

О ПРИРОДЕ cD ГАЛАКТИК

Г.А. АРУТЮНЯН

Поступила 6 августа 2007

Принята к печати 13 февраля 2008

В работе рассматриваются некоторые физические характеристики cD галактик в контексте их формирования вследствие амбарцумяновских событий. cD галактики рассматриваются в качестве генераторов тех скоплений, в которых они находятся. С целью аргументации этой концепции обсуждается явление сегрегации скоплений по морфологическим классам, а также известное соотношение Фэйбер-Джексона. Показывается, что предлагаемая концепция достаточно естественно объясняет наблюдаемые особенности cD галактик и соответствующих скоплений.

Ключевые слова: *галактики: скопления: cD галактики*

1. *Введение.* Центральные галактики скоплений галактик привлекают внимание по своим физическим характеристикам, а среди них выделяются так называемые cD галактики. Термин "cD галактика" ввели в использование Мэтюз, Морган и Шмидт [1] для обозначения подкласса гигантских эллиптических галактик, окруженных протяженным гало. Их морфологические особенности впервые детально определены в работе Моргана и Леш [2], где они характеризуются следующими отличительными чертами: (1) они находятся исключительно в богатых, регулярных скоплениях, и являются ярчайшим или вторым по яркости объектом; (2) в скоплениях они занимают центральное положение; (3) они никогда не бывают сильно сжатыми (см., также [3-5]) и (4) они обладают ярким эллиптическим ядром, которое погружено в аморфную оболочку (гало), причем ядро может быть двойным или кратным (сравни с [6,7]).

Тот факт, что существование центральной галактики и ее тип четко коррелируют с типом скопления, был учтен Бауцом и Морганом [8] при классификации скоплений галактик, которые под классом I обозначили скопления, содержащие cD галактику. Как известно, скопления данного класса являются наиболее регулярными, показывающими явную концентрацию к центру и обладающими явным перевесом относительного количества галактик ранних типов. Оемлером [3] была обнаружена отчетливая корреляция между светимостями гало галактики L_h и скопления L_c . Последняя корреляция подтверждена фактом, что ярчайшие галактики бедных скоплений, полностью лишены гало [9,10].

cD галактики отличаются от других эллиптических галактик также и

кинематическими характеристиками. В качестве таковой, как известно, обычно используется дисперсия скоростей, которая максимальна в центре наблюдаемого диска и связана со светимостью галактики соотношением Фэйбер-Джексона [11]. Однако в некоторых сD галактиках (и только в галактиках данного типа) дисперсия скоростей, падая с удалением от центра, доходит до некоторого минимального значения и снова начинает расти (см., например, [12,13]). Более того, известно и многократно проверено также, что для рассматриваемых сверхгигантских галактик соотношение Фэйбер-Джексона задается другим параметром крутизны, чем для обычных эллиптических галактик [14-17].

Отличие характеристик от остальных членов семейства эллиптических галактик стало основой для создания специальных сценариев, описывающих формирование сD галактик [18-20]. Как предложенные механизмы, так и их дальнейшее развитие основываются на главной парадигме об иерархическом росте размеров и масс этих галактик вследствие слияния сравнительно маломассивных объектов (*каннибализм*).

Тем не менее, существует ряд наблюдательных данных, которые позволяют подойти к проблеме их формирования и эволюции с другой точки зрения, которая утверждает, что сама сD галактика рождает и обогащает скопление, в том числе и ту повышенную локальную плотность, в центре которого она находится. В основе этого подхода лежит космогоническая концепция Амбарцумяна, утверждающая, что любая активность, связанная с образованием новых объектов, *является внутренним свойством самих объектов, а источник энергии, выделяемой вследствие активных явлений, не может находиться вне объекта*. В рамках данной парадигмы центральные галактики в скоплениях рассматриваются в качестве материнских объектов, которые посредством многократного извержения сгустков дозвездного вещества большой массы, формируют догалактические объекты, тем самым подпитывая скопление новыми галактиками, которые, в свою очередь, аналогичным образом формируют семейство объектов более низких иерархических классов [21].

2. *Амбарцумяновские события*. Идея о возможности выброса новой галактики из ядра другой галактики впервые была высказана Амбарцумяном [22,23]. Такой процесс предполагает выброс некоторого количества дозвездного плотного вещества, из которого, в свою очередь, в результате распада и выброса вещества "меньших порций" формируются объекты следующего иерархического уровня - звезды, звездные скопления, туманности. С точки зрения математики это явление может быть классифицировано как некая разновидность ветвящихся процессов, когда одним объектом (массивная галактика - *объект третьего иерархического уровня*) выбрасываются другие объекты как *своего* иерархического

класса (дочерние галактики сравнительно более малых масс - *объекты своего уровня*), так и *низших* иерархических классов (*объекты второго уровня* - звезды и *первого уровня* - газ). Исходя из физических соображений, можно предположить, что, если такое явление возможно в принципе, то оно должно быть более вероятным у массивных объектов.

Достаточно изящное теоретическое исследование в этой области впервые было выполнено на заре становления концепции об активности ядер галактик Караченцевым и Теребижем [24], что, к сожалению, не нашло продолжения. Правда, в упомянутой работе считается, что каждая галактика просто делится на две новые, *а продукты деления наделены абсолютно такими же свойствами, что и материнский объект*. Несмотря на некоторую идеализированность рассмотренной задачи (что, впрочем, понятно для первой попытки), такой подход, на наш взгляд, был оправдан и мог бы иметь достаточно плодотворное продолжение.

С другой стороны, явление выбросов по своей природе может считаться пуассоновским процессом с некоторой средней частотой, которая, в общем случае, может быть функцией времени или возраста данной галактики, а также ее массы, вращательного момента и других физических характеристик. В качестве активных источников формирования новых галактик, которые как целостные физические образования сохранились до нашей космологической эпохи и продолжают формировать новые галактики, нами рассматриваются cD галактики. Согласно этому сценарию формирование скопления галактик начинается от единичного объекта достаточно большой массы. Основным источником энергии распада и выбросов считается *однородное и изотропное расширение, вследствие чего объект со временем становится все более нестабильным* [21].

Очевидно также, что объекты, обладающие большим вращательным моментом при одинаковой массе, больше подвержены распаду. В пользу такой физической картины косвенно свидетельствует ряд наблюдательных фактов. Во-первых, нет ни одной cD галактики, которая обладала бы значительной скоростью вращения. Во-вторых, cD галактики наблюдаются лишь в регулярных скоплениях, в которых относительное количество галактик поздних типов самое низкое, что может быть объяснено малым значением вращательного момента первоначального объекта - генератора скопления. В-третьих, отсутствие в центре иррегулярных скоплений галактик cD типа также согласуется с предлагаемой картиной - если генератором скопления была протогалактика с большим вращательным моментом, то с большей вероятностью а) ее дочерние объекты в среднем также должны были иметь большой вращательный момент (галактики поздних типов) и б) она исчерпала бы свои ресурсы,

не оставив после себя галактику очень большой массы.

Таким образом, в качестве разрушающего механизма при формировании космических объектов могут быть рассмотрены, по крайней мере, две силы. Первая из них - хорошо известная центробежная сила, имеющая существенное значение в эволюционном процессе объектов со значительным вращательным моментом для данной массы. А вторая сила более универсальна, действует изотропно, и ею обусловлено также и ускоряющееся расширение Вселенной - наиболее явное проявление данной силы, которая, помимо всего, усиливается с расстоянием. Она часто называется темной энергией или квинтэссенцией, и, по мнению большинства исследователей, действует лишь на больших масштабах. Но если данная сила действует на всех масштабах, то понятно, что при постоянном увеличении внутренней энергии целостность объекта может быть сохранена лишь в том случае, если он будет постоянно освобождаться от некоторой части этой энергии. В качестве такого механизма может служить, например, выброс сгустков материи.

Существенным аргументом в пользу того, что именно сD галактики формируют скопление галактик вокруг себя, а не наоборот, служат также физические характеристики гало этих галактик. То, что светимость "основного тела" сD галактики не зависит от класса богатства скопления, а светимости ее гало и скопления коррелируют между собой, достаточно естественным образом объясняется в рамках предлагаемой здесь концепции [21].

Таким образом, в качестве постоянного источника нарастания внутренней энергии объектов и систем нами предлагается хаббловское расширение, имеющее место во всех масштабах, доступных для наблюдений и измерений [25] (см. также [21]). При таком однородном расширении хаббловский закон, очевидно, может быть представлен в следующем виде:

$$\frac{dr}{dt} = Hr, \quad (1)$$

и показывает скорость увеличения расстояния r между двумя точками. Постоянная Хаббла, которая является *единственным динамическим параметром, характеризующим Вселенную как целую*, имеет размерность T^{-1} и по современным измерениям дается величиной

$$H \approx 2.5 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}.$$

В рамках этих представлений она показывает приращение единицы длины за одну секунду. Вторая производная расстояния r , как было показано в [21], имеет положительный знак и, поэтому, расстояние между любыми двумя точками увеличивается с ускорением.

Далее, пусть рассматривается простейшая расширяющаяся система

N материальных точек, каждая из которых характеризуется массой m и расстоянием от центра масс r_i в данный момент времени. Система, расширяющаяся согласно закону (1), очевидно, со временем увеличит свою полную энергию. Если в момент времени $t_0 = 0$ рассматриваемые модельные частицы характеризуются системой радиус-векторов $\{r_i\}$, то через время t (вообще говоря, при условии $Ht \ll 1$) полная энергия системы увеличится на величину

$$\Delta E = mH^4 t^2 \sum_{i=1}^N r_i^2 + Gm^2 Ht \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{1}{r_{ij}} > 0, \quad (2)$$

где $r_{ij} = \|\vec{r}_i - \vec{r}_j\|$ - линейное расстояние между каждыми двумя частицами.

Строго говоря, при получении соотношения (2) следовало бы учитывать кинематические особенности данной системы. Тем не менее, тот факт, что все известные нам силы притяжения между материальными частицами уменьшаются с увеличением расстояния между ними, а сила, обусловленная "темной энергией", наоборот, возрастает при этом, показывает, что устойчивость и, следовательно, вероятность оставаться цельными для объектов и их систем всех иерархических классов снижается.

Действительно, согласно закону Хаббла, расстояние r за промежуток времени Δt получает приращение

$$\Delta r = rH \Delta t, \quad (3)$$

вследствие чего гравитационная сила F_g , например, между двумя материальными точками уменьшается на величину

$$\Delta F_g = -2 F_g H \Delta t. \quad (4)$$

С другой стороны, если из (1) вычислить ускорение (см. [21]), то получим, что разрушающая "антигравитационная" сила F_H возрастает на величину

$$\Delta F_H = F_H H \Delta t. \quad (5)$$

Поэтому, можно сделать вывод, что *ускоряющееся расширение за промежуток времени Δt изменяет баланс сил в пользу разрушающего механизма*. Этот вывод оправдан для всех масштабов, в которых действует хаббловское расширение. Если придерживаться этой концепции, нетрудно видеть, что для каждого объекта или каждой системы объектов такая направленная работа приводит к критическому пределу, когда цельное существование становится энергетически невыгодным. Тогда, по всей видимости, *должен произойти либо распад данной физической системы, либо некоторая часть энергии, накопленная благодаря совместной работе указанных сил, должна быть выброшена*.

Форма выброса энергии зависит от масштаба рассматриваемых объектов, но в любом случае носителями лишней энергии могут быть как дочерние объекты меньших масс данного иерархического класса (в ядерных

процессах, например, альфа-частицы и новые ядра, образованные в результате деления), так и *объекты более низких классов* (гамма излучение, бета-распад). В рамках данной концепции аргументируется также, что в макро и мегамирах мы наблюдаем аналоги тех разнообразных явлений, которые считаются свойственными лишь микромиру. Если действительно такой процесс сопутствует эволюции галактик и, в частности, галактик типа cD, то было бы разумнее искать как прямые, так и косвенные признаки, которые сохранили "почерк" подобных явлений.

3. *Распределение галактик и их кинематика в скоплении Virgo.*

Хорошо известен факт, что спиральные и иррегулярные галактики в скоплениях тяготеют к перифериям скоплений, тогда как эллиптические и линзообразные показывают концентрацию к центру [26]. Такая сегрегация по морфологическим типам, которая хорошо видна в скоплениях любого типа, представляется как результат влияния окружающей среды на формирование морфологического типа. Наблюдательные факты в данном случае налицо - чем плотнее окружение, тем больше вероятность того, что галактики в данном объеме будут принадлежать к ранним типам. Данная закономерность продолжается при переходе в общее поле, где морфологический состав напоминает самые далекие периферии скоплений с более чем 60 процентами галактик поздних типов.

Таким образом, есть две очевидные корреляции - *переход от ранних типов галактик к более поздним типам происходит как по мере уменьшения плотности галактик, так и с увеличением расстояния от центральных частей скоплений или локальных максимумов плотности*. Постановка проблемы кажется достаточно прозрачной - *может ли быть найдена истинная и общая первопричина этих наблюдаемых корреляций?*

Известно также, что в скоплениях дисперсия скоростей для спиральных и иррегулярных галактик больше по сравнению с эллиптическими и линзообразными [27]. Это хорошо видно из данных, приведенных в табл.1, в качестве иллюстрации составленной для галактик скопления в Деве. В столбцах таблицы приведены: 1) кольцо с центром, совпадающим с M87, 2) количество галактик в кольце, 3) средние скорости и 4) их дисперсии, 5) средние звездные величины и 6) их дисперсии, 7) интервал звездных величин и 8) количество галактик в данном интервале, 9) средние скорости и 10) их дисперсии, 11) среднее расстояние галактик от центра и 12) дисперсии расстояний. С этой целью использован каталог, опубликованный Бингели, Сэндиджем и Тамманом [28], а анализ проведен для подвыборок, отобранных как по геометрическому принципу (концентрические кольца вокруг галактики M87 шириной в 1 градус - столбцы (1)-(6)), так и по светимости (столбцы (7)-(12)).

Несмотря на то, что статистика не очень большая, можно заметить

следующие слабые тенденции: а) средняя скорость эллиптических галактик слегка, но монотонно уменьшается при удалении от центральной галактики до 4-х градусов, затем достаточно резко возрастает; б) до такого же расстояния средняя скорость линзообразных галактик монотонно и значительно растет, после чего убывает; в) спиральные галактики не показывают какую-либо ощутимую тенденцию; г) подгруппа иррегулярных галактик, которые являются как самыми слабыми, так и наиболее малочисленными, повторяет поведение первой подгруппы. Картина еще более запутана, если учитываются дисперсии скоростей - в двух выборках, а именно, у эллиптических (коэффициент корреляции -0.79) и спиральных (-0.74) галактик наблюдается заметное уменьшение дисперсии на больших расстояниях от центральной галактики. У линзообразных и иррегулярных галактик эту тенденцию очень трудно заметить (соответственно, -0.48 и -0.44). В среднем дисперсия скоростей больше для поздних типов галактик, но средняя скорость эллиптических и линзообразных галактик (речь идет о лучевой скорости, измеренной в системе наблюдателя) больше по сравнению со спиральными, но меньше средней скорости иррегулярных галактик.

Мы вычислили средние значения скоростей рассмотренных выше четырех типов, разделив их на две группы - показывающих скорости меньше (галактики с меньшими скоростями - ГМС) и больше (галактики с большими скоростями - ГБС) скорости М87. В результате получаем (646; 1712) для эллиптических, (792; 1628) для линзовидных, (616; 1951) для спиральных и (605; 1924) для иррегулярных галактик.

Следует отметить, однако, что сравнительно небольшое значение 646 км/с (которое мало отличается от аналогичных величин, полученных для галактик поздних типов), приведенное для эллиптических ГМС, существенно занижено из-за наличия группы карликовых галактик, средняя скорость которых намного ниже по сравнению со средней скоростью более ярких галактик. Достаточно сказать, что соответствующие скорости для эллиптических галактик слабее 15^m составляют пару (341; 1598), а для галактик с $m > 16^m$ - (198; 1956). Когда галактики с $m > 15^m$ исключаются из данной подгруппы, рассматриваемые нами средние скорости гораздо ближе к скорости центральной галактики, и почти совпадают с аналогичными величинами, вычисленными для линзообразных галактик (762; 1648).

Таким образом, минимальная и максимальная средние скорости (в системе М87) принадлежат спиральным и иррегулярным галактикам, которые, с другой стороны, показывают наибольшие средние расстояния от центральной галактики (соответственно 3.6 и 4.0 градусов, против 2.5 и 3.3 в случае эллиптических и линзообразных галактик). Другими

СРЕДНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЛАКТИК СКОПЛЕНИЯ В ДЕВЕ

А. Эллиптические галактики

Δr	$N(\Delta r)$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{m}$	$\sigma(m)$	Δm	$N_{\Delta m}$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{r}$	$\sigma(r)$
0-1	22	1188.	723.	14.7	1.6	9-12	7	1182.	546.	2.7	1.9
1-2	27	1038.	920.	14.6	1.7	12-14	15	1164.	537.	2.6	1.8
2-3	15	985.	527.	14.5	1.2	14-15	43	1213.	584.	2.7	1.5
3-4	17	932.	619.	14.6	0.9	15-16	28	1027.	717.	2.5	2.1
4-5	15	1140.	321.	14.4	1.7	>16	11	538.	942.	1.5	1.0
>5	8	1328.	435.	14.0	1.6						
Все	104	1082.	677.	14.5	1.5		104	1082.	677.	2.5	1.7

Б. Линзообразные галактики

Δr	$N(\Delta r)$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{m}$	$\sigma(m)$	Δm	$N_{\Delta m}$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{r}$	$\sigma(r)$
0-1	3	729.	511.	13.5	0.2	9-12	16	925.	475.	3.1	1.9
1-2	18	909.	538.	13.0	1.7	12-13	15	1343.	432.	3.6	1.2
2-3	9	1022.	637.	12.9	1.0	13-14	13	1095.	512.	2.5	1.5
3-4	16	1376.	558.	13.4	1.5	14-15	25	1100.	619.	3.5	1.4
4-5	15	1187.	387.	13.6	1.3	>15	3	927.	340.	4.2	2.1
>5	11	1094.	466.	13.0	1.7						
Все	72	1105.	532.	13.2	1.4		72	1105.	532.	3.3	1.5

В. Спиральные галактики

Δr	$N(\Delta r)$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{m}$	$\sigma(m)$	Δm	$N_{\Delta m}$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{r}$	$\sigma(r)$
0-1	6	1053.	768.	12.8	1.3	10-12	22	1126.	913.	3.5	1.6
1-2	21	823.	939.	13.4	1.7	12-13	34	1047.	653.	3.1	1.5
2-3	20	1043.	747.	13.3	1.6	13-14	36	904.	709.	3.7	1.7
3-4	34	984.	732.	12.9	1.3	14-15	32	1002.	708.	4.2	1.6
4-5	31	1088.	736.	13.6	1.4	>15	12	917.	626.	3.3	2.0
>5	24	1006.	560.	13.6	1.1						
Все	136	1000.	735.	13.3	1.4		136	1000.	736.	3.6	1.7

Г. Иррегулярные галактики

Δr	$N(\Delta r)$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{m}$	$\sigma(m)$	Δm	$N_{\Delta m}$	$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\bar{r}$	$\sigma(r)$
0-2	6	1244.	1039.	15.8	1.2	10-12	0	-	-	-	-
2-3	12	1212.	746.	16.2	1.2	13-14	0	-	-	-	-
3-4	13	936.	732.	16.1	1.3	14-15	0	-	-	-	-
4-5	13	1088.	793.	15.8	1.2	>15	59	1187.	784.	4.0	1.7
>5	15	1305.	843.	16.2	1.1						
Все	59	1187.	784.	16.0	1.1		59	1187.	784.	4.0	1.7

словами, именно *периферийные галактики обладают наибольшей средней скоростью* (-642; 693 и -653; 666, соответственно) *относительно центральной галактики*. Наименьшую же разность показывают линзообразные (-466; 370) и эллиптические (-425; 448) галактики.

4. *Наличие радиальных скоростей.* Тот факт, что средние скорости по отношению к центральной галактике явным образом отличаются друг от друга для спиральных и иррегулярных галактик (высокоскоростные галактики - ВСГ), с одной стороны, и для эллиптических (с исключением слабых галактик) и линзообразных галактик (низкоскоростные галактики - НСГ), с другой, - дает очень веский повод для более подробного изучения этого эффекта. С этой целью мы определили и сравнили средние значения скоростей для ГМС и ГБС в тех же кольцах, для которых приведены данные в табл.1. Соответствующие данные, приведенные в табл.2, определены после исключения галактик слабее 15-й величины. Это не касается иррегулярных галактик, так как все объекты этой подвыборки очень слабы и все без исключения попадают под это условие. Первый столбец в табл.2 показывает номер кольца, для каждого типа галактик приведены средние значения скоростей ГМС ($\bar{v}_{min}$) и ГБС ($\bar{v}_{max}$), в скобках обозначены количества галактик в данном кольце, в последней строке приведен коэффициент корреляции между первым и данным столбцом.

Полученные в предыдущем разделе корреляции могут быть интерпретированы следующим образом: *чем дальше находятся галактики от центральной галактики (спиральные и иррегулярные), тем больше их средняя скорость по отношению к центральной галактике*. Очевидно, что если бы скорости были радиальными, то их среднее значение на больших расстояниях от центра стремилось бы к среднему значению скоростей по всему скоплению. Если данное среднее значение, с другой стороны, совпадает со скоростью центральной галактики, то относительные скорости $\bar{v}_{min}$ и $\bar{v}_{max}$, показывающие средние значения скоростей ГМС и ГБС, должны стремиться к нулю. В случае не чисто радиальных скоростей радиальная составляющая скорости проявит себя, показывая некоторую корреляцию с расстоянием от центра. Как показывают приведенные данные, скорости ГМС для всех подвыборок показывают положительную корреляцию с коэффициентом больше 0.5. Более того, для спиральных галактик этот коэффициент достаточно высок и доходит до значения 0.89, что свидетельствует о наличии реальной корреляции.

Ситуация гораздо сложнее в случае ГБС. Эллиптические и иррегулярные галактики показывают некоторую отрицательную корреляцию, хотя коэффициент корреляции в обоих случаях меньше 0.5 по абсолютной величине. Более того, "высокоскоростные" спиральные галактики не

показывают никакой корреляции, а линзообразные этой группы вообще показывают положительную корреляцию, что кажется странным. Формальная причина такого результата ясна - средняя скорость спиральных и линзообразных ГБС в самом центре очень небольшая, а с увеличением расстояния от центра она практически не меняется.

Таблица 2

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ГМС И ГБС

Δr	Эллиптические		Линзообразные		Спиральные		Иррегулярные	
	$\bar{v}_{min}(\bar{n})$	$\bar{v}_{max}(n)$	$\bar{v}_{min}(\bar{n})$	$\bar{v}_{max}(n)$	$\bar{v}_{min}(\bar{n})$	$\bar{v}_{max}(n)$	$\bar{v}_{min}(\bar{n})$	$\bar{v}_{max}(n)$
1	-447 (6)	510 (6)	-529 (3)	-	-841 (3)	430 (3)	-	-
2	-403 (5)	542 (8)	-618 (11)	167 (7)	-924 (12)	786 (6)	-886 (3)	858 (11)
3	-505 (7)	285 (4)	-556 (6)	404 (3)	-728 (8)	556 (8)	-525 (8)	912 (4)
4	-685 (10)	627 (3)	-365 (7)	494 (9)	-664 (23)	557 (10)	-834 (8)	497 (5)
5	-195 (6)	184 (4)	-286 (10)	357 (5)	-653 (17)	594 (11)	-532 (6)	442 (7)
6	-69 (3)	465 (3)	-467 (6)	387 (4)	-472 (19)	583 (5)	-602 (8)	798 (7)
η	0.56	-0.31	0.64	0.52	0.89	0.05	0.52	-0.45

Так или иначе "низкоскоростные" галактики проявляют довольно ощутимые признаки наличия радиальной компоненты в скоростях, а у "высокоскоростных" нет такой четкой картины. Причем картина портится в основном из-за галактик центральных областей, которых очень мало. Наиболее простым образом эта картина может быть объяснена наличием некоторой селекции, обусловленной, например, поглощением, которое в центральных областях скопления должно быть больше по сравнению с периферией. Тогда естественно предположить, что поглощению больше подвержены те галактики, которые, находясь в скоплении, расположены "позади" М87. Отсюда следует, что сказанное может считаться справедливым лишь тогда, если ГБС-ами являются именно те галактики, которые находятся "позади" М87 и удаляются от нее.

Такая интерпретация наблюдаемой картины хорошо согласуется также и с результатами исследования наиболее слабых галактик нашей выборки. Как следует из данных табл.1, самые слабые эллиптические галактики с $m > 16^m$ показывают наименьшую среднюю скорость по лучу зрения и наибольшую дисперсию скоростей. Причем в нашей выборке эти галактики больше остальных сконцентрированы вокруг М87 - их среднее расстояние составляет всего 1.5 градуса, т.е. они находятся в той области, где поглощение должно быть наибольшим.

Исследование кинематики галактик слабее 15-й величины показывает, что описанная картина характерна также и для них. В центральном круте проецированы 10 таких галактик, пять из которых со средней скоростью -874 км/с составляют ГМС, а средняя скорость остальных

составляет 491 км/с. В следующем кольце с четырнадцатью объектами соответствующие подгруппы по отношению к М87 показывают средние скорости -1351 км/с и 428 км/с. В остальных кольцах мало галактик - в каждом из них меньше пяти слабых эллипсоидов, и нет такой четкой картины. Тем не менее, полная подвыборка, состоящая из 39 объектов слабее 15-й величины, показывает меньшую, по сравнению с более яркими эллиптическими галактиками, среднюю скорость (889 км/с против 1198 км/с). Средние скорости ГМС и ГБС слабых и более ярких галактик по отношению к М87 составляют -917 км/с против -496 км/с и 340 км/с против 390 км/с. Таким образом, *факт увеличения абсолютного значения средней скорости ГМС при переходе от ярких к слабым галактикам* очевиден. Также очевидно, что для этих двух подвыборок средние скорости ГБС не очень сильно отличаются.

Для данного факта можно найти достаточно естественное объяснение, если вновь обратиться к гипотезе о выбросе этих галактик из центральной галактики. С этой целью достаточно предположить, что *некоторая часть этих карликовых галактик, которые выброшены в обратную по отношению к нам сторону и поэтому обладающие большими скоростями, не учтена вследствие ослабления их блеска в поглощающей среде*. Тогда, несомненно, искусственно увеличен статистический вес галактик выброшенных в пространство между наблюдателем и галактикой М87. А это могло бы сильно уменьшить среднюю скорость всей подсистемы карликовых галактик.

Кроме того, здесь добавляется и другой эффект, а именно, по всей видимости, среди слабых объектов должны находиться также те галактики третьего поколения, которые были выброшены не центральной галактикой М87, а дочерними объектами последней. Достаточно массивная галактика, выброшенная из ядра М87, может обладать активностью формирования объектов не только своего собственного или "внутреннего" населения, но и дочерних галактик следующего поколения. Средняя скорость семейства этих галактик должна быть, по всей вероятности, равной скорости их материнской галактики. А если материнская галактика имеет отрицательную по отношению к М87 скорость, то ГМС данного семейства будут обладать средней скоростью, которая намного меньше средней скорости ГМС "материнского поколения". Понятно, что появление указанного класса галактик увеличит также и общую дисперсию скоростей галактик.

Обратимся еще раз к факту, что скорость галактик в среднем тем больше по отношению к М87, чем дальше от центральной галактики они находятся. Рассмотрим возможные варианты интерпретации - а) чем дальше, тем быстрее галактика удаляется; б) чем дальше, тем быстрее

она приближается; в) галактики двигаются по эллиптическим орбитам, причем на больших расстояниях они двигаются быстрее, чем на малых расстояниях. Первый вариант наиболее простой, и он легко объясняется на основе амбарцумяновских событий. Те протогалактики, которые при выбросе получили больше импульса, больше отделились от материнского объекта. Этот вариант согласуется с выводом, что ГБС, с большей вероятностью, находятся "позади" центральной галактики М87. Второй вариант наиболее парадоксальный, так как нет разумного механизма для объяснения факта уменьшения кинетической энергии падающего в потенциальную яму объекта.

Очевидно, что для отдельной галактики очень трудно придумать методы, которые позволяли бы найти зависимость величины дисперсии скоростей от галактоцентрического расстояния, так как по лучу зрения интегрируется вклад всех звезд. Определяемая на практике дисперсия, измеряемая на различных расстояниях от центра галактики, по существу, не имеет ничего общего с определенной таким образом дисперсией.

В случае скоплений галактик сегрегация по морфологическим классам позволяет прийти к выводу, что как радиальная дисперсия, так и скорости по отношению к центральной галактике в перифериях больше по сравнению с центральными областями. Имеют ли эти величины максимум на каком-то расстоянии от центра или же растут до конца, вряд ли можно определить на основе имеющихся данных. Тем не менее, следует считать, что на основе фактического материала, использованного в настоящей работе, установлено, что кинетическая энергия (по крайней мере, рассчитанная на единичную массу) галактик в перифериях скопления больше, чем в центральных областях. Тогда очень сомнительным представляется само существование эллиптических орбит этих галактик, и наиболее вероятной кажется первая интерпретация, которая была сформулирована следующим образом: *чем дальше от центральной галактики, тем быстрее, в среднем, от нее удаляются члены рассматриваемого нами скопления.* Такая картина, с другой стороны, напоминает физическую картину расширения Вселенной, что косвенно свидетельствует об общности механизмов формирования наблюдаемой Вселенной и скоплений галактик. Правда, во втором случае скорости гораздо больше хаббловских скоростей, что может быть объяснено тем, что выброшенные вследствие амбарцумяновских событий галактики в действительности пока еще не дошли до хаббловской асимптотики.

5. *Соотношение Фэйбер-Джексона.* На наш взгляд с механизмом выбросов связан и может свидетельствовать в пользу этого механизма также и другой эффект. Известно, что в эллиптических галактиках наблюдается достаточно уверенно установленная корреляция между

светимостью L галактики и величиной дисперсии скоростей σ в галактике, являющейся по сути дела единственной динамической характеристикой для эллиптических галактик [11]:

$$L \propto \sigma^\alpha, \quad (6)$$

где α некоторый параметр, который для обычных эллиптических галактик примерно равен 4. Это соотношение связывает излучательную способность галактики с ее "динамической активностью".

Детальные исследования показывают, что соотношение Фэйбер-Джексона достаточно ощутимым образом отличается для ярчайших галактик скоплений [16,17]. Отличие заключается в том, что резко увеличивается крутизна зависимости, т.е. параметр α оказывается значительно больше по сравнению с обычными эллиптическими галактиками. Это означает, что при переходе к наиболее ярким эллиптическим галактикам дисперсия скоростей растет медленнее, чем светимость.

Такой же результат получен на основе исследования 625 ярчайших галактик групп и скоплений из данных SDSS [29]. Авторы этой работы показывают, что $\alpha = 5.32 \pm 0.37$ для cD галактик. Этот вопрос исследован в [29] более детально, где определена также зависимость значения параметра α от светимости галактик. Оказалось, что для обычных эллиптических галактик этот параметр растет от 3 до 4.5, когда их светимость увеличивается от -21 до -23. Для ярчайших галактик типа cD параметр α может считаться практически постоянным для всех рассмотренных светимостей и равным 5.5.

Другой результат, который, правда, имеет сравнительно более низкий статистический вес, заключается в том, что параметр α для ярчайших галактик скоплений тем больше, чем массивнее скопление, в котором они находятся [29].

Таким образом, можно прийти к заключению, что а) для обычных эллиптических галактик параметр α растет с увеличением светимости; б) с точки зрения выполнения соотношения Фэйбер-Джексона cD галактики отличаются от остальных эллиптических галактик; в) в случае cD галактик величина дисперсии скоростей галактики оказывается меньше для данной светимости, что и приводит к увеличению параметра α ; г) для cD галактик величина параметра α зависит от массы скопления и увеличивается с ней.

Если формирование звезд и галактик происходит в результате амбарцумяновских событий, то можно сделать достаточно четкие выводы о формировании дисперсии скоростей как галактик, так и звезд: *дисперсия в обоих случаях может быть рассмотрена как следствие серий выбросов материи и ее фрагментации*. То есть, соотношение Фэйбер-Джексона при таком подходе получает несколько более прозрачный физический смысл,

закрывающийся в следующем. Обе величины, а именно, светимость и дисперсия скоростей галактики, в конечном счете, определяются одним механизмом звездообразования, который и формирует население данной галактики, а поэтому, *чем интенсивнее было звездообразование, в смысле темпа и скорости выброса материи, тем больше светимость галактики.*

Однако, если центральная cD галактика является материнским объектом для всех галактик скопления, в котором она находится, становится ясным, что в качестве показателя ее истинной "динамической активности" должна быть рассмотрена *дисперсия скоростей галактик в скоплении*. Тогда вообще не имеет смысла рассматривать центральную cD галактику отдельно от скопления. Другими словами, с точки зрения кинематических особенностей cD галактика и ее скопление должны быть рассмотрены как одно целое. То, что дисперсия скоростей скопления больше по сравнению с дисперсией скоростей центральной cD галактики, известный факт. А это уже означает, что при таком подходе для параметра α получится другое значение, которое меньше известных на сей день величин. В пользу этого вывода, а тем самым и общей концепции, предлагаемой здесь, говорит и приведенная выше слабая корреляция между параметром α для ярчайших галактик скоплений и массой скопления - чем массивнее скопление, тем больше параметр α . Так как масса скопления оценивается с помощью правила вириала, то большая масса связана с большей дисперсией скоростей. Заключение, которое напрашивается на основе данной корреляции может быть сформулировано следующим образом: чем активнее были выброшены галактики, тем больше центральная галактика класса cD потеряла в собственной дисперсии скоростей и тем круче должна быть зависимость (6).

6. Заключение. Рассмотренный здесь сценарий образования скоплений галактик посредством амбарцумяновских событий кажется самосогласованным и естественным. По крайней мере, на качественном уровне он достаточно уверенно объясняет наблюдательные факты и выявленные корреляции. Основной трудностью амбарцумяновской концепции, согласно современной физике, остается принципиальная невозможность существования устойчивых конфигураций сверхплотной материи очень больших масс, потенциально способных выбросить сгустки материи галактической массы. Есть ли пути преодоления этих трудностей, мы пока не знаем. Но одно ясно, что такие пути могут быть связаны лишь с кардинальным изменением или обобщением наших представлений. Поэтому мы, следуя Амбарцумяну, подчеркиваем исключительную важность установленных наблюдательных корреляций и закономерностей, которые являются единственным проявлением настоящих физических механизмов.

Обратим внимание на очень важные корреляции, которые были известны и ранее. Это, в первую очередь, касается четко выраженных различий в местонахождении и кинематике галактик ранних и поздних типов. Спиральные галактики, обладающие наибольшим вращательным моментом, находятся на периферии и имеют наибольшие скорости по отношению к центральной галактике. Другими словами эти же корреляции могут быть сформулированы следующим образом: *чем дальше находится галактика от центра скопления, тем больше ее спин и тем быстрее она удаляется от центра*. Отмеченная закономерность четко прослеживается также и для галактик поля, большая часть которых являются спиральными с большим собственным вращательным моментом. С точки зрения сценария, основанного на концепции амбарцумяновских событий, указанная корреляция может означать, что *механизм, который ответственен за выброс протогалактик, неразрывно связан также с механизмом (или отвечает за механизм) формирования их вращательного момента*.

Тогда с очевидностью вырисовывается вывод о том, что вращательный момент также присущ веществу, как и его масса с самого начала его образования. Любой сгусток протоматерии, выброшенный из ядра материнской галактики, по-видимому, *"запрограммирован" на определенную массу и определенное количество вращательного момента, которое может быть распределено между спином и орбитальным моментом* вновь сформированного объекта. Этот вопрос более детально будет рассмотрен автором в одной из следующих работ.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.Амбарцумяна
Армения, e-mail: hhayk@bao.sci.am

ON THE NATURE OF cD GALAXIES

H.A.HARUTYUNIAN

Some physical features of cD galaxies are considered in the context of their creation due to Ambartsumian events. The cD galaxies are suggested to be the generators of clusters in which they are located. The effect of segregation by morphological types of galaxies and the famous Faber-Jackson relation are discussed for arguing in favor of the concept put forward in the paper. The observational properties of cD galaxies and their corresponding clusters are shown to fit the suggested concept rather naturally.

Key words: *galaxies: clusters: cD galaxies*

ЛИТЕРАТУРА

1. *T.A.Matthews, W.W.Morgan, M.Schmidt*, *Astrophys. J.*, **140**, 35, 1964.
2. *W.W.Morgan, J.R.Lesh*, *Astrophys. J.*, **142**, 1364, 1965.
3. *A.Oemler*, *Astrophys. J.*, **209**, 693, 1976.
4. *R.A.White*, *Astrophys. J.*, **226**, 591, 1978.
5. *T.C.Bears, M.J.Geller*, *Astrophys. J.*, **274**, 491, 1983.
6. *J.G.Hoessel, D.P.Schneider*, *Astron. J.*, **90**, 1648, 1985.
7. *J.L.Tonry*, *Astron. J.*, **90**, 2431, 1985.
8. *L.P.Bautz, W.W.Morgan*, *Astrophys. J. lett.*, **162**, L149, 1970.
9. *W.W.Morgan, S.Kayser, R.A.White*, *Astrophys. J.*, **199**, 545, 1975.
10. *C.E.Albert, W.W.Morgan, R.A.White*, *Astrophys. J.*, **211**, 309, 1977.
11. *S.M.Faber, R.E.Jackson*, *Astrophys. J.*, **204**, 668, 1976.
12. *A.Dressler*, *Astrophys. J.*, **231**, 659, 1979.
13. *D.Carter, G.Efstathiou, R.S.Ellis, I.Inglis, J.G.Godwin*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **195**, 15, 1981.
14. *G.Efstathiou, R.S.Ellis, D.Carter*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **193**, 931, 1980.
15. *E.M.Malmuth, R.P.Kirshner*, *Astrophys. J.*, **251**, 508, 1981,
16. *W.R.Oegerle, J.G.Hoessel*, *Astrophys. J.*, **375**, 15, 1991.
17. *T.R.Lauer, S.M.Faber, D.Richstone*, (submitted to *Astrophys. J.*), astro-ph/0606739, 2006.
18. *J.P.Ostriker, S.D.Tremaine*, *Astrophys. J. Lett.*, **202**, L113, 1975.
19. *S.D.M.White*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **174**, 19, 1976.
20. *D.Merriitt*, *Astrophys. J.*, **289**, 18, 1985.
21. *Г.А.Арутюнян*, *Астрофизика*, **46**, 103, 2003.
22. *V.A.Ambartsumian*, *La Structure et l'Evolution de 'Univers*, Editions Stoops, Bruxelles, **241**, 1958.
23. *V.A.Ambartsumian*, *The Structure and Evolution of Galaxies*, Interscience Publishers, London-NY-Sydney, **1**, 1964.
24. *И.Д.Караченцев, В.Ю.Теребиж*, *Сообщения БАО*, **40**, 99, 1969.
25. *Г.А.Арутюнян*, *Астрофизика*, **38**, 667, 1995.
26. *A.Dressler*, *Astrophys. J.*, **236**, 351, 1980.
27. *L.Sodre, H.V.Capelato, J.E.Steiner, A.Mazure*, *Astron. J.*, **97**, 1279, 1989.
28. *B.Binggeli, A.Sandage, G.A.Tammann*, *Astron. J.*, **90**, 1681, 1985.
29. *A. von der Linden, P.N.Best, G.Kauffmann, S.D.M.White*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **379**, 867, 2007 (astro-ph/0611196).