

УДК: 524.77

СТРУКТУРА СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК А 548

Е. Г. НИКОГОСЯН

Поступила 21 июня 2000

Принята к печати 20 ноября 2000

Исследована иерархическая и динамическая структура бимодального скопления галактик А548, состоящего из двух компонентов А548Е и А548W. Для этой цели использовался кластерный анализ NTtree. По результатам анализа в скоплении выявлено 3 основных ядра, 5 подгрупп и 6 триплетов галактик. Эти подгруппы расположены в областях максимумов локальной плотности всего скопления. Средние радиальные скорости подгрупп совпадают с локальными максимумами распределения V_r всего скопления. Члены подгрупп в среднем на 1.25 звездной величины ярче, чем остальные галактики. И по проекционным положениям галактик и по их радиальным скоростям поле скопления имеет более однородную структуру, чем вся система в целом. Галактики с разными V_r неоднородно расположены в скоплении: от периферии к центру радиальная скорость растет.

1. *Введение.* Детальное исследование иерархической структуры скопления галактик имеет большое значение при изучении вопросов о происхождении и эволюции, как самих скоплений, так и их отдельных членов [1].

Впервые наличие подструктуры в скоплениях галактик по оптическим данным было отмечено Байером в 1977г. [2]. Сложную мультикомпонентную структуру имеет также и рентгеновское излучение скоплений [3-6]. В ряде случаев наблюдается четкая корреляция между иерархической структурой в оптическом, рентгеновском и радио диапазонах [7-10].

Современные исследования показывают, что ~60% скоплений галактик по «клочковатой» структуре поверхностной плотности, распределению радиальных скоростей их членов и мультикомпонентной структуре рентгеновского излучения далеки от состояния динамического равновесия [11]. Причем, с ростом количества наблюдаемых данных и усовершенствованием статистических методов исследования структуры скоплений этот процент растет [12].

Для более детального изучения этого вопроса большое значение имеет число скоплений галактик, для которых существуют подробные данные об их иерархической структуре.

В данной работе исследуется иерархическая структура скопления галактик А548, которое классифицировано по внешнему виду как система типа F и по Баутцу и Моргану имеет класс III [13]. Эта система представляет собой бимодальную структуру А548Е и А548W, как по проекционному расположению ее членов на небесной сфере, так и по распределению радиальных скоростей [1,9,14-17]. Само скопление очень далеко от состояния термодинамического равновесия [18].

2. *Выборка.* В работе [19] был опубликован список 235 галактик, расположенных в области площадью ~ 2 кв. град. с центром с координатами $\alpha = 5^h 45^m 00^s$ и $\delta = -25^\circ 38' 00''$ (1950), определенных как члены скопления галактик A548. Из них радиальные скорости были определены только для 133 объектов. Они находятся в интервале от 10000 км/с до 15000 км/с с $\langle V_r \rangle = 12591$ км/с. Авторы всех вышеупомянутых работ по изучению структуры этого скопления использовали именно эту выборку. Отметим, что средние радиальные скорости скоплений A548E и A548W составляют 12279 км/с и 12708 км/с соответственно.

В 1998г. по данным ENACS-обзора [20] для 297 членов скопления были определены радиальные скорости и звездные величины. Часть из них совпадала со списком [19]. Для нескольких галактик скопления радиальные скорости и звездные величины приводятся также и в других работах, опубликованных в период с 1995г. по 1999г. [21-24].

В конечном итоге мы имеем 354 галактики в области площадью ~ 3 кв. град. вокруг центра скопления с радиальными скоростями в интервале от 8000 до 20000 км/с, из которых 344 имеют V_r от 10000 км/с до 15000 км/с. Полнота выборки для галактик с $m \leq 17.0$ равна 100% [20].

Данные о морфологии членов скопления взяты из работы [19].

3. *Обсуждение.* 3.1. *Иерархическая структура скопления галактик A548.* На рис.1 представлено распределение локальной плотности, определенной по методу Дресслера [25]. Мы видим, что скопление имеет сложную, мультикомпонентную структуру, с двумя основными пиками плотности.

Для определения иерархической структуры скопления использовался кластерный анализ (НТtree), описанный в работе [26]. С помощью этого анализа объекты системы (в данном случае галактики) можно сортировать в зависимости от их энергии связанности, критерием которой является сумма кинетической и потенциальной энергий.

По результатам кластерного анализа, те 10 галактик, скорость которых меньше 10000 км/с или больше 15000 км/с, имеют низкую степень

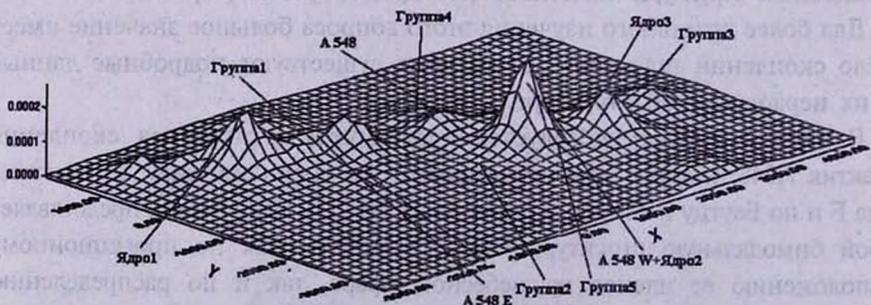


Рис.1. Распределение локальной плотности галактик скопления A548. По осям X и Y отложено расстояние от центра скопления в угсес, соответственно, плотность измеряется в гал/(угл. сек)².

связанности со скоплением в целом, поэтому они рассматриваются нами как объекты фона. На рис.2 представлено распределение плотности радиальной скорости галактик скопления с разным разрешением (пунктирная линия соответствует случаю с большим разрешением), построенное по методу [27]. По рисунку видно, что распределение представляет собой суперпозицию двух гауссиан с $\langle V \rangle_{\max 1} = 11544$ км/с с $sd = 767$ км/с и $\langle V \rangle_{\max 2} = 12813$ км/с с $sd = 1065$ км/с.

Само скопление содержит три основные подгруппы, которые в

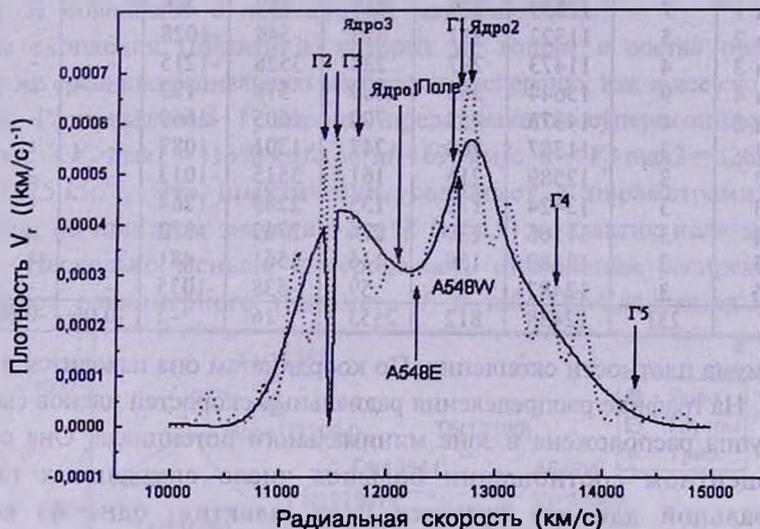


Рис.2. Распределение плотности радиальной скорости.

дальнейшем будут называться «ядрами», 5 подгрупп с числом членов от 4 до 9 и 6 триплетов галактик, расположенных в общем поле скопления.

В табл.1 показаны результаты NTtree - анализа, где приводятся следующие величины: 1-название подгруппы; 2-число галактик в ней; 3-средняя радиальная скорость в км/с; 4-ее дисперсия; 5-среднее межгалактическое расстояние в угл.с; 6 и 7-координаты барицентров в угл.с относительно центра скопления (см. раздел 2); 8-(Skewness), величина, характеризующая степень отклонения распределения радиальных скоростей от гауссовского (при идеальном совпадении $S=0$); 9-(Kurtosis), величина, которая характеризует отношение значений функции распределения радиальных скоростей галактик в «рукавах» к ее центральному значению (в идеальном случае $K=0$) [29], 10-вероятность отклонения проекционных положений галактик в скоплении от равномерного [17].

На рис.1 и 2 отмечены расположения каждой подгруппы, которые в большинстве случаев совпадают с локальными максимумами.

Ядро 1. На дендограмме NTtree - это динамически неустойчивая система, с большой дисперсией радиальных скоростей. Она состоит из трех подгрупп, две из которых локализируются в области второго по величине

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКОПЛЕНИЯ A548 И ЕГО
ПОДГРУПП

Система	N	$\langle V \rangle$	Sd	$\langle R \rangle$	$\langle X \rangle$	$\langle Y \rangle$	S	K	P
A548	344	12432	836	2568	406	-466	0.19	-1.03	33%
Ядро 1	23	12084	731	936	-1280	841	-0.23	-1.59	51%
Ядро 2	18	13069	379	423	1412	-1133	0.32	-1.46	13%
Ядро 3	25	11771	261	1333	2251	-2058	0.48	0.68	64%
Группа 1	7	12759	335	848	-588	266	-	-	-
Группа 2	5	11322	211	315	-549	-1028	-	-	-
Группа 3	4	11473	287	238	3528	-1215	-	-	-
Группа 4	9	13644	253	680	518	173	-	-	-
Группа 5	4	14375	155	709	1605	-1669	-	-	-
Трио 1	3	11387	268	247	-1301	1087	-	-	-
Трио 2	3	12589	216	161	3515	-1013	-	-	-
Трио 3	3	13424	172	135	2283	-1264	-	-	-
Трио 4	3	11566	130	274	-2763	-372	-	-	-
Трио 5	3	13180	150	116	1561	481	-	-	-
Трио 6	3	12487	59	59	-538	-1035	-	-	-
Поле	231	12438	812	2553	16	-2	-0.06	-0.60	23%

максимума плотности скопления. По координатам она находится в области A548E. На графике распределения радиальных скоростей членов скопления эта группа расположена в зоне минимального потенциала. Она содержит в процентном соотношении большое число спиральных галактик. Центральной для нее является пара галактик, одна из которых, эллиптическая галактика ESO 488 - G 027, по мнению авторов работы [29] имеет гало и является cD-галактикой с интенсивным рентгеновским излучением [9]. Ее радиальная скорость равна 12000 км/с, что практически совпадает с $\langle V_r \rangle$ всего ядра.

Ядро 2. Это динамически устойчивая система, которая по координатам и радиальной скорости совпадает с A548W. Расположение ее членов очень незначительно отличается от равномерного (параметр P в табл.1). Центральной для нее является триплет галактик VV 162a, VV 162b и VV 162c со средней радиальной скоростью 13117 км/с и дисперсией 281 км/с. Эти галактики имеют общую диффузную оболочку [30] и являются интенсивным рентгеновским источником [9]. В состав ядра входят практически только E и S0 галактики.

Ядро 3. По координатам эта система локализуется в области одного из пиков распределения локальной плотности скопления, а ее средняя радиальная скорость совпадает со вторым максимумом на рис.2. Центральной для нее является эллиптическая галактика D80 009 с $V_r = 11695$ км/с. В состав ядра входит радиогалактика ESO 488- G006 (NED).

В работе [9], где была исследована структура скопления A548, выявлены три основные подструктуры, которые по составу совпадают с

ядрами 1, 2 и 3.

Отметим, что радиальные скорости центральных галактик в каждой подструктуре практически совпадают с их средними V_r . При этом в ядрах 1 и 2 на графиках распределения плотности радиальных скоростей их членов центральные галактики, которые являются источниками рентгеновского излучения и имеют диффузную оболочку, расположены в зонах минимального потенциала, что является характерным для cD-галактик в скоплениях.

По координатам и средним радиальным скоростям группы 1-5, (см. рис.1 и 2) совпадают с локальными максимумами.

Поле скопления (галактики, которые не вошли в состав подгрупп) имеет ту же среднюю радиальную скорость и дисперсию, как и все скопление в целом. Распределение V_r хорошо представляется суперпозицией двух гауссиан с $\langle V_r \rangle_{\max 1} = 11380$ км/с и $sd = 695$ км/с и $\langle V_r \rangle_{\max 2} = 12691$ км/с и $sd = 1175$ км/с. Это практически, совпадает с параметрами всего скопления, но при этом значении S и K (табл.1) у галактик поля намного меньше. Несколько меньше и вероятность отклонения распределения галактик от равномерного (параметр P в табл.1). Следовательно, по

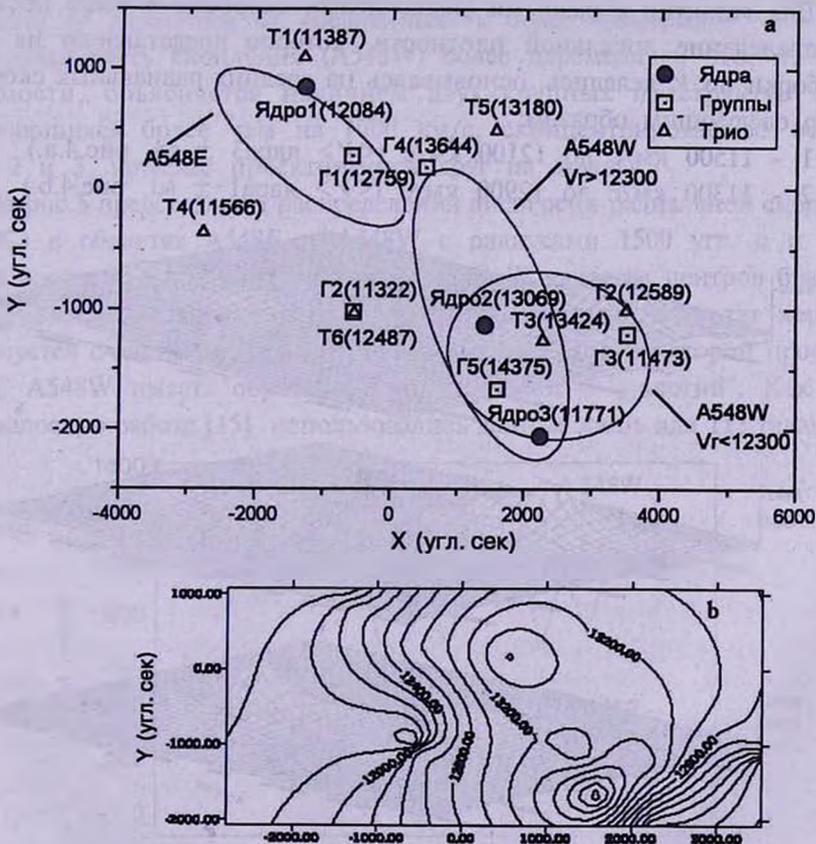


Рис.3. Распределение радиальной скорости в скоплении A 548. а - Карта подгрупп скопления. б - Контуры радиальной скорости в скоплении.

распределениям плотности и радиальных скоростей поле скопления представляет собой более однородную систему.

Так как данное скопление полностью укомплектовано только до 17-й звездной величины, то НТгее - тест был применен также и для полной выборки. Результат был тот же.

3.2. *Динамическая структура скопления галактик А548.* На рис.3а. показано расположение барицентров ядер, групп и триплетов скопления. Подгруппы, как и плотность всего скопления на рис.1, распределены неравномерно, образуя две группировки вокруг ядер 1 и 2. При этом структуры с большими радиальными скоростями имеют тенденцию концентрироваться ближе к центру или точнее к ядру1, в то время как более «медленные» локализируются на периферии. По принципу построения изоденс нами было построено распределение радиальной скорости по группам, представленное на рис.3б. Скопление имеет как бы форму конуса, вершина которого находится в области ядра1, а на его сторонах расположены галактики с меньшими радиальными скоростями.

Для галактик с разными радиальными скоростями было построено распределение локальной плотности, которое представлено на рис.4. Выборки по V_r делались, основываясь на средних радиальных скоростях ядер следующим образом:

- 1 - 11500 км/с до 12100 км/с ($\langle V_r \rangle$ ядра3 \pm sd, рис.4.а.)
- 2 - 11300 км/с до 12900 км/с ($\langle V_r \rangle$ ядра1 \pm sd, рис.4.б.)

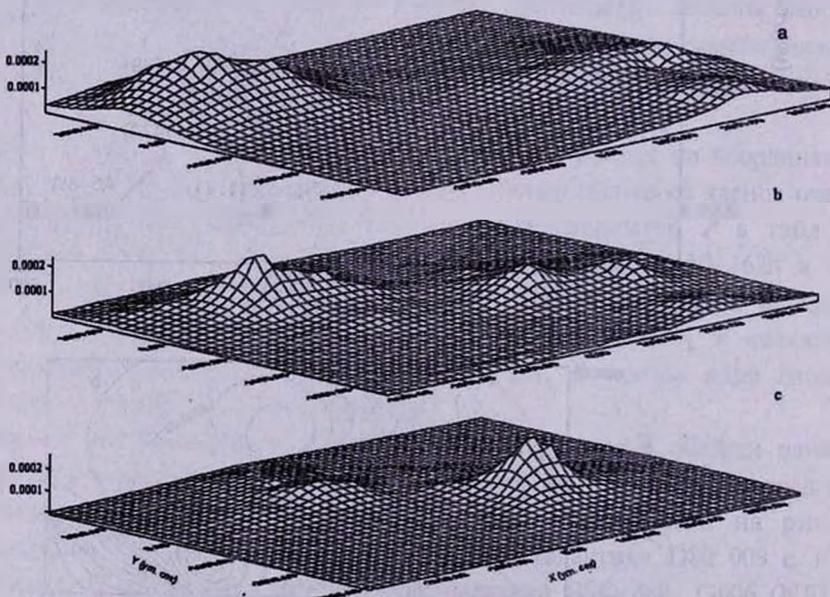


Рис.4. Распределение локальной плотности галактик с разными радиальными скоростями.
 а - Выборка 3; 11500 км/с $\langle V_r \rangle$ < 12100 км/с, б - Выборка 1; 11300 км/с $\langle V_r \rangle$ < 12900 км/с,
 с - Выборка 2; 12600 км/с $\langle V_r \rangle$ < 13500 км/с.

3 - 12600 км/с до 13500 км/с ($\langle V \rangle$ ядра $2 \pm sd$, рис.4.с.)

На рис.4, видно, что группы с разными радиальными скоростями имеют четко выраженную сегрегацию по расположению в скоплении. Если самые «медленные» из них находятся на краях скопления, то самые «быстрые» сконцентрированы в середине (галактики 3-й выборки). Объекты со средними радиальными скоростями (выборка 2), занимают промежуточное положение.

Объекты 3-й выборки имеют два максимума, больший из которых совпадает с самим ядром 2, а меньший с группами 4 и 5. Распределение галактик выборок 1 и 2 имеет «гантелеобразную» структуру, повторяя форму самого скопления. Левый максимум 2-й выборки (рис.4b) совпадает с ядром 1. В этой части практически отсутствуют «быстрые» галактики (выборка 3), в то время как «медленные» (выборка 1) напротив, имеют в этой области максимум, расположенный несколько левее ядра 1. Можно предположить, что эта группа галактик динамически не связана непосредственно с группой ядра 3, а входит в состав левой части скопления или же А548Е, с центральным ядром 1, в которой вдоль направления от периферии к центру наблюдается сегрегация галактик по скоростям от «медленных» к более «быстрым».

Правая часть скопления (А548W) более перемещена, что, по всей видимости, объясняется наличием двух крупных подструктур с V_r , отличающихся более чем на 1000 км/с, сконцентрированных вокруг ядер 2 и 3, которые проектируются друг на друга.

На рис.5 представлены распределения дисперсии радиальной скорости (РДРС) в областях А548Е и А548W с радиусами 1500 угл. с и 2000 угл. с соответственно (интервал = 100 угл. с). В качестве центров брались рентгеновские галактики ядер 1 и 2. Полученный результат хорошо согласуется с данными, приведенными в работе [15], в которой профиль РДРС А548W имеет «обратный» тип, а А548Е - «пологий». Как уже отмечалось, в работе [15] использовались данные лишь для 113 галактик.

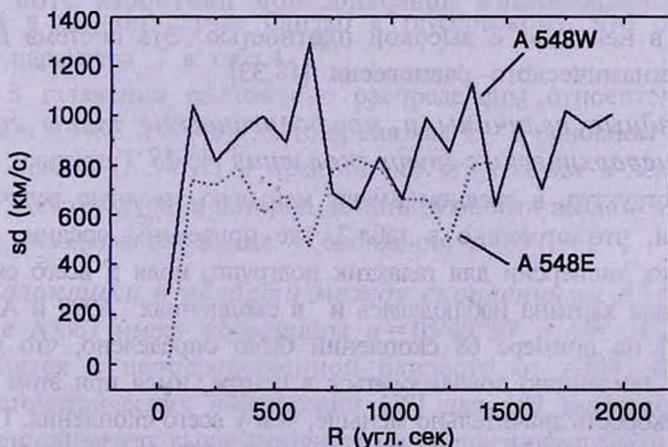


Рис.5. Распределение дисперсии радиальной скорости А548Е и А548W.

По мнению авторов [15], "пологий" РДРС является признаком динамической нестабильности системы и наличием в ней подструктуры, что и имеет место в нашем случае.

"Обратный" РДРС, т.е. возрастание дисперсии вдоль радиуса, объясняется наличием проектирующихся двух взаимодействующих подструктур [31].

Для двух групп галактик в области A548W с V_r больше и меньше 12300 км/с (см. рис.2) была определена их эллиптичность и ориентация [17], что в виде эллипсов представлено на рис.3. Как видно по рисунку, группы галактик с различными радиальными скоростями смещены относительно друг друга и имеют различную ориентацию. Это является еще одним аргументом в пользу того, что в этой области расположены две подструктуры.

Система галактик в области A548E имеет ориентацию, направленную к ядру 2.

Для построения профиля распределения плотности галактик, локализующихся вокруг ядер 1-3, применялась формула Кинга [34]:

$$\sigma(r) = \sigma_0 [1 + (r/R_c)]^{-\alpha},$$

где σ_0 - центральная поверхностная плотность галактик в скоплении, R_c - радиус ядра. Наилучшие параметры для α , σ_0 и R_c приводятся в табл.2.

Параметры групп ядер 2 и 3 типичны для скоплений [18,33].

Малое значение параметра α группы ядра1, скорее всего, объясняется

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ КИНГА ПОДСИСТЕМ СКОПЛЕНИЯ

A548

Система	α	σ_0 (гал./Мпк ²)	R_c (Мпк)
Группа ядра1	0.5	144	0.12
Группа ядра2	0.9	392	0.10
Группа ядра3	0.8	139	0.10

пологим распределением поверхностной плотности этой группы, отсутствием в ней ядра с высокой плотностью. Эта система далека от состояния динамического равновесия [18,33].

3.3. *Звездные величины и морфологические типы галактик различных иерархических групп скопления A548.* Галактики, входящие в состав подструктур, в среднем имеют меньшую звездную величину, чем объекты поля, что отражено в табл.2, где приведены средние звездные величины и их дисперсии для галактик подгрупп, поля и всего скопления.

Аналогичная картина наблюдалась и в скоплениях A999 и A1016 [34]. В работе [35] на примере 68 скоплений было определено, что ярчайшие члены имеют тенденцию локализоваться в центре, имея при этом среднюю радиальную скорость значительно меньше, чем у всего скопления. Подобный результат был получен и для A548, но для выборки из 117 галактик.

Таблица 3

СРЕДНИЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Система	$\langle m \rangle$	Sd
Подгруппы	14.90	0.82
Поле	16.15	0.80
Все скопление	15.75	0.98

Однако в нашем случае ярчайшие объекты ($m < 14.0$) входят в состав всех трех ядер. Можно предположить, что в мультикомпонентных скоплениях ярчайшие галактики имеют тенденцию локализоваться не столько в центральной области, сколько в зонах расположения ядер подструктур этого скопления. Причем, как и в работе [37], объекты с $m < 14.0$ имеют $\langle V \rangle = 11930$ км/с, что действительно на ~ 500 км/с меньше, чем у всего скопления.

К сожалению, морфологические типы определены лишь для 60% галактик, из которых 42(21%)-Е, 78(39%)-S0 и 81(40%)-S. Между галактиками подгрупп и поля нет разницы в процентном составе относительно морфологии. Их основные характеристики приводятся в табл. 4, в которой значения параметров в столбцах такое же, как и в табл.1.

Распределение радиальных скоростей для галактик разных морфологических типов имеет тот же вид, что и скопление в целом. Однако у S0

Таблица 4

НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГАЛАКТИК РАЗНЫХ
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

Морф. тип	N	$\langle V \rangle$	sd	$\langle R \rangle$	$\langle X \rangle$	$\langle Y \rangle$	S	K
E	42	12488	805	2310	443	-489	0.09	-1.76
S0	78	12459	867	2291	-1	-238	-0.002	-0.91
S	81	12403	901	2367	48	-14	0.04	-0.76

галактик пики относительно сглажены и распределение радиальных скоростей в данном случае близко к гауссовскому, что отражается в значении параметра S в табл.4.

S0 и S галактики равномерно распределены относительно центра скопления в A 548E и A 548W, в то время как E - в основном сконцентрированы в правой (A 548W) и практически отсутствуют в левой (A 548E). Подобная подструктура, в которой доминирующими являются спиральные галактики, наблюдается также у скопления A400 [36].

3.4. Галактики в области между скоплениями A548 и A3367.

Скопление A3367 имеет координаты $\alpha = 05^h 49^m 50^s$ и $\delta = -24^\circ 28' 00''$ (2000), т.е. находится в непосредственной близости от A548. В результате спектрофотометрических наблюдений [37] для 180 галактик в области, расположенной между вышеупомянутыми скоплениями, были определены

радиальные скорости. 62 из них имеют $\langle V \rangle$ в интервале от 10000 км/с до 15000 км/с. Распределение их радиальной скорости, так же, как и у А548, имеет два пика с $\langle V \rangle$ 11954 км/с и 13500 км/с, которые почти на 400 км/с и 500 км/с соответственно смещены в сторону больших скоростей относительно А548. При этом положение галактик с разными радиальными скоростями неоднородно: более «медленные» локализуются в области, непосредственно примыкающей к А548Е.

По расположению и радиальным скоростям, можно предположить, что эти галактики динамически взаимосвязаны со скоплением А548, причем вероятно, что часть из них является непосредственно членами А548Е, а остальные образуют подгруппу, входящую в состав А548 в целом.

4. *Заключение.* В настоящей работе была исследована иерархическая и динамическая структуры скопления галактик А548, которое имеет двухкомпонентную структуру: А548Е и А548W. Это скопление содержит 344 члена в области площадью ~ 3 кв. град и радиальными скоростями в интервале от 10000 км/с до 15000 км/с. Распределение плотности радиальной скорости членов скопления представляет собой суперпозицию двух гауссиан.

По результатам NTree - анализа в скоплении выявлено 3 основных ядра, 5 подгрупп и 6 триплетов. Расположение подструктуры на карте распределения плотности и на графике радиальной скорости хорошо коррелирует с локальными максимумами. Поле скопления имеет более однородную структуру и по расположению галактик и по их радиальным скоростям, чем вся система в целом. Члены подгрупп имеют среднюю звездную величину меньше, чем галактики поля. Центральные галактики ядер 1 и 2 обладают диффузным гало и являются рентгеновскими источниками. Ядро 3 содержит радиогалактику. Средние радиальные скорости ядер практически равны V_r их центральных галактик.

В скоплении наблюдается зависимость проекционного расположения галактик от их радиальных скоростей: от периферии к центру, где расположено ядро 2, средняя V_r растет. Само ядро 2 представляет собой динамически устойчивую систему, которая содержит практически только Е и S0 галактики.

Правая часть скопления А548W представляет собой суперпозицию двух взаимодействующих подструктур, локализованных вокруг ядер 2 и 3. Их средние радиальные скорости отличаются больше чем на 1000 км/с. Эти системы несколько смещены относительно друг друга и имеют разную ориентацию. Вероятно, доминирующей является группа ядра 2.

Левая часть скопления А548Е - это группа ядра 1. Система по профилю распределения поверхностной плотности и дисперсии радиальной скорости далека от состояния термодинамического равновесия. В ней наблюдается сегрегация галактик по радиальным скоростям: вдоль радиуса А548Е от

периферии к центру скопления, к области локализации ядра 2, скорость растет. Можно предположить, что эта система находится в процессе формирования, который происходит под влиянием A548W.

В непосредственной близости от скопления A548 расположены 62 галактики с радиальными скоростями от 10000 км/с до 15000 км/с, которые, вероятно, образуют еще одну подструктуру данного скопления.

На основе всего вышесказанного можно предположить, что скопление A548 представляет собой мультикомпонентную систему, которая находится в процессе формирования.

В заключение автор выражает благодарность сотрудникам Бюраканской обсерватории А.Петросяну и Г.Арутюняну за полезные замечания, сделанные при написании статьи.

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

THE STRUCTURE OF THE CLUSTER OF GALAXIES A548

E.H.NIKOGOSSYAN

The hierarchical and dynamical structures of the bimodal cluster of galaxies A548, consisting of two components A548E and A548W have been investigated. For this purpose the cluster analysis HTree have been used. The results are following: there are 3 basic cores, 5 subgroups and 6 triplets of galaxies. These subgroups are located in the areas of the maxima of distribution of a local density of the cluster. The average radial velocities of the subgroups coincide with the local maxima of the distribution of V_r of the cluster. The members of subgroups in average are brighter for 1.25 magnitude, than remaining galaxies. The field of the cluster has a more homogeneous structure both in projective positions and radial velocities of galaxies, than all the system in a whole. Galaxies with various V_r are located in the cluster inhomogeneously: from the rim to the centre the radial velocity grows.

ЛИТЕРАТУРА

1. *E.Escalera, A.Biviano, M.Girardi et al*, *Astrophys. J.*, **423**, 539, 1994.
2. *F.M.Baier*, *Astron. Nachr.*, **298**, 151, 1977.
3. *J.J.Mohr, D.F.Fabricant, M.J.Geller*, *Astrophys. J.*, **413**, 492, 1993.
4. *S.A.Grebenev, W.Forman, C.Jones et al*, *Astrophys. J.*, **445**, 607, 1995.
5. *M.J.West, C.Jones, W.Forman*, *Astrophys. J.*, **451**, L5, 1995.
6. *A.J.Zabludoff, D.Zaritsky*, *Astrophys. J.*, **447**, L2, 1995.
7. *D.S.Gerbal, F.Durret, E.Nikogossian et al*, in "A New Vision of an Old Cluster: Untangling Coma Berenices", 1997, p. 50.
8. *E.Nikogossian, F.Durret, D.S.Gerbal et al*, *Astron. Astrophys.*, **349**, 97, 1999.
9. *D.S.Davis, C.M.Bird, R.F.Mushotzky et al*, *Astrophys. J.*, **440**, 48, 1995.
10. *Е.Г.Никогосян*, *Астрофизика*, **43**, 46, 2000.
11. *J.R.Kreissler, T.C.Beers*, *Astron. J.*, **113**, 80, 1997.
12. *B.Maccagni, M.Girardi, M.Tarengi*, *Astrophys. J.*, **482**, 41, 1997.
13. *M.F.Struble, C.Ftadas*, *Astron. J.*, **108**, 1, 1994.
14. *A.Dressler, S.A.Shectman*, *Astron. J.*, **95**, 985, 1988.
15. *R. den Hartog, P.Katgert*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **292**, 419, 1997.
16. *A.J.Zabludoff, J.P.Huchra, M.J.Geller*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **74**, 1, 1990.
17. *E.Salvador-Sole, M.Sanroma*, *Astrophys. J.*, **402**, 398, 1993.
18. *M.Girardi, A.Biviano, G.Giuricin et al*, *Astrophys. J.*, **438**, 527, 1995.
19. *A.Dressler, S.A.Shectman*, *Astron. J.*, **95**, 284, 1988.
20. *P.Katgert, A.Mazure, R. den Hartog et al*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **129**, 399, 1998.
21. *D.S.Mathewson, V.L.Ford*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **107**, 97, 1996.
22. *G.Wegner, M.Colless, R.Giovanelli*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **106**, 1, 1996.
23. *H.Quintana, A.Ramirez*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **96**, 343, 1995.
24. *G.Wegner, M.Colless, R.P.Saglia et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **305**, 259, 1999.
25. *A.Dressler*, *Astrophys. J.*, **236**, 351, 1980.
26. *A.Serna, D.Gerbal*, *Astron. Astrophys.*, **309**, 65, 1996.
27. *D.Fadda, E.Slezak, A.Bijaoui*, *Astron. Astrophys.*, **327**, 335, 1998.
28. *M.Solanes, E.Salvador-Sole, M.Sanroma*, *Astron. Astrophys.*, **343**, 733, 1999.
29. *M.Colless, D.Burstein*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **262**, 475, 1993.
30. *G.Gregorini, H.R. Vettolani, H.R.Ruiter et al*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **95**, 1, 1992.
31. *A.Mahdavi, M.J.Geller et al*, *Astrophys.*, **509**, 69, 1999.
32. *I.R.King*, *Astron. J.*, **67**, 471, 1962.
33. *C.Adami, A.Mazure, P.Katgert et al*, *Astron. Astrophys.*, **336**, 63, 1998.
34. *Е.Г.Никогосян*, *Астрофизика*, **43**, 45, 2000.
35. *A.Biviano, M.Girardi, G.Giuricin et al*, *Astrophys. J.*, **396**, 35, 1992.
36. *J.C.Best*, *Astrophys. J.*, **520**, 507, 1999.
37. *G.Andreuzzi, S.Bardelli, R.Scaramella et al.*, *Astron. Astrophys.*, **337**, 9, 1998.