

УДК 524.7-17

И. Б. Вавилова¹, В. Е. Караченцева¹, Д. И. Макаров², О. В. Мельник¹¹Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко
04053 Киев, ул. Обсерваторная 3²Специальная астрофизическая обсерватория РАН
357140 Россия, Ставропольский край, ст. Зеленчукская, ул. Березцкого 167

Триплеты галактик Местного Сверхскопления.

1. Кинематические и вириальные свойства

Рассмотрены кинематические и вириальные свойства выборки триплетов галактик Местного Сверхскопления (МС) с лучевыми скоростями до 3000 км/с, сформированных на основе базы данных LEDA. Выборка содержит 176 систем, отобранных по критерию Караченцева. Получены медианные значения характеристик триплетов МС: средняя квадратичная скорость галактик относительно центра триплета $S_v = 30$ км/с, среднегармонический радиус $R_h = 160$ кпк, вириальная масса $M_{vir} = 3.6 \cdot 10^{11} M_\odot$, вириальное отношение массы к светимости $M_{vir}/L = 35 M_\odot/L_\odot$. Несмотря на различные подходы к выделению выборок тройных систем разными исследователями, общие свойства триплетов всех рассмотренных выборок достаточно хорошо согласуются. При этом триплеты МС показывают наименьшее значение отношения массы к светимости по сравнению с другими выборками триплетов галактик.

ТРИПЛЕТИ ГАЛАКТИК МІСЦЕВОГО НАДСКУПЧЕННЯ. 1. КІНЕМАТИЧНІ ТА ВІРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ, Вавилова І. Б., Караченцева В. Ю., Макаров Д. І., Мельник О. В. — Розглянуто кінематичні та віріальні властивості вибірки триплетів галактик Місцевого Надскупчення (МН) з променевими швидкостями до 3000 км/с, сформованих на основі бази даних LEDA. До вибірки увійшло 176 систем, відібраних за критерієм Караченцева. Отримано такі медіанні значення характеристик триплетів МС: середня квадратична швидкість галактик відносно центра триплету $S_v = 30$ км/с, середньогармонічний радіус $R_h = 160$ кпк, віріальна маса $M_{vir} = 3.6 \cdot 10^{11} M_\odot$, віріальне відношення маси до світності $M_{vir}/L = 35 M_\odot/L_\odot$. Не зважаючи на різні критерії відбору потрібних систем, загальні властивості триплетів усіх розглянутих вибірок досить добре узгоджуються. При цьому триплету МН демонструють найменше значення відношення маси до світності у порівнянні з іншими вибірками триплетів галактик.

GALAXY TRIPLETS IN THE LOCAL SUPERCLUSTER. I. KINEMATICAL AND VIRIAL PROPERTIES, by Vavilova I. B., Karachentseva V. E., Makarov D. I., Melnyk O. V. — We consider kinematical and virial properties of a sample of triple systems in the Local Supercluster (LS) with radial velocities less than 3000 km/s selected from the LEDA Data Base. The sample consists of 176 triplets of galaxies selected by Karachentsev's criterion (1994). We derived the median values of galaxy velocity dispersion with respect to the center $S_v = 30$ km/s, harmonic radius $R_h = 160$ kpc, virial mass $M_{\text{vir}} = 3.6 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, and $M_{\text{vir}}/L = 35 M_{\odot}/L_{\odot}$. Although we used different selection criteria, the general properties of triplets of all studied samples are in good agreement. As this takes place, the LS triplets show the least mass-to-light ratio in comparison with other samples of galaxy triplets.

ВВЕДЕНИЕ

Триплеты галактик являются представителями малонаселенных групп галактик. Именно поэтому особый интерес для современной астрофизики представляет изучение кинематических и динамических свойств тройных систем с целью выяснения их роли в эволюции групп галактик, оценки наличия темной материи на малых масштабах, а также сравнение этих свойств со свойствами одиночных галактик, пар, богатых групп и скоплений.

В 1966 г. И. Д. Караченцевым [3] впервые было показано монотонное увеличение отношения масса/светимость M/L с увеличением населенности систем галактик от их пар до сверхскоплений. С конца 1970-х гг. выполнено ряд работ по оценке вклада темной материи в группах галактик разной населенности, например в триплетях [4, 10] и группах [21, 22]. В работах [4, 10, 22] приведены аргументы в пользу наличия темной материи как в гало отдельных галактик, так и в пространстве между галактиками, если они принадлежат одной группе или скоплению. Таким образом, накопление вириального избытка в группах галактик можно объяснить как за счет увеличения числа индивидуальных гало галактик с увеличением населенности системы, так и за счет увеличения размеров группы, т.е. увеличения пространства между галактиками [4].

Теорема о вириале справедлива только при условии, что замкнутая система находится в состоянии динамического равновесия, а также произведено усреднение по «времени жизни» системы. Так ли это на самом деле — определить трудно, поэтому при вычислении вириальной массы в группах и скоплениях довольствуются предположением, что эти условия выполнены. Задача трех тел намного более сложна, чем задача двух тел. Известны решения, в которых можно сделать те или иные приближения (например, результаты работ Орлова и др. по решению прямолинейной задачи трех тел одинаковой массы или плоской равнобедренной задачи для трех тел различных масс [8]). Несмотря на сложность этой проблемы, работы последних лет и результаты численного моделирования позволили сделать некоторые выводы о поведении ансамбля систем трех тел, но не о поведении отдельных систем. В работе [5] говорится о том, что незамкнутый характер орбит в конфигурациях тройных галактик ставит под сомнение корректность применения теоремы о вириале для определения отношения масса/светимость отдельного триплета. Чернин и Миккола [11] на основании численного моделирования систем триплетов делают выводы о невозможности определения вириальной массы индивидуальной системы, поскольку динамическая нестационарность триплетов и эффекты проекции вносят большие погрешности в оценку вириальной массы; для статистического ансамбля триплетов ими получено медианное значение $M_{\text{vir}}/L = 70 M_{\odot}/L_{\odot}$. В

работах [4, 16] разными способами получены значения $\{M_{\text{vir}}/L\}_{1/2} = 20-60M_{\odot}/L_{\odot}$, что минимум в четыре раза превышает значение оценки массы к светимости в одиночных галактиках и в парах галактик, а в работе [21] для групп галактик с населенностью более пяти галактик получено значение $\{M_{\text{vir}}/L\}_{1/2} = 94M_{\odot}/L_{\odot}$.

Целью данной работы является определение кинематических и вириальных характеристик тройных систем галактик, локализованных в объеме Местного Сверхскопления (МС) и их сравнение с аналогичными характеристиками других выборок триплетов. Критерии отбора и список триплетов Местного Сверхскопления подробно описаны ниже.

Известны два специализированных списка изолированных триплетов, составленных И. Д. Караченцевым и В. Е. Караченцевой на основе сплошного просмотра Паломарского обзора неба POSS-I и обзора ESO/SERC. Это список Северных триплетов [7], где выборка ограничена видимой величиной $m \leq 15.7$ (их изучению посвящены работы [4–7, 10]) и список Южных триплетов [16], где выборка ограничена угловым диаметром $a \geq 1'$. При составлении обеих выборок были исключены зоны $|b| \leq 20^{\circ}$.

Общий принцип отбора Северных и Южных триплетов заключается в использовании данных только об угловых размерах и взаимных расстояниях галактик — кандидатов в тройную систему и их «значимых» соседях, отстоящих по крайней мере втрое дальше, чем компоненты триплета друг от друга. Учет «значимых» соседей необходим, чтобы, по возможности, исключить влияние «ближнего» и «дальнего» фона. Критерий отбора галактик в триплет предполагает получение изолированной тройки галактик, контрастно выделяющейся в проекции на небе (см. подробнее [7, 16]). При создании этих выборок сведения о лучевых скоростях не использовались, поэтому система могла оказаться изолированной только в проекции.

Помимо специализированных выборок [7] и [16], с целью сравнения в нашей работе использовались еще две выборки триплетов галактик, составленные из списков и каталогов групп разной населенности:

- список Широких триплетов Трофимова и Чернина [10]. Этот список триплетов был выделен из двух каталогов групп, ограниченных по лучевой скорости до 12000 км/с. Для северного неба — из каталога [12] (выборка ограничена видимой величиной $m \leq 14.5$, и областями $b_{\text{II}} \geq 40^{\circ}$ и $\delta \geq 0$, $b_{\text{II}} \leq 40^{\circ}$ и $\delta \geq -2.5^{\circ}$), для южного неба — из каталога [17] ($b_{\text{II}} \geq -30^{\circ}$ и $\delta \leq -17.5^{\circ}$). Отбор галактик в каталоги производился с учетом максимальной разности взаимных лучевых скоростей галактик (600 км/с), однако не все триплеты из этих каталогов вошли в выборку Широких триплетов. Составители выборки применяли критерии Ж. П. Аносовой [1] изолированности и связанности тройной системы к триплетам из этих каталогов, чтобы исключить тройные системы, являющиеся результатом случайной близкой проекции.
- список триплетов, состоящий в основном из триплетов каталога групп Талли [21] (каталог можно найти на сайте: <http://www.anzwers.org/free/universe/galaclus.html>), охватывающий все небо (кроме зоны $|b| \leq 20^{\circ}$) и ограниченный объемом до 3000 км/с. Отбор галактик в группы основывался на иерархическом подходе [21, 22]: рассматривались все комбинации пар галактик, чтобы отобрать ту пару, для которой величина LR_{ij}^{-2} имеет наибольшее значение (L — светимость ярчайшего компонента, R_{ij} — линейное расстояние между компонентами); затем эта пара возвращалась в каталог как единый объект с суммарной светимостью. Процедура отбора повторяется до тех пор, пока не исчерпаются галактики, удовлетворяющие этим условиям. Группа га-

лактик считалась физически связанной, если $t_x H_0 \ll 1$ (здесь $t_x \sim R_1/V_p$ — время пересечения системы, R_1 — внутренний радиус системы, V_p — дисперсия скоростей).

ВЫБОРКА ТРИПЛЕТОВ ГАЛАКТИК МЕСТНОГО СВЕРХСКОПЛЕНИЯ

Выборка Местного Сверхскопления галактик с лучевыми скоростями $V_{LG} < 3000$ км/с составлена на основе базы данных LEDA2003 (Lyon-Meudon Extragalactic Database). Эта версия LEDA содержит более трех миллионов объектов и представляет собой компиляцию различных каталогов и обзоров галактик. Несмотря на огромные усилия, прилагаемые Патюрелем и его группой по усовершенствованию базы данных, она, в силу компиляции, содержит какую-то часть непроверенных (и иногда ошибочных) данных, например, двойные вхождения, неподтвержденные или отсутствующие параметры (тип, звездная величина, угловые размеры и т. д.). «Очищение» выборки галактик-кандидатов в члены Местного Сверхскопления проводилось следующим образом: были проверены объекты с близкими координатами и исключены тождественные объекты; индивидуально рассматривались объекты с лучевыми скоростями от -900 км/с до $+1000$ км/с для исключения возможных негалактических объектов либо ложных отождествлений. Из рассмотрения были исключены также галактики с большими (> 150 км/с) ошибками измерения лучевых скоростей. По оригинальным источникам были проверены галактики с большим различием лучевых скоростей, измеренных в радио- и оптическом диапазонах, что позволило исключить ранние, неуверенные измерения и типографские ошибки. Проверка выборки происходила с использованием базы данных NED (NASA Extragalactic Database) и каталогов карликовых галактик низкой поверхностной яркости. Кроме того, все «подозрительные» объекты пересматривались на картах Первого Паломарского фотографического обзора неба POSS-I и на обзоре ESO/SERC. В результате такой работы была получена достаточно хорошо очищенная выборка, которая на данный момент содержит примерно 8000 галактик с лучевыми скоростями $V_{LG} < 3000$ км/с, $|b| > 10^\circ$, где V_{LG} — лучевая скорость, исправленная за движение Солнца (см. формулу (2)).

К вышеописанной выборке галактик МС был применен метод выделения «связанных» групп галактик [9, 18], основу которого составил алгоритм Караченцева [13]. Этот метод также использовался Макаровым и Караченцевым [18] для создания каталога групп МС по данным LEDA1996 (далее — каталог групп МК2000).

Любой критерий отбора физически связанных групп галактик (в частности триплетов) основан на том, что: а) группа должна быть изолированной (т. е. не должна принадлежать более населенной группе или скоплению), б) она не должна содержать «оптических ложных» членов, принадлежащих ближнему или дальнему фону. Применение метода [13] к выборке МС позволило исключить вклад большинства «оптических ложных» галактик в группах. Обзор различных методов выделения групп галактик можно найти в работах [2, 13].

Метод [13] выделения групп галактик предполагает наиболее полный учет наблюдаемых характеристик галактик. На первом этапе отбора рассматриваются всевозможные комбинации пар галактик. Пара считается физической, если ее полная энергия отрицательная. С другой стороны, чтобы отбросить «ложные» очень широкие пары с малой разницей лучевых скоростей, вводится ограничение на проекционное расстояние между галактиками — галактики должны «оторваться» от общего космологического расширения, т. е. пара должна находиться в пределах коллапсирующей

сферы, так называемой «сферы нулевых скоростей» [19] (расстояние между галактиками должно быть меньше, чем радиус сферы нулевой скорости). На втором этапе отбора все пары объединяются в группы: пары, имеющие общую главную галактику, называются окружением этой галактики; если главная галактика одной из групп входит также в другую систему, то такие группы объединяются под влиянием более массивной галактики. В отобранных группах подвергались дополнительной проверке объекты с очень малым взаимным проекционным расстоянием, после чего пара или группа иногда оказывалась одиночной галактикой. В первую очередь это достаточно близкие галактики, у которых измерялись лучевые скорости ярких областей H II, и таким образом части одной галактики могли быть ошибочно включены в LEDA под разными номерами.

Применение данного алгоритма дало возможность выделить 3778 галактик из 8100 выборки МС с $V_{LG} < 3000$ км/с, входящие в группы населенностью от 2 до 82 членов. 14 % этих галактик МС образуют 176 триплетов. Для сравнения, в каталоге групп МК2000 содержится 156 триплетов, их население составляет 13 % от общего количества галактик, вошедших в группы ($N = 3472$). Таким образом, доля триплетов в «старых» и «новых» группах МС практически не изменилась. 71 триплет из 176 (40 %) всеми тремя компонентами совпадает в «старых» и «новых» группах МС. 48 триплетов (26 %) образовались за счет включения новых галактик в выборку. Остальные триплеты образовались за счет перераспределения галактик в группах по разным схемам, в большинстве случаев за счет выделения триплета из более населенной группы галактик. Таким образом, изменение населения триплетов произошло по следующим причинам: увеличение общего числа галактик в новой версии LEDA; исключение ложных измерений скоростей или «ложных» галактик; небольшое изменение параметров кластеризации. Появление новых данных о характеристиках галактик, таких как видимая величина, лучевая скорость и т. п. привело к тому, что некоторые галактики могли как «войти» в группы, так и «выйти» из них. Сравнение этих двух выборок — «старых» триплетов из каталога групп МК2000 и наших «новых» триплетов, отобранных по схожим критериям из LEDA2003 — дает представление о чувствительности критерия отбора галактик в связанные системы и его влиянии на оценки параметров систем галактик.

Распределение центров 176 триплетов МС приведено на рис. 1.

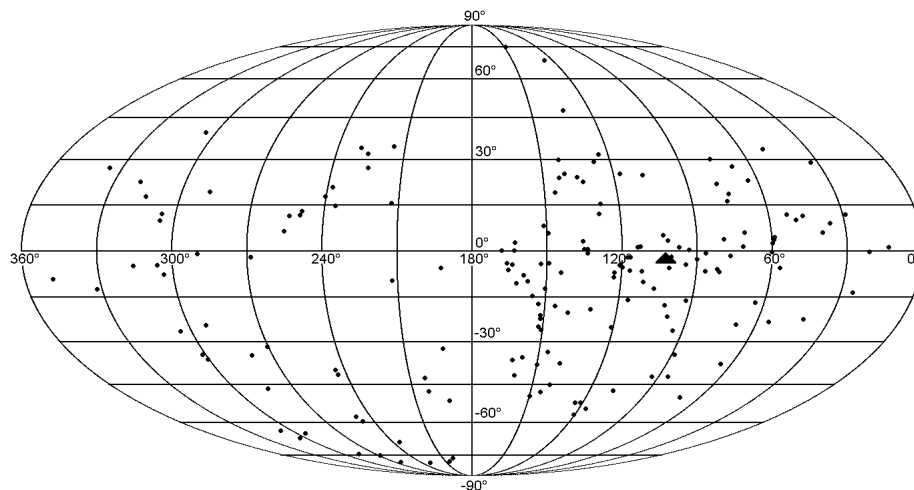


Рис. 1. Распределение центров триплетов Местного Сверхскопления в сверхгалактических координатах. Треугольником обозначен центр скопления в Деве

**ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИПЛЕТОВ
МЕСТНОГО СВЕРХСКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК**

Для расчета кинематических и вириальных характеристик триплетов МС, каждый из которых рассматривался как единая динамическая система [4, 16], использовались следующие формулы:

— средняя скорректированная лучевая скорость триплета как целого:

$$\langle V_{LG} \rangle = \sum_{k=1}^3 V_{LG}^k / 3. \quad (1)$$

Лучевые скорости компонентов триплетов были взяты из баз данных LEDA и NED. Гелиоцентрические лучевые скорости галактик были скорректированы за движение Солнца по формуле

$$V_{LG} = V_h + 316 [\cos b \cos(-4^\circ) \cos(l - 93^\circ) + \sin b \sin(-4^\circ)], \quad (2)$$

где l , b — галактические координаты галактик. Параметры апекса Солнца взяты из работы [15];

— средняя квадратичная скорость галактик относительно центра триплета:

$$S_v = \left[\frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 (V_{LG}^k - \langle V_{LG} \rangle)^2 \right]^{1/2}; \quad (3)$$

— взаимные линейные расстояния между компонентами триплетов в проекции:

$$R_{ik} = X_{ik} \langle V_{LG} \rangle H_0^{-1}, \quad (4)$$

где X_{ik} — взаимные угловые расстояния;

— средний и среднегармонический радиусы триплета:

$$\langle R \rangle = \frac{1}{3} \sum_{i,k} R_{ik}, \quad (5)$$

$$R_h = \left[\frac{1}{3} \sum_{i,k} R_{ik}^{-1} \right]^{-1}; \quad (6)$$

— безразмерное «время пересечения» системы, выраженное в единицах космологического времени H_0^{-1} , рассчитанное по среднему (5) и среднегармоническому (6) радиусам триплета:

$$\tau_{(R)} = 2H_0 \langle R \rangle / S_v, \quad (7)$$

$$\tau = 2H_0 R_h / S_v; \quad (8)$$

— вириальная масса триплета как целого [5], рассчитанная по среднему (5) и среднегармоническому (6) радиусам триплета:

$$M_{vir, (R)} = 3\pi N(N-1)^{-1} G^{-1} S_v^2 \langle R \rangle, \quad (9)$$

$$M_{vir} = 3\pi N(N-1)^{-1} G^{-1} S_v^2 R_h, \quad N=3, \quad (10)$$

где G — гравитационная постоянная, S_v — средняя квадратичная скорость, R_h — среднегармонический радиус;

— светимость каждой галактики в солнечных единицах [14]:

$$\lg L = 2 \lg(V_{LG}/H_0) - 0.4[B_T - (a_g + a_i)] + 12.16, \quad (11)$$

где B_T — полная B -величина, a_g — поправка за поглощение в нашей

Галактике по Шлегелю и др. [20], a_i — поправка за внутреннее поглощение галактики. B_T и a_g , a_i были взяты из базы LEDA; — несмещенная оценка отношения вириальной массы к светимости с учетом погрешностей измерения лучевых скоростей:

$$f^c = f[1 - 2\sigma_v^2/3S_v^2], \quad (12)$$

где σ_v — средняя квадратичная ошибка измерения лучевых скоростей компонентов триплета, а $f = M_{\text{vir}} \left[\sum L_i \right]^{-1}$, $i = 1, 2, 3$. Вычислялись также несмещенные значения отношения вириальной массы к светимости, $f_{(R)}^c$, где вириальная масса определяется по формуле (9).

При расчетах принято значение постоянной Хаббла $H_0 = 75$ км/с·Мпк.

В графах табл. 1 приведены следующие физические характеристики триплетов:

1. Номер триплета в порядке возрастания прямого восхождения.
2. Имя галактики в триplete, взятое как основное в LEDA.
3. Средняя скорректированная лучевая скорость триплета как целого, рассчитанная по (1) и (2), в км/с.
4. Средняя квадратичная скорость галактик относительно центра триплета, рассчитанная по (3), в км/с.
5. Средний радиус триплета (5), в кпк.
6. Среднегармонический радиус (6), в кпк.
7. Безразмерное «время пересечения» системы, выраженное в единицах хаббловского времени $1/H_0$, рассчитанное по среднему (7) радиусу триплета.
8. Безразмерное «время пересечения» системы, выраженное в единицах хаббловского времени $1/H_0$, рассчитанное по среднегармоническому (8) радиусу триплета.
9. Логарифм вириальной массы, выраженной в M_\odot , (9).
10. Логарифм вириальной массы, выраженной в M_\odot , (10).
11. Логарифм светимости, выраженной в L_\odot , (11).
12. Отношение вириальной массы триплета к светимости триплета, $f_{(R)}$, (12).
13. Несмещенная оценка отношения вириальной массы к светимости $f_{(R)}^c$, где вириальная масса вычислена по формуле (9).
14. Отношение вириальной массы триплета к светимости триплета, f , (12).
15. Несмещенная оценка отношения вириальной массы к светимости f^c , где вириальная масса вычислена по формуле (10).

Медианные значения отношения массы к светимости, рассчитанные по среднему и среднегармоническому радиусам систем, составляют $f_{(R)} = 49f_\odot$ и $f = 35f_\odot$. Медианы несмещенных оценок для всех триплетов равны $f_{(R)}^c = 37f_\odot$ и $f^c = 27f_\odot$. Если исключить 18 триплетов, для которых ошибка измерения лучевых скоростей превышает среднюю квадратичную скорость, получим $f_{(R)}^c = 42f_\odot$ и $f^c = 33f_\odot$. Таким образом, учет ошибок измерения лучевых скоростей галактик незначительно влияет на значение отношения массы триплетов галактик к их светимости.

Рассмотрим некоторые зависимости между различными характеристиками триплетов, приведенными в табл. 1.

На рис. 2 показано распределение триплетов МС по среднему (рис. 2, а) и среднегармоническому (рис. 2, б) радиусу между галактиками в триplete. Медианные значения равны $\langle R \rangle = 259$ кпк и $R_h = 160$ кпк. Средний радиус больше 600 кпк имеют триплеты 12, 55, 57, 84, 101, 116, 120, 136, 139.

Таблица 1. Характеристики триплетов Местного Сверхскопления галактик

№ п/п	Названия галактик	V_{LG} км/с	$S_{v'}$ км/с	$\langle R \rangle$, кпк	$R_{H, \text{кпк}}$	$\tau_{(R)}$	τ	$\lg M_{vir, (R)} - \lg M_{\odot}$	$\lg(M_{vir}) - \lg M_{\odot}$	$\lg L - \lg L_{\odot}$	$f_{(R)}$	$f_{(R)}$	f	f^c
1	NGC7817, PGC1634350, NGC7798	2541	95	470	189	0.74	0.30	13.15	12.75	10.66	308	308	124	124
2	NGC0063, UGC00156, UGC00191	1356	13	359	325	4.29	3.89	11.27	11.23	9.96	20	20	18	18
3	UGC00260, PGC001652, PGC101430	2315	27	341	61	1.88	0.34	11.92	11.17	10.14	60	32	11	6
4	NGC0150, ESO410-012, ESO410-017	1676	115	346	132	0.45	0.17	13.18	12.76	10.22	911	885	348	338
5	NGC0275, NGC0274, NGC0298	1863	3	298	21	15.83	1.11	9.90	8.74	10.32	0.38	0.31	0.03	0.02
6	UGC00964, PGC005072, UGC00989	2892	36	266	239	1.10	0.99	12.06	12.01	9.80	181	181	163	163
7	UGC01133, PGC005744, UGC01105	2111	20	226	74	1.70	0.55	11.47	10.98	9.84	43	41	14	13
8	NGC0628, UGC01104, UGC01171	866	32	428	291	1.99	1.35	12.17	12.00	10.48	49	49	33	33
9	PGC009354, PGC009272, PGC009384	2137	14	185	129	1.99	1.39	11.07	10.91	9.95	13	13	9	9
10	UGC02017, PGC009723*, UGC02053	1192	6	300	266	7.29	6.44	10.58	10.52	9.02	36	15	32	13
11	NGC1097, NGC1097A, ESO416-032	1214	39	155	40	0.60	0.16	11.89	11.30	10.67	16	13	4	3
12	NGC1090, UGC02216, PGC010650	2787	44	690	592	2.34	2.00	12.65	12.58	10.57	120	120	103	102
13	NGC1161, UGC02452, NGC1160	2374	246	187	78	0.11	0.05	13.57	13.19	10.88	496	491	206	204
14	NGC1187, ESO480-020, ESO480-022	1409	72	73	49	0.15	0.10	12.10	11.93	10.28	66	61	44	41
15	NGC1248, PGC011968, PGC012068	2182	57	230	59	0.61	0.16	12.38	11.80	10.06	212	182	55	47
16	NGC1299, PGC012303, PGC012394	2279	33	161	146	0.73	0.66	11.76	11.72	10.00	58	55	53	50
17	IC2000, IC2004, PGC014125	811	16	171	157	1.57	1.45	11.17	11.14	9.66	32	32	30	30
18	NGC1482, NGC1481, ESO549-035	1697	52	50	47	0.14	0.13	11.66	11.63	9.80	72	64	67	60
19	IC0356, PGC166079, UGC02955	1123	69	340	103	0.74	0.22	12.73	12.21	10.78	89	89	27	27
20	NGC1527, NGC1494, ESO201-014	900	32	297	197	1.40	0.93	12.00	11.82	10.20	98	25	65	17
21	NGC1808, ESO305-009, NGC1827	820	20	186	171	1.41	1.29	11.38	11.35	10.20	15	15	14	14
22	NGC1832, PGC016894, PGC016850	1825	18	312	275	2.65	2.34	11.50	11.45	10.62	8	8	7	7
23	PGC016926, PGC016875, PGC016826	2538	50	388	354	1.17	1.07	12.50	12.46	10.44	113	113	103	103
24	ESO362-011, ESO362-016, ESO362-019	1116	26	156	139	0.89	0.79	11.56	11.50	10.08	30	30	27	27
25	NGC1888, NGC1889, PGC017217	2341	24	65	5	0.41	0.03	11.08	10.00	10.66	3	2	0.22	0.14
26	IC2151, ESO555-005, IC0438	1284	6	411	403	11.09	10.88	10.62	10.61	9.72	8	8	8	8
27	ESO555-022, ESO555-020, ESO555-019	2912	32	182	149	0.84	0.69	11.80	11.71	10.05	57	34	46	27
28	NGC2188, ESO364-029, PGC018431	1586	32	48	15	0.23	0.07	11.20	10.71	9.85	23	23	7	7
29	IC2163, NGC2207, ESO556-012	535	18	130	115	1.07	0.94	11.16	11.10	9.66	31	6	27	5
30	NGC2263, ESO490-014, ESO490-020	2465	74	178	34	0.36	0.07	12.50	11.79	11.08	26	26	5	5
31	NGC2273B, NGC2273A, PGC138959*	2219	15	424	424	4.33	4.32	11.48	11.48	10.22	18	18	18	18
32	ESO491-009, ESO491-010, PGC019917*	1830	33	156	118	0.72	0.55	11.74	11.62	9.83	80	80	61	61
33	NGC2325, ESO427-026, PGC097168*	1862	74	155	148	0.31	0.30	12.44	12.43	10.27	150	150	144	144
34	ESO162-017, PGC020635, PGC020718	830	21	130	111	0.93	0.80	11.27	11.20	9.47	63	38	54	33
35	NGC2369, NGC2369A, ESO123-009	2935	36	558	538	2.31	2.23	12.38	12.37	10.82	37	28	35	27

Продолжение табл.

№ п/п	Названия галактик	V_{LG} км/с	S_{ν} км/с	$\langle R \rangle$, кпк	R_h , кпк	$\tau(R)$	τ	$\lg M_{vir}(R) - \lg M_{\odot}$	$\lg(M_{vir}) - \lg M_{\odot}$	$\lg L - \lg L_{\odot}$	$f(R)$	$f(R)$	f	f
37	ESO209-009, NGC2502, PGC021889*	775	30	582	525	2.92	2.63	12.23	12.19	10.38	71	45	64	41
38	NGC2541, PGC2321523, NGC2552	582	16	160	128	1.47	1.18	11.14	11.05	9.52	42	-22	34	-18
39	NGC2648, PGC0244469, UGC04550	1927	2	363	49	21.85	2.93	9.87	9.00	10.24	0.43	-1.33	0.06	-0.18
40	IC0512, PGC023621, UGC04612	1821	7	276	82	5.93	1.77	10.65	10.12	9.79	7	-45	2	-14
41	UGC04764, PGC2807196*, UGC04774	2879	22	89	75	0.61	0.52	11.14	11.07	9.45	49	49	41	41
42	NGC2781, PGC025903, PGC025938	1782	10	179	152	2.81	2.39	10.73	10.66	10.17	4	4	3	3
43	NGC2822, NGC2788, NGC2836	1347	49	370	210	1.12	0.64	12.47	12.23	10.41	115	96	66	55
44	NGC2798, UGC04904, NGC2799	1713	51	27	20	0.08	0.06	11.36	11.23	10.13	17	15	13	11
45	NGC2855, PGC026378, PGC026429	1662	19	214	203	1.67	1.59	11.41	11.39	10.09	21	14	20	14
46	NGC2902, PGC026905, PGC027188	1743	14	374	309	4.05	3.34	11.38	11.29	10.04	22	22	18	18
47	NGC2907, PGC027031, PGC027130	1773	86	144	117	0.25	0.21	12.54	12.45	10.30	176	176	143	143
48	ESO373-008, ESO373-007, ESO373-020*	595	28	220	84	1.16	0.44	11.76	11.34	9.64	134	134	51	51
49	NGC2919, PGC027189, PGC2800951*	2324	48	277	47	0.86	0.15	12.33	11.56	10.17	145	22	25	21
50	PGC027747, PGC027825, PGC027817	1637	17	256	84	2.31	0.76	11.36	10.88	10.00	23	23	8	8
51	NGC2990, UGC05218, PGC028029	2920	31	325	41	1.56	0.20	12.02	11.12	10.23	61	37	8	5
52	NGC3001, ESO434-032, ESO434-040	2147	30	585	480	2.98	2.44	12.22	12.14	10.48	55	38	45	31
53	NGC3067, IC2524, UGC05393	1419	17	363	359	3.23	3.20	11.53	11.52	9.82	51	51	51	50
54	ESO316-018, ESO316-011, ESO316-022	2629	47	526	482	1.69	1.54	12.58	12.54	10.56	104	86	95	79
55	IC2537, NGC3089, ESO435-014	2424	52	617	452	1.77	1.30	12.74	12.61	10.70	111	111	81	81
56	IC0591, UGC05454, PGC029321	2649	21	333	303	2.44	2.21	11.66	11.62	9.81	72	42	65	37
57	NGC3147, UGC05689, UGC05686	2984	7	625	450	14.10	10.15	10.96	10.82	10.93	1.07	1.05	0.77	0.76
58	NGC3180, NGC3104, PGC029990	563	44	245	133	0.84	0.46	12.19	11.92	9.85	219	174	119	94
59	UGC05600, UGC05609, UGC05682	2971	17	203	42	1.76	0.36	11.30	10.61	9.85	28	28	6	6
60	NGC3261, NGC3256B, ESO263-051	2332	66	431	278	0.97	0.63	12.80	12.61	10.80	99	99	64	64
61	NGC3258D, IC2584, NGC3273	2187	44	292	265	1.00	0.91	12.27	12.23	10.37	79	66	72	60
62	ESO501-027, PGC755655, PGC031465	2884	23	143	134	0.92	0.87	11.41	11.38	9.47	86	-303	81	-284
63	NGC3318, NGC3318B, ESO318-003	2457	7	336	206	6.84	4.20	10.78	10.57	10.66	1.31	1.26	0.80	0.77
64	NGC3310, PGC2425292, PGC2807136*	1055	9	304	264	5.01	4.35	10.92	10.86	10.08	7	7	6	6
65	NGC3379, NGC3368, NGC3351	710	61	154	143	0.38	0.35	12.28	12.25	10.60	48	48	44	44
66	NGC3449, ESO437-067, ESO376-026	3021	120	283	256	1.76	0.32	13.12	13.08	10.82	202	162	183	147
67	NGC3547, PGC033816, PGC033981	1421	24	283	135	1.76	0.84	11.73	11.41	9.76	93	37	44	18
68	NGC3626, UGC06341, NGC3655	1376	12	405	84	5.05	1.05	11.29	10.60	10.25	11	-142	2	-29
69	NGC3636, PGC034625, NGC3637	1531	63	127	55	0.31	0.13	12.21	11.85	9.97	174	158	75	68
70	NGC3631, UGC06400, NGC3657	1271	32	186	181	0.88	0.86	11.79	11.77	10.27	33	33	32	32
71	NGC3706, ESO378-003, ESO378-007	2718	15	410	361	4.02	3.54	11.50	11.45	10.70	6	3	6	3
72	NGC3705, NGC3666, IC2828	890	21	421	332	3.04	2.40	11.78	11.67	10.07	50	50	40	39

Продолжение табл. 1

№ п/п	Названия галактик	V_{LG} км/с	S_V км/с	$\langle R \rangle$, клк	$R_{H'}$ клк	$\tau(R)$	τ	$\lg M_{vir}(R) - \lg M_O$	$\lg(M_{vir}) - \lg M_O$	$\lg L - \lg L_O$	$f(R)$	f	f
73	NGC3742, ESO320-004, NGC3749	2470	70	145	94	0.31	0.20	12.37	12.18	10.59	60	39	39
74	NGC3756, NGC3733, PGC036347	1347	59	277	262	0.71	0.67	12.50	12.47	10.17	214	186	175
75	NGC3788, PGC142884, NGC3786	2686	27	196	39	1.07	0.22	11.68	10.99	10.34	22	16	4
76	NGC3794, NGC3846, NGC3846A	1494	22	304	278	2.10	0.22	11.68	11.64	9.74	86	36	33
77	PGC036653, UGC06684, PGC036418	1772	22	140	45	0.96	0.31	11.35	10.86	9.20	142	105	34
78	ESO378-020, NGC3903, PGC100731	2701	32	202	151	0.96	0.72	11.82	11.69	10.33	31	22	16
79	NGC3900, UGC06791, NGC3912	1754	30	159	144	0.80	0.73	11.66	11.62	10.20	29	29	27
80	NGC3898, NGC3850, PGC3085825*	1271	22	340	277	2.35	1.91	11.72	11.63	10.14	38	31	31
81	NGC3936, ESO504-024, ESO504-028	1716	61	179	161	0.44	0.39	12.35	12.30	10.46	78	78	70
82	IC2969, PGC1068442, NGC3952	1381	13	250	185	2.86	2.12	11.15	11.02	9.83	21	5	4
83	NGC3941, NGC3930, UGC06955	916	4	279	272	11.77	11.48	10.07	10.06	10.01	1.15	1.01	0.98
84	ESO379-006, IC2977, ESO320-035	2704	7	723	594	15.41	12.66	11.07	10.99	10.80	2	-12	-9
85	ESO572-008, ESO572-006, ESO572-009	1505	13	110	103	1.27	1.18	10.79	10.76	9.09	49	48	46
86	NGC3976, PGC037251, PGC037490	2370	27	349	106	1.91	0.58	11.93	11.42	10.18	57	28	8
87	NGC4051, IC0750, IC0749	754	29	234	28	1.22	0.15	11.81	10.89	9.99	66	55	7
88	NGC4108, PGC2693220, NGC4108B	2724	16	140	101	1.32	0.95	11.07	10.93	10.20	7	2	1
89	NGC4123, NGC4116, UGC07185	1153	12	183	124	2.29	1.56	10.93	10.77	10.05	8	8	5
90	ESO441-007, ESO440-049, ESO441-012	1955	32	417	367	1.94	1.70	12.16	12.10	10.07	121	121	106
91	UGC07164, UGC07168, UGC07160	2273	10	55	44	0.84	0.67	10.23	10.14	9.96	17	17	13
92	NGC4158, PGC086636*, PGC038859	2372	39	209	188	0.80	0.72	12.02	11.97	9.96	114	114	103
93	NGC4162, UGC07143, PGC038878	2523	14	549	505	6.00	5.51	11.53	11.50	10.41	13	13	12
94	IC3059, IC3033, IC3120	153	1	42	38	4.42	4.01	8.44	8.40	7.37	12	-1	-1
95	ESO321-016, ESO321-010, ESO321-018	2885	14	421	170	4.39	1.77	11.46	11.06	10.54	8	8	3
96	NGC4244, UGC07559, UGC07605	268	36	136	124	0.56	0.51	11.77	11.73	9.64	134	134	123
97	NGC4251, NGC4173, PGC166125	1032	34	283	261	1.25	1.16	12.03	11.99	9.94	122	91	112
98	NGC4312, NGC4452, PGC041134	53	5	35	5	1.14	0.16	9.37	8.52	7.35	104	15	-205
99	PGC040157, PGC040015, PGC040285	1699	14	233	209	2.49	2.23	11.18	11.13	9.15	106	3	3
100	NGC4389, UGC07301, PGC040552	774	12	212	104	2.76	1.36	10.97	10.66	9.40	37	37	18
101	NGC4388, IC3305, IC3475	2422	46	854	736	2.80	2.41	12.77	12.70	10.84	86	10	9
102	NGC4441, NGC4510, UGC07730	2870	51	428	399	1.26	1.17	12.57	12.54	10.19	241	230	214
103	NGC4433, PGC040855, NGC4428	2828	34	75	67	0.33	0.29	11.47	11.42	10.57	8	6	5
104	NGC4455, UGC07584, PGC086635	558	20	49	45	0.37	0.33	10.81	10.77	8.85	91	91	83
105	NGC4454, PGC041084, PGC041140	2165	104	239	134	0.35	0.19	12.93	12.67	10.00	839	792	469
106	ESO322-019, ESO322-020, PGC090168	827	66	262	51	0.59	0.11	12.58	11.87	10.23	223	173	34
107	NGC4487, NGC4504, PGC041965	2891	19	165	153	1.31	1.21	11.29	11.26	9.84	28	28	26
108	NGC4539, NGC4561, IC3605	1317	16	343	284	3.22	2.67	11.46	11.38	9.96	31	-140	-118

Продолжение табл. 1

№ п/п	Названия галактик	$V_{LG'}$ км/с	$S_{\nu'}$ км/с	$\langle R \rangle$, кпк	R_h , кпк	$\tau(R)$	τ	$\lg M_{vir}(R) - \lg M_{\odot}$	$\lg(M_{vir}) - \lg M_{\odot}$	$\lg L - \lg L_{\odot}$	$f(R)$	f	f
109	NGC4548, NGC4328, PGC040588	398	6	205	165	4.82	3.88	10.44	10.34	9.36	12	10	-33
110	NGC4546, PGC041990, NGC4597	850	34	311	51	1.36	0.22	12.08	11.30	9.91	149	24	21
111	NGC4574, ESO380-050, ESO380-051	2706	24	148	138	0.94	0.88	11.43	11.40	10.24	16	15	4
112	NGC4602, NGC4593, NGC4604	2389	65	143	133	0.33	0.31	12.30	12.27	10.58	52	49	49
113	NGC4666, NGC4668, PGC1143451	1471	85	47	46	0.08	0.08	12.05	12.04	10.39	46	45	42
114	NGC4690, UGC07945, PGC115603	2628	33	99	61	0.46	0.28	11.54	11.33	9.91	43	40	25
115	NGC4710, IC3806, NGC4758	1249	67	255	176	0.58	0.40	12.57	12.41	10.13	273	188	188
116	NGC4799, PGC166147, UGC08084	2656	11	615	563	8.37	7.66	11.39	11.35	10.06	22	11	20
117	ESO443-010, ESO443-001, PGC088666	2920	52	402	274	1.16	0.79	12.55	12.39	9.90	445	311	304
118	NGC4808, NGC4765, UGC08053	609	23	82	68	0.54	0.45	11.14	11.06	9.53	41	34	34
119	NGC4811, NGC4812, ESO323-038	3031	107	229	32	0.32	0.04	12.94	12.08	10.50	276	245	39
120	NGC4835, ESO269-009, PGC496903	1908	42	786	694	2.79	2.46	12.66	12.61	10.56	128	99	113
121	NGC4866, UGC08085, UGC08114	1930	28	307	276	1.67	1.50	11.89	11.84	10.32	37	37	33
122	NGC4997, PGC045650, PGC045711	2276	82	158	99	0.29	0.18	12.54	12.34	10.14	253	247	159
123	NGC4988, ESO269-053, PGC045680	1831	40	100	79	0.37	0.29	11.73	11.63	10.07	46	31	36
124	NGC5035, NGC5046, NGC5038	2020	17	193	179	1.69	1.57	11.27	11.24	9.95	21	16	20
125	IC0863, PGC046049, PGC046402	2310	15	417	389	4.28	3.99	11.47	11.44	9.89	38	35	-30
126	IC4214, ESO443-083, ESO443-085	2132	36	392	353	1.64	1.48	12.22	12.17	10.69	34	34	31
127	NGC5063, NGC5062, PGC644346	2996	63	214	144	0.51	0.34	12.45	12.28	10.54	81	80	55
128	NGC5103, NGC5145, UGC08449	1315	20	266	243	2.02	1.85	11.53	11.50	9.61	83	76	69
129	NGC5156, ESO220-008, ESO220-011	2712	38	352	313	1.39	1.24	12.22	12.17	10.75	29	14	26
130	NGC5170, PGC046852, PGC047289	1298	23	372	281	2.44	1.84	11.81	11.68	10.52	19	3	15
131	UGC08603, UGC08577, UGC08611	2711	18	182	182	1.52	1.52	11.29	11.29	9.47	66	66	-7
132	NGC5266, NGC5266A, ESO220-026	2651	69	235	169	0.51	0.37	12.56	12.42	10.67	79	79	57
133	NGC5339, PGC049286, NGC5343	2564	52	235	229	0.68	0.66	12.32	12.30	10.37	87	77	76
134	NGC5383, NGC5362, UGC08877	2349	86	248	76	0.43	0.13	12.78	12.27	10.45	216	214	66
135	NGC5365, ESO271-004, NGC5365B	2227	14	283	166	2.99	1.75	11.27	11.04	10.58	5	4	3
136	IC4351, ESO445-076, ESO445-089	2437	32	696	594	3.24	2.77	12.37	12.31	10.77	41	8	6
137	NGC5457, NGC5474, NGC5477	412	26	61	53	0.35	0.31	11.13	11.08	10.35	6	6	5
138	NGC5427, NGC5426, NGC5476	2527	28	467	61	2.52	0.33	12.08	11.19	10.80	19	15	2
139	ESO221-032, ESO221-025, PGC166027*	1591	31	692	593	3.30	2.82	12.35	12.29	10.52	68	53	45
140	ESO446-031, NGC5494, ESO446-020	2685	36	565	448	2.33	1.85	12.39	12.29	10.67	52	50	42
141	NGC5600, NGC5587, UGC09206	2431	25	546	526	3.27	3.15	12.05	12.03	10.42	43	43	41
142	NGC5661, UGC09345, PGC051933	2290	16	453	414	4.16	3.80	11.60	11.56	10.32	19	18	17
143	IC1029, NGC5660, NGC5673	2324	36	52	51	0.22	0.21	11.36	11.34	9.67	49	34	33
144		2400	131	205	159	0.23	0.18	13.06	12.95	10.89	148	148	115

Продолжение табл. 1

№ п/п	Названия галактик	V_{LG} км/с	S_V км/с	$\langle R \rangle$, кпк	R_h , кпк	$\tau(R)$	τ	$lg M_{vir}(R) -$ $lg M_{\odot}$	$lg(M_{vir}) -$ $lg M_{\odot}$	$lg L -$ $lg L_{\odot}$	$f(R)$	f	f
145	NGC5731, NGC5730, PGC101521	2657	8	186	91	3.58	1.75	10.57	10.26	10.37	2	1	-7
146	NGC5729, PGC052345, PGC052460	1763	44	241	194	0.82	0.66	12.19	12.10	10.40	62	50	46
147	ESO580-018, ESO580-020, ESO580-021	2211	48	53	33	0.17	0.10	11.61	11.40	9.63	94	58	58
148	PGC052940, PGC052935, PGC052943	1740	33	26	13	0.12	0.06	10.97	10.66	10.14	7	3	2
149	NGC5792, UGC09601, PGC053577	1846	33	302	262	1.36	1.18	12.04	11.98	10.38	46	40	40
150	NGC5796, PGC053583, NGC5815	2825	97	246	238	0.38	0.37	12.88	12.87	10.50	239	231	231
151	PGC053595, NGC5809, PGC053654	2727	22	345	247	2.40	1.72	11.72	11.58	10.24	30	22	13
152	NGC5838, NGC5806, NGC5841	1310	35	337	197	1.45	0.85	12.13	11.90	10.26	74	58	34
153	NGC5833, NGC5799, PGC054288	2797	52	293	145	0.85	0.42	12.41	12.11	10.84	38	33	19
154	NGC5915, NGC5916A, NGC5916	2203	20	48	46	0.36	0.35	10.79	10.78	10.55	2	2	1
155	NGC6015, UGC10031, UGC10194	1078	27	503	412	2.80	2.29	12.08	11.99	10.12	92	75	74
156	NGC6070, UGC10288, UGC10290	2040	25	572	561	3.43	3.37	12.07	12.06	10.67	25	25	25
157	NGC6368, UGC10841, UGC10852	2915	7	465	368	9.80	7.76	10.89	10.79	10.69	2	1	1
158	NGC6412, IC4660, UGC10792	1514	41	283	256	1.03	0.93	12.20	12.15	10.02	150	149	135
159	UGC11093, UGC11074, PGC061359	2089	31	439	402	2.10	1.93	12.15	12.11	10.37	61	56	42
160	PGC063294, PGC063292, PGC063293	2773	28	6	5	0.03	0.02	10.14	10.06	9.49	4	4	3
161	NGC6810, IC4871, ESO142-032	1830	22	469	196	3.14	1.31	11.89	11.51	10.52	23	10	-7
162	ESO340-009, PGC064488, ESO340-012	2652	54	348	259	0.97	0.72	12.52	12.39	10.55	93	69	61
163	NGC6902, IC4946, NGC6902B	2872	74	195	183	0.39	0.37	12.55	12.52	10.93	42	40	39
164	IC5011, PGC064750, ESO400-030	2372	34	91	24	0.40	0.11	11.54	10.97	10.38	15	4	3
165	NGC7097, PGC067073, NGC7097A	2532	44	212	122	0.72	0.42	12.13	11.89	10.17	92	65	37
166	ESO027-001, ESO011-003, ESO027-003	2353	24	549	182	3.47	1.15	12.01	11.53	10.72	19	9	3
167	NGC7144, NGC7145, NGC7155	1871	35	504	335	2.15	1.43	12.31	12.14	10.55	59	48	32
168	NGC7162, NGC7166, NGC7162A	2325	69	120	118	0.26	0.26	12.28	12.27	10.44	68	67	64
169	NGC7280, PGC141021, PGC068878	2141	20	292	101	2.24	0.77	11.57	11.10	9.99	37	11	4
170	NGC7368, ESO346-001, PGC135597	2374	10	333	277	4.89	4.06	11.06	10.98	10.32	5	5	-10
171	NGC7410, PGC595355, ESO346-018	1850	72	214	144	0.44	0.30	12.57	12.40	10.31	180	121	117
172	NGC7484, ESO407-004, ESO407-005	2767	90	63	60	0.11	0.10	12.23	12.21	10.05	152	147	140
173	NGC7640, UGC12588, UGC12632	701	23	177	161	1.15	1.04	11.49	11.45	10.10	25	22	22
174	NGC7694, PGC071646, NGC7695	2448	36	281	28	1.18	0.12	12.07	11.07	9.99	121	106	11
175	IC5332, ESO347-017, NGC7713	707	10	316	316	4.65	4.65	11.04	11.04	9.98	11	9	10
176	NGC7741, UGC12732, UGC12791	1032	20	295	259	2.26	1.98	11.57	11.51	9.91	45	40	39

* Значения визуальной звездной величины нет; светимость триплета оценена по двум оставшимся галактикам

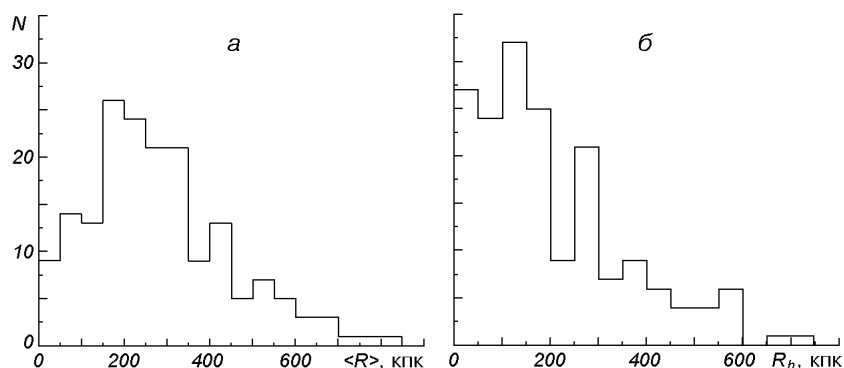


Рис. 2. Распределение триплетов МС по значению среднего (а) и среднегармонического (б) радиуса триплета

Рис. 3. Распределение триплетов МС по значению средней квадратичной скорости галактик в триплете

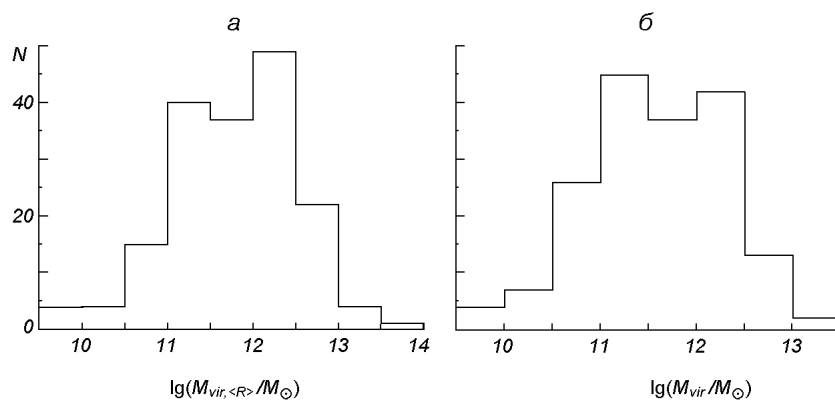
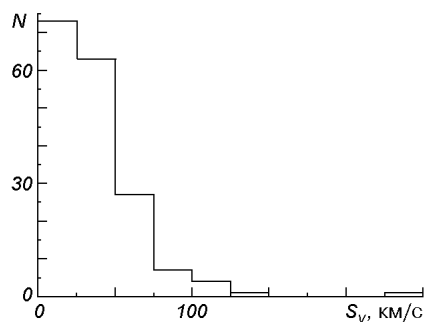


Рис. 4. Распределение триплетов МС по значению вириальной массы триплета как целого в M_\odot , рассчитанной по среднему (а) и среднегармоническому (б) радиусам триплета в солнечных единицах

Среднегармонический радиус больше 600 кпк имеют только триплеты 101, 120.

На рис. 3 показано распределение триплетов МС по значению средней квадратичной скорости, медианное значение $S_v = 30$ км/с. Наибольшее значение дисперсии скоростей (246 км/с) имеет триплет 13.

На рис. 4 показано распределение триплетов МС по значению вириальной массы триплета. Медианные значения вириальных масс, рассчитанных по среднему и среднегармоническому радиусам, равны $M_{vir,(R)} = 5.9 \cdot 10^{11} M_\odot$ и $M_{vir} = 3.6 \cdot 10^{11} M_\odot$ соответственно. Наибольшие значения вириальной

массы M_{vir} у триплетов 13 и 66 составляют соответственно $1.55 \cdot 10^{13} M_{\odot}$ и $1.2 \cdot 10^{13} M_{\odot}$. Триплеты 5, 39, 94, 98 имеют значения вириальной массы меньше, чем $10^{11} M_{\odot}$.

Триплеты 86, 89, 94, 98, 99, 101, 105 и 109 находятся в области скопления в Деве ($\alpha = 11^{\text{h}}50 \div 12^{\text{h}}30$, $\delta = -2.5^{\circ} \div 20^{\circ}$). Эта область характеризуется наличием больших приливных сил и внутренних движений галактик, пекулярные скорости которых нами не учитывались. Из табл. 1 и рис. 2, 4 видно, что характеристики некоторых из этих триплетов (например, 101, 94, 98) значительно отличаются от медианных значений рассматриваемых характеристик триплетов.

Значения вириальной массы, времени пересечения системы, отношения вириальной массы к светимости для триплетов зависят от выбора расчетной формулы для характерного радиуса системы (среднего или среднегармонического). Медианы вириальных характеристик триплетов, рассчитанные по среднему радиусу системы, имеют систематически большие значения по сравнению с соответствующими характеристиками, рассчитанными по среднегармоническому радиусу (например, $\tau_{(R)} = 1.31$ и $\tau = 0.87$).

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИПЛЕТОВ МС С ДРУГИМИ ВЫБОРКАМИ ТРИПЛЕТОВ

Рассмотрим различные ансамбли триплетов и их свойства, которые представлены медианными значениями характеристик по всему ансамблю.

Поскольку в базах данных LEDA и NED за последнее время появились новые данные о лучевых скоростях галактик, звездных величинах и пр., мы обновили эти данные для триплетов Южных, Широких и Талли. Данные о лучевых скоростях Северных триплетов были взяты из работы [6], поскольку для их определения была выполнена специальная программа на 6-м телескопе САО РАН. Для всех выборок триплетов при расчетах использовались формулы (1)–(11), а значения вириальной массы, времени пересечения системы, отношения вириальной массы к светимости рассчитывались на основе среднегармонического радиуса (6).

Сравнение медианных значений характеристик триплетов для всех вышеперечисленных выборок представлены в табл. 2.

Отметим следующие различия медианных характеристик для рассмотренных выборок. Триплеты МС имеют наименьшую среднюю квадратичную скорость, наибольшее медианное значение времени пересечения, наименьшее значение вириальной массы триплета и отношения вириальной массы

Таблица 2. Медианные значения физических характеристик триплетов галактик из разных выборок

Выборка триплетов	N	S_v , км/с	R_{H^I} , кпк	τ , $1/H_0$	$\lg(M_{\text{vir}})$	N^*	M_{vir}/L
МС	176	30	160	0.87	11.56	176	35
МС, $\tau < 1$	95	39	103	0.34	11.73	95	45
МС, $\tau < 0.2$	29	57	46	0.12	11.79	29	39
МК триплеты	156	33	178	0.91	11.72	153	35
Северные	83	135	70	0.04	12.65	82	103
Южные**	48	170	69	0.04	12.97	46	112
Широкие	37	66	396	0.66	12.65	37	173
Талли	56	56	269	0.66	12.42	56	111

*N — количество триплетов в каждой выборке, для которых рассчитано отношение M_{vir}/L (так как не для всех галактик в LEDA приведены видимые звездные величины)

** — здесь рассмотрены 48 из 76 Южных триплетов, для всех компонентов которых известны лучевые скорости

к светимости. Как и следовало ожидать, характеристики триплетов МС и триплетов из каталога МК2000 близки. Ограничив выборку по времени пересечения системы ($\tau < 1$ и $\tau < 0.2$), можно видеть, что с уменьшением времени пересечения возрастает медианное значение средней квадратичной скорости и уменьшается значение среднегармонического радиуса: чем меньше τ , тем ближе система к вириальному равновесию, т. е. тем больше пересечений совершили галактики, входящие в триплет. Однако не прослеживается зависимости времени пересечения системы от величины отношения массы к светимости. Северные и Южные триплеты имеют сходные характеристики, очевидно, из-за применения единообразного критерия отбора. Широкие триплеты имеют наибольшее значение среднегармонического расстояния и, соответственно, наибольшее значение отношения M_{vir}/L . Триплеты Талли и Широкие можно противопоставить Северным и Южным: значения дисперсии скоростей триплетов Талли и Широких меньше в 2-3 раза, а значения среднегармонического радиуса в 5-6 раз превосходят соответствующие значения триплетов Караченцевых. Таким образом, если пространственно представить эти различия, то Широкие триплеты и триплеты Талли как бы имеют больший размер на поверхности небесной сферы, а триплеты Караченцевых по лучу зрения: такой эффект, вероятно, обусловлен различными критериями отбора, которые авторы применяли к своим выборкам.

На рис. 5 представлены зависимости дисперсии скоростей от среднегармонического радиуса для всех выборок триплетов: МС, триплетов из каталога групп Талли, выборки Широких триплетов, Северных и Южных, ограниченных по средней квадратичной скорости 300 км/с.

Из рис. 5 видно, что для триплетов МС и Талли характерен наименьший разброс значений на зависимости S_v от R_h . Это может свидетельствовать о малом вкладе оптических членов в этих выборках, и следовательно,

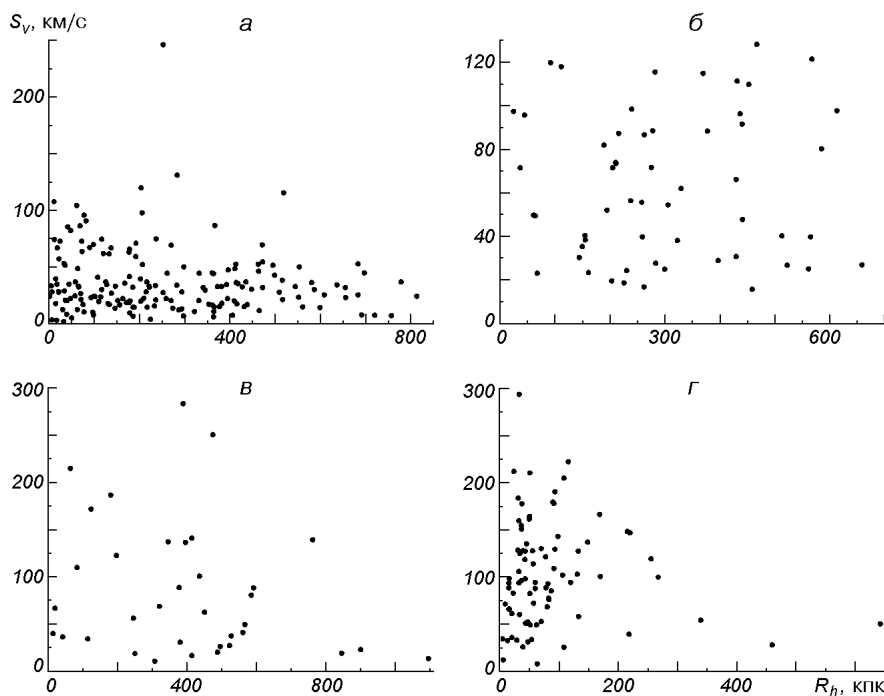


Рис. 5. Зависимость средняя квадратичная скорость — среднегармонический радиус для выборок триплетов: а — МС ($N = 176$); б — Талли ($N = 56$), в — Широких ($N = 35$, $S_v < 300$ км/с), г — для объединенной выборки Северных и Южных триплетов ($N = 83$, $S_v < 300$ км/с)

Таблица 3. Медианные значения вириальной массы триплета M_{vir} и отношения вириальной массы к светимости M_{vir}/L (в солнечных единицах) для выборки триплетов МС, триплетов Талли и выборок Северных, Южных и Широких триплетов, ограниченных по $S_v < 300$ км/с

Выборка триплетов	N	M_{vir}	M_{vir}/L
МС	176	$3.6 \cdot 10^{11}$	35
Северные	53	$2.09 \cdot 10^{12}$	53
Южные	30	$1.75 \cdot 10^{12}$	32
Широкие	35	$3.25 \cdot 10^{12}$	158
Талли	56	$2.6 \cdot 10^{12}$	111

о том, что значение отношения массы к светимости не сильно завышено за счет их вклада.

Ограничив выборки Северных, Южных и Широких триплетов по значению средней квадратичной скорости ($S_v < 300$ км/с), т. е. предположительно исключив из этих выборок оптические системы, мы рассчитали для них медианные значения вириальной массы и отношения вириальной массы к светимости. Сравнение соответствующих значений для ограниченных выборок с выборкой триплетов МС представлено в табл. 3.

Таким образом, медианные значения отношения массы к светимости для предполагаемых физических Северных и Южных триплетов становятся сравнимыми со значениями для триплетов МС.

Различие свойств Северных (Компактных) и Широких триплетов обсуждалось в работах [4, 10]. Компактные триплеты — это системы, которые в процессе эволюции уже совершили несколько движений вокруг центра масс (о чем говорит малое значение времени пересечения системы). Широкие триплеты — это динамически более молодые системы, их состояние еще далеко от вириализации, чем и объяснялось высокое значение отношения M_{vir}/L в системах Широких триплетов [4, 10].

Различие характеристик для пяти выборок триплетов можно объяснить за счет разных критериев отбора этих систем. А именно, только два триплета МС совпадают полностью с Северными и Южными триплетами, а четыре триплета МС совпадают двумя из трех компонентов. С триплетами из выборки Талли полностью совпадает пять триплетов МС, по крайней мере в пяти триплетах совпадают два из трех компонентов. С Широкими триплетами нет ни одного полного совпадения, а 17 триплетов входят полностью или покомпонентно в состав более населенных групп галактик из каталога групп МС. Широкие триплеты отличаются от триплетов Местного Сверхскопления, Северных и Южных прежде всего своим характерным размером (до 1 Мпк). Можно предположить также, что Широкие и триплеты Талли — это либо группы с тремя яркими компонентами, где недоучтены карликовые спутники, либо фрагменты более населенных групп. Естественно, что физические свойства этих триплетов различны.

ВЫВОДЫ

Основу новой выборки триплетов галактик МС составляют галактики из базы данных LEDA (2003) с $V_{LG} < 3000$ км/с. Вся выборка галактик МС предварительно была подвергнута тщательной процедуре просмотра и очистки от сомнительных объектов. В выборке триплетов, отобранных согласно алгоритму выделения «связанных» групп галактик [13], содержится 176 систем, что составляет 14 % от всех галактик, вошедших в группы ($N = 3778$).

Анализ кинематических и вириальных характеристик триплетов МС и их сравнение с характеристиками четырех других ансамблей триплетов — Северных, Южных, Широких и триплетов Талли — показали, что, несмотря на применение разных подходов к выделению тройных систем, общие свойства триплетов всех выборок достаточно хорошо согласуются. Различия в кинематических и вириальных характеристиках разных выборок можно объяснить эффектами селекции.

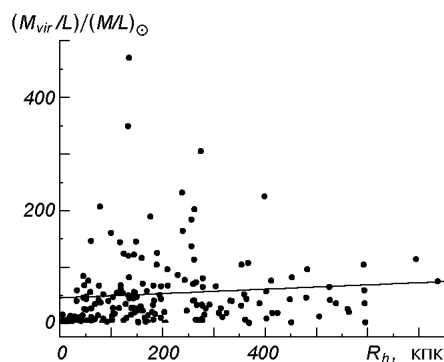
Расчет медианных значений отношения массы к светимости смещенных и несмещенных оценок показал, что учет ошибок измерения лучевых скоростей галактик незначительно влияет на значение отношения массы триплетов галактик к их светимости. Медианы вириальных характеристик триплетов МС, рассчитанные по среднему радиусу системы, имеют систематически большие значения по сравнению с соответствующими характеристиками, рассчитанными по среднегармоническому радиусу ($f_{(R)} = 49f_{\odot}$ и $f = 35f_{\odot}$; $M_{vir,(R)} = 5.9 \cdot 10^{11} M_{\odot}$ и $M_{vir} = 3.6 \cdot 10^{11} M_{\odot}$; $\tau_{(R)} = 1.31$ и $\tau = 0.87$).

Что касается вопроса скрытой массы, то триплеты МС показывают наименьшее значение отношения массы к светимости по сравнению с другими выборками (табл. 2 и 3). Однако и это значение отношения вириальной массы к светимости минимум в 5-7 раз превышает значение отношения массы к светимости для индивидуальных галактик [4, 5]. В то же время для триплетов МС отношение вириальной массы к светимости не увеличивается с увеличением среднегармонического радиуса триплета (рис. 6). С одной стороны, это может означать, что триплеты — слишком малая система галактик, чтобы делать определенные выводы о наличии значительного количества темной материи в пространстве между галактиками (на масштабе 150 кпк). С другой стороны, скрытая материя может находиться в основном в гало отдельных галактик. Об этом свидетельствуют, например, плато в кривых вращения для спиральных галактик и особенности динамики звезд в эллиптических галактиках, а также наличие рентгеновских гало галактик.

Настоящая работа представляет собой первый этап исследования групп в объеме Местного Сверхскопления галактик. Мы полагаем, что единообразное сравнение свойств малонаселенных групп (триплетов) из разных выборок является необходимым тестом для изучения групп с типичной населенностью от нескольких единиц до нескольких десятков галактик.

Для получения более полного представления о свойствах триплетов МС мы планируем в дальнейшем рассмотреть их конфигурационные свойства, наличие в них активных галактик и рентгеновских источников, оценить индивидуальные массы компонентов триплета, а также проанализировать зависимость кинематических и вириальных характеристик триплетов от морфологических типов галактик, входящих в триplet.

Рис. 6. Зависимость отношения вириальной массы к светимости от среднегармонического радиуса триплета



Работа была поддержана грантом Ф7/267-2000 Государственного фонда фундаментальных исследований Министерства образования и науки Украины.

1. *Аносова Ж. П.* Обобщенный статистический критерий выделения оптических и физических кратных систем — случайных и неслучайных группировок объектов // *Астрофизика*.—1987.—27, № 3.—С. 535—548.
2. *Вавилова И. Б.* Великомасштабна структура Всесвіту: спостереження і методи дослідження. — К.: Київ. ун-т, 1998.—106 с.
3. *Караченцев И. Д.* Отношение вириальной массы к светимости и нестационарность различных систем галактик // *Астрофизика*.—1966.— 2, № 1.—С. 81—99.
4. *Караченцев И. Д., Караченцева В. Е., Лебедев В. С.* Триплеты галактик и проблема скрытой массы // *Изв. Спец. астрофиз. обсерватории*.—1989.—27.—С. 67—82.
5. *Караченцева В. Е., Караченцев И. Д.* Изолированные триплеты галактик. Вириальные отношения масса-светимость // *Астрофизика*.—1982.—18, № 1.—С. 5—16.
6. *Караченцева В. Е., Караченцев И. Д., Лебедев В. С.* Изолированные триплеты галактик: полная сводка лучевых скоростей и редуцированные данные // *Изв. Спец. астрофиз. обсерватории*.—1987.—26.—С. 42—54.
7. *Караченцева В. Е., Караченцев И. Д., Щербановский А. Л.* Изолированные триплеты галактик. I. Список // *Изв. Спец. астрофиз. обсерватории*.—1979.—11.—С. 3—16.
8. *Орлов В. В., Петрова А. В., Мартынова А. И.* Тройные сближения в прямолинейной задаче трех тел равных масс // *Астрон. журн.*—2002.—79, № 11.—С. 1034—1043.
9. *Тихонов А. В., Макаров Д. И.* О корреляционных свойствах галактик Местного Сверхскопления // *Письма в Астрон. журн.*—2003.—29, № 5.—С. 334—342.
10. *Трофимов А. В., Чернин А. Д.* Широкие триплеты галактик и проблема скрытых масс // *Астрон. журн.*—1995.—72, № 3.—С. 308—317.
11. *Chernin A. D., Mikkola S.* Computer statistics for three-body systems and mass determination in triplets of galaxies // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1991.—253.—P. 153—159.
12. *Geller M. J., Huchra J. P.* Groups of galaxies. III. CfA survey // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1983.—52.—P. 61—87.
13. *Karachentsev I. D.* Criterion for bound groups of galaxies. Application to the Local Volume // *Astron. and Astrophys. Transactions*.—1994.—6.—P. 1—35.
14. *Karachentsev I. D., Karachentseva V. E., Kudrya Yu.* Properties of flat galaxies from the FGC Catalog. // *Astron. Lett.*—1999.—25, N 1.—P. 1—6.
15. *Karachentsev I. D., Makarov D. I.* The galaxy motion relative to nearby galaxies and the local velocity field // *Astron. J.*—1996.—111.—P. 794—803.
16. *Karachentseva V. E., Karachentsev I. D.* Southern isolated galaxy triplets. // *Astron. Rep.*—2000.—44, N 8.—P. 501—522.
17. *Maia M. A. G., da Costa L. N., Latham D. W.* A Catalog of Southern groups of galaxies // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1989.—69.—P. 809—829.
18. *Makarov D. I., Karachentsev I. D.* A new catalogue of multiple galaxies in the Local Supercluster // *ASP Conf. Ser.*—2000.—209.—P. 40—46.
19. *Sandage A.* The redshift-distance relation. IX. Perturbation of the very nearby velocity field by the mass of the Local Group // *Astrophys. J.*—1986.—307.—P. 1—19.
20. *Schlegel D. J., Finkbeiner D. P., Davis M.* Maps of dust infrared emission for use in estimation of reddening and cosmic microwave background radiation foregrounds // *Astrophys. J.*—1998.—500.—P. 525.
21. *Tully R. B.* Nearby galaxies catalog. II. An All-Sky survey within 3000 kilometers per second // *Astrophys. J.*—1987.—321.—P. 280—304.
22. *Tully R. B.* Light-to-mass variations with environment // *Astrophys. J.*—2005.—618, N 1.—P. 214—226.

Поступила в редакцию 06.10.04