфологическим типам в зависимости от морфологического типа галактик первого ранга для групп с числом членов от 2 до 18. Обозначения похожи на обозначения табл.1. Через t_1 и $t_{\text{ост}}$ обозначены морфологические типы первых и остальных (обычных) рангов галактик, соответственно.

Приведенные в табл.3 величины определены следующим образом:

$N_{\text{ост}}$ - полное количество обычных галактик; n_i - количество обычных галактик в группах, где галактика первого ранга имеет тип $t_1 = i$; n_j - общее количество обычных галактик с морфологическими типами $t_{\text{ост}} = j$; v_j - частота встречаемости обычных галактик групп с морфологическим типом $t_{\text{ост}} = j$; n_j - количество обычных галактик с морфологическим типом $t_{\text{ост}} = j$ в группах, где галактика первого ранга имеет морфологический тип

Таблица 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЫЧНЫХ ГАЛАКТИК ПО
МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА ГАЛАКТИК ПЕРВОГО
РАНГА ДЛЯ ГРУПП С ЧИСЛОМ ЧЛЕНОВ ОТ 2 ДО 18

$t_1 \backslash t_{\text{ост}}$	1 EL	2 eS	3 IS	Все гал. n_i
1 EL	113 (90.8) 0.47	82 (87.1) 0.34	46 (63.1) 0.19	241
2 eS	43 (56.1) 0.29	59 (53.8) 0.40	47 (39.0) 0.31	149
3 IS	41 (50.1) 0.31	48 (48.1) 0.36	44 (34.8) 0.33	133
Все гал., n_j	197	189	137	$N_{\text{ост}} = 523$
v_j	0.38	0.36	0.26	

$t_1 = i$; $n0_i$ - ожидаемое значение величины n_i ; v_i - частота встречаемости обычных галактик с морфологическим типом $t_{and} = i$ в группах, где галактика первого ранга имеет тип $t_1 = i$.

Статистическая значимость различий, оцененная с помощью критерия χ^2 , между распределениями наблюдаемых и ожидаемых чисел показывает, что они отличаются друг от друга на уровне значимости 0.001.

Чтобы уменьшить влияние галактик второго ранга на данный результат, нами были отдельно рассмотрены группы с числом членов от 5 до 18. Результаты для этой выборки приведены в табл.4. Обозначения в табл.4 аналогичны обозначениям в табл.3.

Таблица 4

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЫЧНЫХ ГАЛАКТИК ПО
МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА ГАЛАКТИК ПЕРВОГО
РАНГА ДЛЯ ГРУПП С ЧИСЛОМ ЧЛЕНОВ ОТ 5 ДО 18**

$t_1 \backslash t_{and}$	1 EL	2 eS	3 IS	Все гал. n_L
1 EL	81 (66.4) 0.53	48 (53.7) 0.32	23 (31.9) 0.15	152
2 eS	24 (32.3) 0.32	28 (26.1) 0.38	22 (15.5) 0.30	74
3 IS	20 (26.2) 0.33	25 (21.2) 0.42	15 (12.6) 0.25	60
Все гал., n_i	125	101	60	$N_{and} = 286$
v_i	0.44	0.35	0.21	

В данном случае статистическая значимость различий между распределениями наблюдаемых и ожидаемых чисел, оцененная с помощью критерия χ^2 , показывает, что они отличаются друг от друга на уровне значимости 0.01.

Итак, можно сказать, что морфологические типы обычных галактик в группах имеют тенденцию быть близкими к морфологическому типу галактик первого ранга.

Таблица 5

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ СПЕКТР МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ
ПЕРВОГО И ОСТАЛЬНЫХ РАНГОВ ГАЛАКТИК В ГРУППАХ С
РАЗНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ВЫБОРКУ ПО РАССТОЯНИЮ
И КОЛИЧЕСТВУ ЧЛЕНОВ**

dt	-2	-1	0	1	2	Число членов	Расстояние (в км/с)
$C(dt)$	0.80	0.97	1.16	1.03	0.73	2 + 18	300 < V < 3000
$C(dt)$	0.86	0.96	1.17	0.77	1.00	2 + 18	3000 < V < 8000
$C(dt)$	0.73	1.02	1.20	0.87	0.82	2 + 18	300 < V < 8000
$C(dt)$	0.72	1.01	1.18	0.92	0.76	5 + 18	300 < V < 8000

При изучении групп галактик, находящихся на разных расстояниях от нас, обнаруживается, что полученный выше результат не может быть вызван эффектом расстояния. В табл.5 приведены корреляционные спектры для разных ограничений на выборку по расстоянию и количеству членов. Как можно легко заметить из табл.5, во всех случаях имеется хорошо выраженный максимум корреляционного спектра, при значении аргумента $dt=0$.

3.3 Распределения морфологических типов галактик разных рангов в группах. В табл.6 приведены распределения морфологических типов первого ранга (2-й столбец), второго ранга (3-й столбец) и всех галактик (4-й столбец). В столбцах 2 и 3 приведены наблюдаемые и ожидаемые (в скобках) величины количества галактик данного ранга с данным морфологическим типом. При определении ожидаемых величин сделано предположение, что распределения морфологических типов галактик в группах не зависят от их ранга.

Не трудно заметить, что распределения по морфологическим типам

Таблица 6

**РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ
ТИПАМ ДЛЯ ГАЛАКТИК ПЕРВОГО И ВТОРОГО
РАНГОВ И ДЛЯ ВСЕХ ГАЛАКТИК**

	$n_1(nO_1)$	$n_2(nO_2)$	Все гал.
EL	93 (91.4)	82 (83.3)	304
eS	74 (82.1)	76 (74.8)	273
IS	70 (63.5)	58 (57.8)	211

галактик конкретного ранга не отличаются от ожидаемого распределения. Это утверждение подтверждается с помощью статистического анализа.

Итак, можно сказать, что не обнаруживается корреляция между морфологическим типом и рангом галактик в группах для нашей выборки.

4. Заключение. На основе изучения списка групп галактик [15] получены следующие результаты:

1) Существует корреляция между морфологическими типами галактик первого и второго рангов (по яркости), а также между морфологическими типами галактик первого ранга и морфологическим содержанием остального населения группы. Для морфологических типов перечисленных подмножеств обнаруживается строгая тенденция быть похожими друг на друга.

2) Распределения по морфологическим типам галактик первого и второго рангов статистически не отличаются от аналогичного распределения для всех галактик.

Эти результаты наводят на мысль, что наблюдаемые морфологические типы галактик не могут быть объяснены такими механизмами, как "обдирание

лобовым давлением", "приливное обдираание" и "слияние галактик". Скорее всего, они обусловлены начальными условиями в эпоху образования галактик.

В свете образования галактик посредством деления протогруппы возможны два следующих механизма:

1) Сначала протогруппа распадается на части, из которых в дальнейшем формируются галактики.

2) Сначала формируется главная (ярчайшая) галактика, из которой в дальнейшем, посредством выброса или распада, формируются остальные галактики группы.

В обоих случаях ожидается полученный в данной работе результат о корреляции между морфологическими типами членов группы, в частности между морфологическим типом ярчайшей галактики и морфологическим содержанием остального населения группы. А преобладание того или иного морфологического типа в группе обусловлено начальными условиями в протогруппе или протогалактике (например, массой, плотностью или моментом вращения) в эпоху образования галактик.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
им. В.А.Амбарцумяна, Армения

ON RELATIONSHIPS OF MORPHOLOGICAL TYPES OF THE MOST LUMINOUS GALAXY AND MORPHOLOGICAL CONTENTS OF REST MEMBERS IN LOOSE GROUPS OF GALAXIES

A.P.MAGTESIAN, W.G.MOVSESIAN

The study of groups of galaxies has shown that a correlation exists between morphological types of the most luminous galaxy and morphological types of the rest population of group. Distribution of morphological types of most luminous galaxies and rest members of groups are not distinguished from each other. This means that observed morphological types of the most luminous as well as of the rest members of groups cannot be explained by their interaction with the environment. They are to be stipulated by initial conditions in the epoch of forming the galaxies.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Амбарцумян, Изв. АН Арм.ССР, сер. физ-мат. наук, 9, 23, 1956.
2. V.A.Ambarzumian, Transactions of the International Astronomical Union, vol. XII, Academic Press, London, New York, 1962, p.145.
3. J.P.Ostriker, S.D.Tremaine, Astrophys. J., 202, L113, 1975.
4. J.P.Ostriker, M.A.Hausman, Astrophys. J., 217, L125, 1977.
5. M.A.Hausman, J.P.Ostriker, Astrophys. J., 224, 320, 1979.
6. S.D.Tremaine, in "The Structure and Evolution of Normal Galaxies", eds. S.M.Fall, D.Lynden-Bell, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1981, p.67.
7. J.E.Gunn, J.R.Gott, III, Astrophys. J., 176, 1, 1972.
8. J.S.Gallagher, J.P.Ostriker, Astrophys. J., 77, 288, 1972.
9. D.O.Richstone, Astrophys. J., 204, 642, 1976.
10. A.Toomre, in "The Evolution of Galaxies and Stellar Populations", eds. B.M.Tinsley, R.B.Larson, New Haven: Yale Univ. Press, 1977, p.401.
11. S.D.M.White, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 177, 717, 1976.
12. A.P.Mahtessian, V.H.Movsessian, E.Ye.Khachikian, H.Tiercsh, Astron. Nachr., 316, 143, 1995.
13. А.П.Магтесян, Астрофизика, 28, 255, 1988.
14. А.П.Магтесян, Астрофизика, 40, 45, 1997.
15. А.П.Магтесян, Астрофизика, 41, 473, 1998.
16. А.П.Магтесян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 53, 102, 1982.
17. G.Ciuricin, F.Mardirossian, M.Mezzetti, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 62, 157, 1985.
18. Н.А.Тухонов, Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв., 52, 51, 1987.
19. A.Wirt, Astrophys. J., 274, 541, 1983.
20. M.Ramella, G.Ciuricin, F.Mardirossian, M.Mezzetti, Astron. Astrophys., 188, 1, 1987.
21. А.П.Магтесян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 57, 13, 1985.
22. P.Hickson, Z.Ninkov, J.Huchra, G.Mamon, in "Clusters and Groups of Galaxies", eds. F.Mardirossian, G.Ciuricin, M.Mezzetti, Dordrecht: Reidel, 1984, p.367.
23. P.Hickson, E.Kindl, J.Huchra, Astrophys. J., 331, 64, 1988.
24. И.Д.Караченцев, В.Е.Караченцева, Астрон. ж., 51, 724, 1974.
25. P.D.Noerdlinger, Astrophys. J., 229, 877, 1979.
26. T.Yamagata, M.Noguchi, M.Iye, Astrophys. J., 338, 707, 1989.
27. J.Huchra, M.Davis, D.Lattam, J.Tonry, Astrophys. J. Suppl. Ser, 52, 89, 1983.
28. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H.G.Corwin, Second Reference Catalogue of Brighth Galaxies, Univ. Texas Press, Austin, 1976.