

УДК: 524.77-724

## ФРАГМЕНТАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ХОДЕ ИХ ЭВОЛЮЦИИ И ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ ХАББЛОВСКОГО РАСШИРЕНИЯ В ЭТОМ ПРОЦЕССЕ

Г.А.АРУТЮНЯН

Поступила 15 декабря 2001

Принята к печати 20 июня 2002

Посвящается памяти акад. В.А.Амбарцумяна

Рассматривается ряд феноменологических сходств между явлениями активности в микромире и в мире галактик. Исходя из высокой "металличности" квазаров, делается заключение о том, что в ходе эволюции Вселенной происходит увеличение относительного количества легких элементов и, в первую очередь, водорода. Приводятся факты в пользу того, что аналогичным образом мир галактик обогащается карликовыми галактиками. Предлагается версия, что сD галактики являются генераторами тех скоплений галактик, в которых они находятся, а все галактики данного скопления являются продуктами активности центральной сверхгигантской галактики. Аналогичный механизм, по-видимому, ответственен и за формирование систем шаровых скоплений. Делается попытка найти физическую связь между явлениями активности и космическим расширением.

1. *Введение.* Первым ядерным явлением, которое было обнаружено и исследовано человеком, была радиоактивность. За сто лет после открытия этого явления ядерная физика достигла огромных успехов, накопив богатый эмпирический материал, а также разработав теоретическую основу для интерпретации экспериментальных данных и моделирования атомных ядер. В настоящее время различные модели достаточно уверенно описывают даже наиболее тонкие свойства исследуемых ядер.

Тем не менее, существует целый класс вопросов, которые не имеют однозначного ответа. В большинстве случаев эти вопросы связаны с уточнением фундаментальных понятий и едва ли влияют на возможность применения знаний в области ядерной физики на практике, например, при конструировании ядерных установок или вычислении ядерных термов. Более того, многие из этих вопросов могут казаться более философскими, чем физическими. Однако решение некоторых из них могло бы иметь существенное значение для понимания наблюдаемых явлений не только в ядерной физике, но и в естествознании вообще.

В настоящей работе нам хотелось бы обратить внимание исследователей на некоторые закономерности и аналогии, которые наблюдаются в атомных ядрах и космических объектах. На наш взгляд эти знания очень важны для дальнейшего объяснения наблюдаемой физической картины как атомного

ядра, так и различных космических объектов и их систем и могут пролить свет на сложнейшие проблемы эволюции вещества во Вселенной. Тем более, что эти факты позволяют смотреть на проблемы с иной точки зрения. С другой стороны, указанные факты прямо или косвенно указывают на то, что космогонические взгляды В.Амбарцумяна имеют достаточно сильную поддержку на основе новейших наблюдательных данных.

2. *Атомное ядро.* В иерархическом строении Вселенной атомные ядра и элементарные частицы являются объектами низшего уровня, о котором наука располагает достаточно богатыми данными, поддающимися эмпирической проверке с высокой степенью достоверности. Из ядерной физики хорошо известно (см., например, [1]), что из всевозможных конфигураций атомных ядер с произвольным спектром атомного числа и электрического заряда, в природе существует лишь ограниченное количество ядер, часть которых являются радиоактивными.

На хрестоматийной диаграмме, показывающей зависимость числа протонов от числа нейтронов, эти ядра располагаются вдоль узкой полосы, часто называемой в литературе "долиной устойчивости". Долина устойчивости ограничена сверху и с боков радиоактивными ядрами, причем не существует устойчивых конфигураций с массовым числом  $A > 210$  (или  $Z > 83$ ). То есть, *существует некоторая предельная масса, тяжелее которой нет стабильных атомных ядер.* Более тяжелые все ядра подвержены тому или иному виду распада. Если при массах порядка критической основным видом нестабильности является  $\alpha$ -распад, то для сверхтяжелых ядер увеличивается сечение процесса деления ядра, и деление становится определяющим механизмом сброса лишней энергии. Это означает, что *чем тяжелее радиоактивное атомное ядро, тем более эффективным становится деление в процессе образования устойчивых ядер.*

Радиоактивность является статистическим процессом и, следовательно, все величины, характеризующие этот процесс, выведены на основе статистического анализа результатов эксперимента. В числе таких величин достаточно важное значение имеет период полураспада  $T_{1/2}$  определенного сорта ядер, который принято считать постоянной величиной. Для  $\alpha$ -распада, например, известно и имеет важное прикладное значение, так называемое, правило Гейгера-Нетолла, которое устанавливает зависимость между периодом полураспада и энергией  $E$  выброшенной  $\alpha$ -частицы

$$\log T_{1/2} = C + D/\sqrt{E}, \quad (1)$$

где  $C$  и  $D$  являются постоянными величинами для элементов одного и того же радиоактивного семейства. Именно с помощью этого соотношения определяются как самые короткие, так и самые большие периоды полураспада. Физический смысл правила Гейгера-Нетолла чрезвычайно

прозрачен. Оно означает, что для ядер данного семейства тем больше энергия выброшенной  $\alpha$ -частицы, чем меньше период его полураспада. Очевидно, что это же правило может быть интерпретировано с помощью другой причинно-следственной последовательности - чем меньше период полураспада, тем больше энергия выброшенной  $\alpha$ -частицы.

Но, с другой стороны, вековое постоянство периода полураспада принято а priori, а в действительности мы можем лишь утверждать, что за столетний период после открытия радиоактивности экспериментально не обнаружено заметных изменений рассматриваемой статистической величины. Таким образом, радиоактивность всегда считалась статистически стационарным явлением, хотя нет веских экспериментальных фактов, которые доказывали бы невозможность обратного. Фактически никогда серьезно не был рассмотрен механизм динамической эволюции атомных ядер. Они считаются неизменными с самого начала образования Вселенной и химических элементов.

3. *Металличность космических объектов.* Согласно стандартному сценарию формирования наблюдаемой Вселенной, через 4 минуты после, так называемого, Большого взрыва, почти все вещество Вселенной состояло из ядер водорода и гелия, находившихся примерно в той же количественной пропорции, которая наблюдается сегодня. Мы здесь не будем останавливаться на вопросе о степени внутренней самосогласованности теории Большого взрыва и ее наблюдательной достоверности. О множестве противоречий и кризисе космологии, основанной на гипотезе Большого взрыва, опубликовано достаточно много работ (см., например, [2-4] и ссылки в них).

Вместе с этим чрезвычайно сложным остается также и вопрос образования остальных химических элементов. По современным представлениям, принятым за основу абсолютным большинством исследователей, более тяжелые атомные ядра образовались вследствие последовательного слияния легких ядер. Причем, в качестве космических "лабораторий" синтеза тяжелых элементов непременно указываются взрывы сверхновых. Такая гипотеза была предложена и с готовностью принята потому, что во время взрыва сверхновых наблюдаются достаточно сильные линии тяжелых элементов, в том числе и радиоактивных.

Обычно при этом "забывается" одно немаловажное обстоятельство. Известно, что при взрыве сверхновых звезда выбрасывает значительную часть вещества своих внешних слоев, и благодаря этому открываются ее внутренние области. Именно тогда и наблюдаются линии вышеуказанных тяжелых элементов. При критическом анализе сразу же выясняется, что нет никаких свидетельств, что эти элементы не существовали в недрах звезды, а были синтезированы благодаря взрыву сверхновой.

О такой возможности свидетельствуют также и результаты исследований химического состава квазаров. Первые исследования уже показывали,

что содержание тяжелых элементов или, так называемая, металличность квазаров сравнима или выше солнечной [5,6]. Более детальное изучение металличности квазаров позволило выявить, что содержание тяжелых элементов увеличивается с ростом красного смещения этих объектов [7,8], что никак не вяжется с представлениями формирования химического состава в рамках стандартной модели Большого взрыва. На рис.1 приведена заимствованная из работы [7] диаграмма, показывающая зависимость содержания тяжелых элементов от красного смещения квазаров.

В настоящее время существуют две точки зрения о местонахождении квазаров. Согласно первой, квазары являются космологическими объектами и находятся на расстояниях в строгом соответствии с их красными

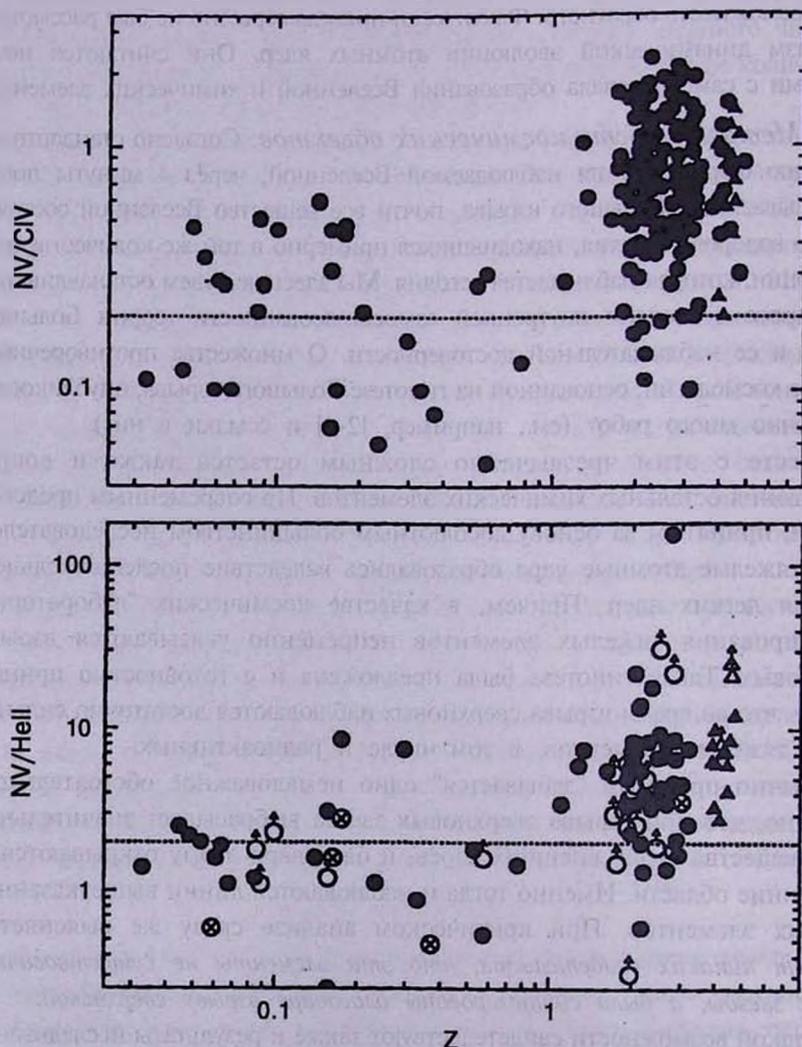


Рис.1. Зависимость металличности квазаров от красного смещения. Рисунок заимствован из работы [7].

смещениями. Общепринята именно эта точка зрения. Вторая утверждает, что красные смещения квазаров не имеют космологического происхождения, и квазары являются "локальными" объектами. Основателями последнего направления и его наиболее последовательными сторонниками являются Арп и Бербидж (см., например, [9]). Некоторые результаты, полученные автором настоящей работы в последние годы [10-12], коренным образом изменили его убеждения в отношении местонахождения квазаров. Из пассивного сторонника космологического начала квазаров он стал убежденным сторонником концепции их "локального" происхождения.

Однако следует отметить, что сторонники обеих концепций единогласны в том, что квазары являются ранней стадией эволюции галактик. Тогда для обеих сторон, учитывая результаты наблюдений о металличности квазаров, совершенно неизбежен вывод о том, что *в процессе эволюции галактик уменьшается содержание тяжелых элементов в веществе этих объектов*. С другой стороны, принимая во внимание то обстоятельство, что исходными объектами дальнейшей эволюции являются квазары, в которых относительное содержание легких элементов, а точнее, водорода, меньше по сравнению с солнечным химическим составом, эту же мысль можно сформулировать по-иному: *в процессе эволюции вещества во Вселенной происходит постепенное увеличение относительного содержания водорода - самого легкого элемента*. Этот вывод, как легко видеть, созвучен с амбарцумяновскими идеями о важнейшей роли фрагментации вещества в процессе эволюции космических объектов различных иерархических классов.

Выше мы уже отметили, что высокая металличность квазаров и ее рост с красным смещением создают новую проблему для стандартной модели Большого взрыва, если квазары считаются космологическими объектами. Если же квазары являются "локальными" объектами и выброшены из ядер галактик, то сразу становится очевидной аналогия со сверхновыми. В одном случае мы наблюдаем оголенные недра массивной звезды, в другом - вещество, выброшенное из недр галактического ядра. И в обоих случаях имеем дело с меньшим, по сравнению с солнечным, содержанием легких элементов и, в первую очередь, водорода. Поэтому не лишено смысла предположить, что *в массивных космических объектах (звездах, галактических ядрах) существует положительный градиент металличности в направлении к центру, а также радиоактивные ядра характеризуются "большой стабильностью" (большим периодом полураспада)* или даже являются стабильными.

Тогда чрезвычайно важным становится вопрос, как строго подчиняются ядра этих элементов правилу Гейгера-Нетолла. Другими словами, с точки зрения фундаментальных свойств эволюции вещества колоссальное значение приобретает вопрос о том, является ли правило Гейгера-Нетолла

универсальным и описываются ли им те же ядра, если они находятся в условиях "большей активности". Потому что именно от этого зависит: имеет ли вышеуказанное правило также и неявный эволюционный смысл.

4. *cD-галактики*. На явление активности в галактиках как *индивидуальное свойство* этих объектов впервые обратил внимание Амбарцумян (см., например, [13,14]), который, в противовес известной гипотезе Бааде и Минковского [15] о столкновительном механизме формирования внегалактических радиоисточников, выдвинул новую концепцию об образовании этих галактик вследствие *распада*. Отметим, что уже в первых работах им было обращено внимание на тот факт, что эти радиоисточники (Персей А, Лебедь А и др.) связаны со сверхгигантскими галактиками, вероятность лобового столкновения которых чрезвычайно мала.

Позже было оптически идентифицировано достаточно большое количество внегалактических радиоисточников [16], и, как отмечается в работе [17], оказалось, что половина этих объектов являются галактиками типа cD по классификации Моргана. Как известно, галактики данного типа являются крупнейшими одиночными формированиями в наблюдаемой части Вселенной, отличающимися чрезвычайно высокой светимостью и массой. Их измеряемые диаметры доходят от 100 кпк (например, NGC 4073) до более чем 2 Мпк (центральная галактика скопления A1413) [18]. Они всегда являются членами скоплений, в которых занимают центральное положение (см., например, [18-20]). По внешнему виду они никогда не бывают сильно сжатыми, обладают яркими эллиптическими ядрами, которые нередко бывают двойными или кратными, окруженными аморфными гало огромных размеров. Как отмечается в [21,22], примерно половина этих галактик показывает кратность ядер, в которых компоненты имеют достаточно большую разность скоростей.

cD-галактики как были с момента их открытия, так и остаются одними из наиболее загадочных формирований, интерес к которым со стороны исследователей не затухает по сей день. Для объяснения их физической сущности были испробованы различные механизмы, среди которых до настоящего времени наиболее популярным остается модель "галактического каннибализма", согласно которой сверхгигантская cD-галактика, находящаяся в потенциальной яме гравитационного поля скопления, "проглатывает" соседние галактики, тем самым увеличивая свои размеры и светимость [23-25]. Эта идея фактически является модификацией вышеупомянутой столкновительной гипотезы, которая в данном случае основывается на более благоприятном для столкновений местонахождении указанных галактик.

Следует обратить внимание на одно обстоятельство. Как и в случае химических элементов, приверженцы "классического" подхода, в качестве

механизма образования более массивных объектов используют тот же сценарий слияния маломассивных объектов. Это напоминает подход абсолютного большинства античных мыслителей, которые для объяснения видимых движений небесных светил оперировали лишь круговыми движениями в геоцентрической модели Вселенной. С этой точки зрения мы являемся свидетелями господства над умами новой парадигмы, своей философией абсолютно идентичной с геоцентрической моделью Вселенной, роль эпициклов в которой играют разнообразные согласующие параметры.

Тем не менее, механизм "галактического каннибализма" не в состоянии объяснить многие характеристики этих галактик. Во-первых, скорость "каннибализма" слишком мала, чтобы обеспечить наблюдаемую светимость сD-галактик за период времени после формирования галактик (см., например, [26,27]). Во-вторых, наблюдаемые цвета сD-галактик также не соответствуют значениям, которые должны были наблюдаться при механизме "каннибализма" [28]. Более того, удивительно узкий спектр светимостей "основного тела" этих галактик, что послужило основанием для рассмотрения этих объектов в качестве "индикаторов расстояния" [29,30], ставит еще больше вопросов. И, в первую очередь, остается непонятным, как могло случиться, что в совершенно различных условиях, где плотности галактик отличаются более чем на порядок, каннибализм обеспечивает примерно одинаковую светимость для всех этих галактик. Поэтому некоторые авторы приходят к выводу, что все физические параметры сD-галактик были заложены в них при первичном формировании этих объектов и являются индивидуальным свойством, а не приобретены в ходе эволюции [29,31].

То, что в физической природе этих галактик остается очень много неясного до настоящего времени, показывает как количество опубликованных за последнее десятилетие работ на эту тему, так и попытки их авторов любыми способами преодолеть трудности, возникшие перед первоначальными сценариями их формирования. Упомянем здесь лишь две работы [32,33], первая из которых посвящена попыткам модернизации гипотезы слияния, а во второй приведены результаты численного эксперимента на основе модели формирования галактик при анизотропном течении процесса в группе галактик на ранних этапах эволюции. Обе работы, в первую очередь, полезны именно тем, что на основе достаточно обширной литературы дают представление о состоянии проблемы в настоящее время.

С другой стороны, некоторые уже существующие представления позволяют подойти к проблеме с совершенно иной точки зрения. В основе этого альтернативного подхода лежит основополагающая идея Амбарцумяна о том, что *активность любой отдельной галактики является индивидуальным свойством последней и не обусловлена тем или иным внешним воздействием*. При таком подходе уже вырисовывается некоторая аналогия

с атомными ядрами и, в частности, с радиоактивностью атомных ядер.

Тогда, как и в случае атомных ядер, самые массивные *галактики типа сD* могут быть интерпретированы как *верхний предел существования галактик, которые в настоящее время находятся в стадии активного распада*. В качестве косвенного аргумента в пользу этого заключения могут быть приведены все особенности, которыми характеризуются сD-галактики. Однако здесь еще раз отметим лишь чрезвычайно малую дисперсию значений абсолютных светимостей этих галактик. Такая картина и в самом деле могла бы наблюдаться, если действительно *для каждой эпохи эволюции существует некоторое максимальное значение массы для одиночных объектов данного иерархического класса, и ни один объект с большей массой не может быть стабильным*. Тогда любой объект, который имеет массу, превосходящую порог стабильности, должен освободиться от лишней массы и энергии примерно таким образом, как освобождаются радиоактивные атомные ядра.

В этой связи следует обратить внимание и на то, что у наиболее массивных галактик наблюдается также и деление ядра. Например, в работе [21] приводятся результаты детального исследования 175 ярчайших галактик скоплений из эйбловского каталога, где отмечается, что примерно половина из этих галактик имеет кратные ядра, причем 21 галактика имеет тройные ядра, а 6 - четыре ядра. Здесь не излишне чисто феноменологическое сравнение с делением сверхтяжелых ядер, упомянутым одним предложением в первом пункте настоящей работы.

Следует также отметить, что кратность ядра не зависит от богатства скопления, хотя центральные плотности для скоплений богатства 4 и 0 отличаются примерно в 20 раз [21]. Этот факт еще более увеличивает вероятность того, что мы в данном случае имеем дело с *индивидуальными свойствами галактики*. На это указывает и то, что среднее расстояние для вторичных ядер значительно меньше, чем следовало бы ожидать при случайном проектировании [21]. О ничтожно малой роли проецирования было отмечено еще Амбарцумяном [34].

5. *Гало сD-галактик*. Как уже было отмечено выше, сD-галактики отличаются от аналогичных сверхгигантских эллиптических галактик именно тем, что обладают гало огромных размеров. В этой связи чрезвычайно важным является открытие в бедных скоплениях кандидатов в сD-галактики [35,36]. Таковыми являются ярчайшие галактики исследованных скоплений, которые размерами и светимостью вполне удовлетворяют критериям, характеризующим сD-галактики. Тем не менее, как показала поверхностная фотометрия кандидатов в сD-галактики, принадлежащих бедным скоплениям, ни один из них не обладает гало [37]. Тем самым еще раз был подтвержден результат, полученный Оемлером [18], о тесной связи между светимостью гало  $L_g$  этих галактик и светимостью  $L_c$

содержащих их скоплений:  $L_h \sim L_c^{2.2}$ . Некоторые авторы (см., например, [38]) приводят также функциональную связь светимости гало с числом галактик в скоплении, определенном согласно критериям Эйбла. Качественно эти зависимости не отличаются от приведенной.

С другой стороны, найдены функциональные зависимости объемной плотности гало, а также скопления галактик от расстояния центра галактики сD. Обе зависимости описываются одним и тем же выражением  $\rho \sim r^{-2.6}$  [38]. Аналогичное выражение получено также для распределения шаровых скоплений в центральной галактике скопления Девы - "зарождающейся" сD-галактике М 87 ([38], а также ссылки в ней), правда, разные авторы для показателя приводят более широкий спектр значений: в интервале от -2.6 до -2.1.

Таким образом, совершенно очевидна тесная связь степени богатства скопления с мощностью гало центральной галактики данного скопления. Наиболее вероятной причиной такой связи, на наш взгляд, может быть *общность механизма формирования скопления и гало*. Более того, по всей видимости, *этот же механизм ответственен также и за формирование систем шаровых скоплений в галактиках*.

Существование гало обычно объясняется в рамках сценария "каннибализма" или других механизмов подобного рода. Предполагается, что гало этих галактик образовались вследствие приливного взаимодействия между центральной массивной галактикой и другими членами данного скопления, вследствие чего произошло оголение последних (см., например, [18] и ссылки в ней). Однако такое объяснение не может считаться обоснованным. Как уже было отмечено выше, ярчайшие члены бедных скоплений не обладают сD-гало. Но, с другой стороны, известно, что центральное тело этих галактик в среднем на 0.6 величины ярче, чем в богатых скоплениях, и поэтому считается, что они "проглотили" больше галактик, чем аналогичные галактики в богатых скоплениях (см. [37] и ссылки в ней). Тогда ясно, что в рамках данного механизма как для формирования гало, так и для увеличения светимости центрального тела требуется большая концентрация галактик вокруг "каннибала". И совершенно не понятно, почему в одном случае более эффективно проявляется один механизм, в другом - иной.

Анализ наблюдательного материала подсказывает, что причиной множества противоречий может быть то, что для интерпретации *применяется заведомо неверный физический механизм*. В рассматриваемой нами физической картине образование гало находит более естественное и самосогласованное объяснение. Для этого следует рассматривать галактики скопления как продукты *последовательной фрагментации вещества*, выброшенного из ядра центральной сD-галактики. Выброшенный сгусток материи, целостное существование которого до выброса было обеспечено

физическими условиями внутри ядра, в новых условиях "внешнего мира" должен интенсивно освобождаться от лишней энергии. Примером могут служить квазары, выброшенные из ядер галактик, а аналогом подобного явления в микромире является, например, выброс нейтронов, которые в дальнейшем претерпевают  $\beta$ -распад.

Далее, судьба выброшенного сгустка, естественно, будет зависеть от многих параметров - массы, плотности, суммарного спина, скорости. В любом случае, однако, он должен перестраиваться согласно новым физическим условиям, которые *не допускают существования цельных материальных формирований с массами, превышающими некоторый критический предел* (по классическим представлениям - предел Чандрасекара). Вследствие распада, а также в зависимости от распределения скоростей продуктов распада, некоторая их часть будет захвачена материнской галактикой, формируя тем самым гало последней.

Таким образом, становится очевидным, что такая физическая картина также обеспечивает и положительную корреляцию между светимостями гало центральной галактики и скопления в целом: *чем больше протогалактического вещества выброшено из ядра материнской галактики, тем больше звездного материала выделяется для формирования гало*. Выведение более точной зависимости между этими величинами может быть предметом отдельного исследования. Здесь отмечаем лишь качественное согласие с наблюдательными данными.

6. *Шаровые скопления*. С проблемой образования галактик (в том числе и сверхгигантских) тесно связано также и другое загадочное явление - образование шаровых скоплений. Последние почти полностью лишены вращательного момента и как бы *являются продолжением семейства эллиптических галактик со стороны низких масс и светимостей*. Именно это обстоятельство послужило основанием для предложения сценария, согласно которому шаровые скопления являются слегка оголенными остатками захваченных галактикой-доминантом соседних карликовых эллиптических галактик (см. [39] и ссылки в ней). Однако такое предположение может быть отвергнуто, например, на основе известной [40,41] корреляции между металличностью шаровых скоплений и светимостью родительской галактики. Более подробно возражения против такого механизма приведены в работе [42].

Следует отметить, что в среднем количество  $S$  шаровых скоплений, рассчитанное на условную единицу светимости ( $M_v = -15$ ), в эллиптических галактиках больше, чем в галактиках поздних типов. Более того, наибольшее количество шаровых скоплений, рассчитанное на единицу светимости, наблюдается именно в сD-галактиках [43]. Если для поздних спиральных и иррегулярных галактик вышеуказанный параметр  $S$  обычно

бывает порядка 0.5, для ранних спиралей - 1, для эллиптических галактик поля - 2-3, а для обычных эллипсоидальных галактик в богатых скоплениях - 5-6, то для сD-галактик нередко значения 12-15.

Известно также (см. [44] и ссылки в ней), что в скоплениях, содержащих сD-галактику, отношение числа карликовых галактик к числу галактик-гигантов ниже среднего значения этой величины, то есть, в окружении сD-галактики наблюдается дефицит карликовых галактик. Этот факт также спекулируется в качестве доказательства гипотезы о захвате карликовых галактик галактикой-доминантом. Однако, как уже заметили выше, такое объяснение входит в противоречие с наблюдаемыми металличностями. Поэтому более вероятным кажется другое объяснение, основанное на концепции последовательной фрагментации материи ядра галактики-доминанта в форме образований различных масс. Если последние покидают пределы занимаемого галактикой-генератором объема, они становятся карликовыми галактиками. В противном случае, оставаясь в галактике, они становятся шаровыми скоплениями. Но так как "склад" вещества один, то вследствие увеличения количества шаровых скоплений формирование карликовых галактик становится более редким.

Косвенно о большей правомерности такой концепции говорят также результаты детального исследования системы шаровых скоплений в галактике M87 [45]. Авторы упомянутой работы приходят к однозначному выводу, что система шаровых скоплений этой галактики не может быть результатом внешнего воздействия. Они утверждают также, что *гало галактики и система шаровых скоплений возникли благодаря одному и тому же физическому механизму.*

С другой стороны, исследования показывают [46], что функция светимости, построенная для шаровых скоплений, имеет одинаковую форму для галактик совершенно различных типов. Например, она абсолютно неразличима даже для таких непохожих галактик, каковыми являются уникальные сверхгиганты сD и dE карлики. Это позволяет заключить, что механизм формирования шаровых скоплений в галактиках всех масс от  $M \sim 10^8$  до  $10^{13} M_{\odot}$  и всех морфологических типов является одним и тем же. Более того, на основе факта универсальности функции светимости шаровых скоплений напрашивается заключение о том, что *данное распределение является отражением свойства той первоначальной материи, из чего формируются эти объекты.*

Не останавливаясь более детально на всех тонкостях обсуждаемого феномена, которые могут стать предметом отдельного исследования, нам хотелось бы здесь обратить внимание на следующее. На наш взгляд, формирование шаровых скоплений в галактиках является результатом аналогичного с  $\alpha$ -распадом механизма в мегамире. Как в мире галактик

шаровые скопления, так и в микромире  $\alpha$ -частицы занимают низшую ступень в соответствующем иерархическом классе, как шаровые скопления они могут находиться в составе более массивных представителей своего же иерархического класса, как шаровые скопления они являются одними из наиболее устойчивых представителей своего класса.

7. *Обсуждение.* Феноменологическое сходство вышеперечисленных свойств галактик и атомных ядер подсказывает, что их наблюдаемые эволюционные пути и соответствующие закономерности определяются и управляются некоторым общим механизмом. По всей видимости, именно этот механизм, в конечном счете, ответственен также и за проявление различного типа активностей. В работе [47] автор обратил внимание на тот факт, что в непосредственной близости от Земли наблюдаются явления расширения, которые, с учетом масштабного фактора, имеют одну и ту же скорость с хаббловским расширением Вселенной.

Не останавливаясь подробно на этом, заметим лишь, что если интерпретировать эту аналогию как однородное расширение в указанных масштабах, то неизбежным кажется вывод о том, что, по крайней мере, в указанных масштабах действует некоторая сила, ускоряющая расширение. Это непосредственно следует из закона Хаббла, если он записан в виде

$$dr/dt = Hr, \quad (2)$$

где  $r$  - расстояние между двумя точками,  $dr/dt = v$  - скорость удаления этих точек друг от друга, а  $H$  - постоянная Хаббла. Если продифференцировать соотношение (2), то получим

$$d^2r/dt^2 = H dr/dt + r dH/dt = (H^2 + dH/dt)r, \quad (3)$$

где величина  $d^2r/dt^2 = a$  показывает ускорение взаимного удаления. Легко видеть, что при  $H = \text{const}$  ( $dH/dt = 0$ ) расширение происходит с ускорением. Более того, для ускорения расширения достаточно, чтобы выполнялось более мягкое условие  $H^2 + dH/dt > 0$ . То есть, расширение в любом случае является ускоряющим, если постоянная Хаббла уменьшается, по крайней мере, медленнее обратной величины возраста Вселенной.

Результат, полученный в [47], показывает, что наблюдаемые скорости расширения достаточно уверенно описываются одним и тем же значением постоянной Хаббла в интервале геометрических расстояний от  $10^9$  см до  $10^{25} - 10^{26}$  см. Поэтому можно предположить, что расширение происходит с ускорением, которое может быть интерпретировано как результат некоторой добавочной силы "отталкивания". Последняя, как следует из (3), пропорциональна первой степени расстояния между точками. Таким образом, если на основе наблюдательных фактов действительно сделаны правильные выводы, то вследствие вышеупомянутого расширения наблюдается постепенное увеличение "разрушающей силы" (3) и уменьшение "связывающей"

гравитационной силы, так как последняя обратно пропорциональна квадрату расстояния и уменьшается в процессе расширения. Может ли это явление быть причиной наблюдаемых явлений активности? На этот вопрос можно ответить лишь после более детального анализа. Тем не менее, одно следствие кажется очевидным. Вследствие однородного (масштабного) расширения, наблюдаемого в огромном интервале расстояний, все гравитационно связанные объекты и системы, имеющие размеры, сопоставимые с расстояниями, где это расширение зафиксировано, со временем должны терять "запас устойчивости" или, иными словами, должны постепенно дестабилизироваться.

Универсален ли этот механизм или работает он в еще малых масштабах - вопрос еще более сложный, и автор предполагает посвятить отдельную работу исследованию этой темы. Здесь отметим лишь, что ряд феноменологических сходств между активными явлениями, наблюдаемыми в мегамире и микромире, делает чрезвычайно соблазнительным это исследование с целью поиска единого механизма. В настоящей работе основное внимание мы уделили лишь активным процессам, которые фрагментируют объекты в мире галактик и в микромире. И на основе существующего огромного количества данных несомненно можно утверждать, что *этот процесс монотонно меняет спектр масс объектов каждого класса, увеличивая при этом относительное содержание объектов с малыми массами.* В мире галактик таковыми являются карликовые галактики, в микромире - легкие элементы и, в первую очередь, водород.

В микромире явление распада как физический факт изучается сравнительно легко ввиду его очевидности в своем временном масштабе. Здесь наблюдается почти мгновенное удаление дочерней частицы от материнского ядра. Ситуация совершенно иная в мире галактик. Вследствие огромных пространственных масштабов заметные изменения во взаимном расположении объектов происходят лишь за миллионы лет. Например, на расстоянии ближайшего к нам скопления Virgo углу  $1'$  соответствует линейное расстояние в  $\sim 80$  пк. Любой объект, движущийся с тангенциальной скоростью  $10^4$  км/с, такое расстояние преодолет за  $8 \times 10^3$  лет.

**8. Заключение.** На основе анализа наблюдательных данных можно сделать следующие выводы:

- а) В процессе эволюции вещества во Вселенной происходит постепенное увеличение относительного содержания водорода - самого легкого элемента.
- б) Объекты с большим содержанием "металлов", при остальных равных условиях, находятся на более ранних стадиях эволюции.
- в) Для каждой эпохи эволюции существует некоторое максимальное значение массы для одиночных объектов данного иерархического класса, и ни один объект с большей массой не может быть стабильным.

г) Гало сверхгигантских сD-галактик формируются одним и тем же механизмом, что и галактики данного скопления - вследствие выбросов вещества из ядра сD-галактики и последовательной фрагментации этого вещества.

д) Этот же механизм, по всей вероятности, ответственен и за формирование шаровых скоплений.

Автор с глубокой признательностью отмечает внимательное отношение покойного академика В.А.Амбарцумяна к работам этой серии, многократное обсуждение и полезные советы по поводу данной работы.

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

## FRAGMENTATION OF COSMIC OBJECTS IN THE COURSE OF THEIR EVOLUTION AND POSSIBLE ROLE OF HUBBLE EXPANSION IN THIS PROCESS

H.A.HARUTYUNIAN

A series of phenomenological similarities between activity phenomena in the micro-world and in the world of galaxies is considered. Using the high "metallicity" of quasars a conclusion is drawn that the relative amount of light elements is increasing during the evolution of the Universe. Evidences supporting the conception that the world of galaxies also gets enriched by dwarf galaxies are presented. A version is suggested that cD galaxies are the generators of the clusters of galaxies in which they are located and that all the galaxies belonging to the given cluster are products of the central supergiant galaxy's activity. Likely an analogous mechanism is liable for globular cluster system's formation. An attempt to find a physical connection between active phenomena and the cosmic expansion is done.

Key words: *Galaxies:abundances - Galaxies:cD - Galaxies:halo - Cosmology:  
accelerated expansion*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.М.Широков, Н.П.Юдин, Ядерная физика, Наука, М., 1980.
2. G.Burbidge, Nature, 233, 36, 1971.
3. P.A.La Violette, Astrophys. J., 301, 544, 1986.
4. J.S.Bagla, T.Padmanabhan, J.V.Narlikar, Comments Astrophys., 18, 289, 1996.
5. M.J.Rees, H.Netzer, G.J.Ferland, Astrophys. J., 347, 640, 1989.
6. R.Elston, K.L.Thompson, G.J.Hill, Nature, 367, 250, 1994.
7. F.Hamann, J.C.Shields, R.D.Cohen, V.T.Junkkarinen, E.M.Burbidge, Emission Lines in Active Galaxies: New Methods and Techniques, eds. B.M.Peterson, F.-Z.Cheng, A.S.Wilson, ASP Conf. Series, 113, 96, 1997.
8. D.A.Turnshek, Mass Ejection from Active Galactic Nuclei, eds. N.Arav, I.Solosman, R.J.Weymann, ASP Conf. Series, 128, 193, 1997.
9. H.Arp, G.Burbidge, Astrophys. J. Lett., 353, L1, 1990.
10. Г.А.Арутюнян, Астрофизика, 41, 217, 1998.
11. Н.А.Нарутюниан, Active Galactic Nuclei and Related Phenomena, eds. Ye.Terzian, D.Weedman, E.Khachikian, IAU114, ASP Publ., 422, 1999.
12. Г.А.Арутюнян, Е.Г.Никогосян, Астрофизика, 43, 531, 2000.
13. В.А.Амбарцумян, ДАН АрмССР, 23, 161, 1956.
14. В.А.Амбарцумян, Изв. АН АрмССР, сер. физ.-мат. наук, 9, 23, 1956; 11, 9, 1958.
15. W.Baade, R.Minkowski, Astrophys. J., 119, 206, 222, 1954.
16. T.A.Mattews, W.W.Morgan, M.Schmidt, Astrophys. J., 140, 35, 1964.
17. W.W.Morgan, J.R.Lesh, Astrophys. J., 142, 1346, 1965.
18. A.Oemler, Astrophys. J., 209, 693, 1976.
19. R.A.White, Astrophys. J., 226, 591, 1978.
20. T.C.Bears, M.J.Geller, Astrophys. J., 274, 491, 1983.
21. J.G.Hoessel, D.P.Schneider, Astron. J., 90, 1648, 1985.
22. J.L.Tonry, Astron. J., 90, 2431, 1985.
23. J.P.Ostriker, S.D.Tremain, Astrophys. J. Lett., 202, L113, 1975.
24. S.D.M.White, Mont. Notic. Roy. Astron. Soc., 174, 19, 1976.
25. J.P.Ostriker, M.A.Hausman, Astrophys. J. Lett., 217, L125, 1977.
26. D.Merritt, Astrophys. J., 289, 18, 1985.
27. T.Lauer, Astrophys. J., 325, 49, 1988.
28. J.Blakeslee, J.L.Tonry, Astron. J., 103, 1457, 1992.
29. A.Sandage, Astrophys. J., 205, 6, 1976.
30. A.Sandage, J.Kristian, J.A.Westphal, Astrophys. J., 205, 688, 1976.
31. S.Tremain, D.O.Richstone, Astrophys. J., 212, 311, 1977.
32. M.J.West, Mont. Notic. Roy. Astron. Soc., 268, 79, 1994.
33. A.Garijo, E.Athanassoula, C.Garcia-Gomes, Astron. Astrophys., 327, 930, 1997.
34. В.А.Амбарцумян, ДАН АрмССР, 26, 73, 1958.
35. W.W.Morgan, S.Kayser, R.A.White, Astrophys. J., 199, 545, 1975.
36. C.E.Albert, R.A.White, W.W.Morgan, Astrophys. J., 211, 309, 1977.
37. T.X.Thuan, W.Romanishin, Astrophys. J., 248, 439, 1981.

38. *J.M.Schombert*, *Astrophys. J.*, **328**, 475, 1988.
39. *K.S.Freeman*, *The Globular Cluster - Galaxy Connection*, eds. G.H.Smith, J.B.Brodie, ASP Conf. Series, **48**, 608, 1993.
40. *S. van den Bergh*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **13**, 217, 1975.
41. *J.R.Mould, J.B.Oke, P.T. de Zeeuw, J.M.Nemec*, *Astron. J.*, **99**, 1823, 1990.
42. *S. van den Bergh*, *Structure and Dynamics of Globular Clusters*, ASP Conf. Series, **50**, 1, 1993.
43. *W.E.Harris*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **29**, 543, 1991.
44. *S. van den Bergh*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **112**, 932, 2000.
45. *D.E.McLaughlin, W.E.Harris, D.A.Hanes*, *Astrophys. J.*, **422**, 486, 1994.
46. *P.R.Durrel, W.E.Harris, D.Geisler, R.E.Pudritz*, *Astron. J.*, **112**, 972, 1996.
47. *H.A.Harutyunian*, *Астрофизика*, **38**, 667, 1995.