КВАЗАРЫ КАК ПРОТОСКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

Поступила 14 мая 1969

Предлагается гипотеза, по которой плотные тела квазары, по временам превращающиеся в квазары, распадаются на компоненты, а дальнейшая их каскадная фрагментация ведет к образованию групп и скоплений галактик. На всех последующих ступенях фрагментации и эволюции квазаров продолжается рекуррентное нетепловое радиоизлучение, а доля оптического нетеплового излучения убывает. Эта гипотеза объясняет отсутствие квазаров в скоплениях галактик, их сложную радиоструктуру, детали строения скоплений и расположения в них радиогалактик. Гравитационный компонент красного смещения делается заметным, а требования к выходу энергии на единицу массы квазара несколько сокращаются. Гипотеза конкретизирует идеи Амбарцумяна о каскадной фрагментации плотного вещества и рассеяния фрагментов в форме распадающихся звездных систем.

Гипотеза о выбросе облаков релятивистской плазмы с релятивистскими же скоростями из квазаров и радиогалактик стала общепринятой. Радиогалактика часто является ярчайшим членом скопления, но вокруг квазаров скоплений галактик не обнаружено, хотя подавляющее большинство галактик находится в скоплениях. Это мешает считать радиогалактику более поздней стадией существования квазара. Идеи Амбарцумяна о возникновении галактик из сверхплотного вещества и о его дроблении, с образованием новых ядер галактик-спутников, идеи о выбросе звездных групп, или масс газа им равных, за последнее время получили распространение. Некоторые частные варианты таких представлений о фрагментации галактик, подкрепленные новыми фактами, недавно высказаны Арпом [1] и Серсиком [2].

Рассмотрение квазаров в качестве коллапсирующих „сверхзвезд“, помимо ряда уже указывавшихся в печати недостатков, плохо еще следующим. При массе не свыше 10^8 масс Солнца их нельзя свя-

звать эволюционно ни с каким известным нам видом небесных тел или их систем. Такой массы хватило бы лишь на карликовую галактику или группу шаровых скоплений, какие нам не известны. С другой стороны, допуская разлет групп и членов скоплений галактик, не указывают объектов им предшествующих во времени.

Очень многое укладывается в логически стройную картину, если, развивая идеи Амбарцумяна о фрагментации плотного вещества, допустить, что квазары и квазаги являются предшественниками групп и скоплений галактик. В них квазаги превращаются постепенно путем последовательной, каскадной фрагментации. Пространственные плотности квазаров — квазагов оказываются того же порядка, что размер больших скоплений и ячеек неоднородности в Метагалактике. Так, по Караченцеву [3] последняя величина составляет 6×10^7 пс, а по Двикки [4] диаметр ячейки, вмещающей эквивалент одного большого скопления, составляет 4×10^7 пс. Из оценки же Сандейджа [5] следует, что один квазаг приходится на объем около 5×10^7 пс. Дисперсия масс и сечимостей квазаров объясняет, почему на диаграмме Хаббла они дают большое рассеяние, в противоположность ярчайшим членам скоплений галактик.

Сейчас уже все, по-видимому, согласны с тем, что квазаги являются спокойной стадией квазаров, активность которых в радио диапазоне, в форме выброса облаков релятивистской плазмы, является рекуррентной. Вероятно, трудно различить, какой квазаг представляет состояние между двумя радиовспышками, а какой — состояние, следующее за последней вспышкой объекта. Мы предполагаем, что квазаг, то ли одновременно с превращением его в квазар, путем выброса двух, а иногда одного облака релятивистской плазмы, то ли в период радиопокоя, распадается на два или более плотных тела. Энергия облака релятивистской плазмы, выброшенной со скоростью свыше 10^5 км/сек, примерно того же порядка, что выброс массы около $10^{20} M_{\odot}$ со скоростью 100—1000 км/сек. Это начало фрагментации плотного квазага—квазара является доведением до логического конца, вернее, начала, концепции Амбарцумяна, развитой им еще много лет тому назад.

Путем последовательной фрагментации масса квазара—квазага, превращается в группу, или в скопление галактик, в зависимости от своей массы. Последняя, очевидно, должна быть в пределах 10^9 — 10^{13} масс Солнца. Вот почему квазары не наблюдаются в скоплениях галактик. Скопления из квазаров постепенно и возникают, а когда возникло скопление галактик, то квазар, как таковой, уже перестает существовать. Максимум плотности квазаров приходится на эпоху, соответствующую $z = 2$. Квазаги — молодые образования, и возникающие

из них галактики и их скопления тоже молоды. Возникающие сами по себе, скопления естественно ожидать в более раннюю эпоху Метагалактики. Ей и соответствует $z = 2$. Большая, чем у предполагаемых сверхзвезд масса квазаров—квазагов требует меньшего выхода энергии на единицу массы и тем может быть облегчит решение энергетической трудности, связанной с этими объектами.

Распад квазаров—квазагов объясняет существование сложных и кратных радиоструктур у радиисточников очень малого углового диаметра. Это же объясняет существование у них нескольких систем абсорбционных линий. Они образуются в атмосферах компонентов, тогда как эмиссии исходят скорее из их общей атмосферы, вне проекции ее на диски компонентов. В сочетании с большим гравитационным красным смещением этих плотных, массивных компонентов и с их относительным движением, возможно в некоторых случаях возникновение абсорбционных компонентов с красным смещением, большим, чем у эмиссионных линий. Процесс деления квазара, изменение его при этом и движения компонентов объясняют разные быстрые изменения, наблюдаемые в спектрах. С этим же и с пульсацией связаны и колебания блеска и радиоизлучения. Радиоизлучение является рекуррентным и долго сохраняется таким у многих осколков квазаров, становящихся галактиками. Оно по временам проявляется у образовавшихся галактик типа E, у спиральных, называемых галактиками Сейферта, и у других. Загадочная первопричина нетеплового радиоизлучения скрыта, по-видимому, в очень малых и плотных телах, находящихся в центре галактик. В самом деле, в большинстве эллиптических галактик и радиогалактик явного ядра не видно. И в M87 выброс „из ядра“ в действительности связан с очень размытым сгущением, которое, как ядро, гораздо размытее, чем звездообразные ядра ряда не радиоизлучающих галактик Сейферта, M32, M31 и других. Вероятно, то ядро, которое иногда порождает радиоизлучение, невидимо и, следовательно, мало. Оно может светиться слабо, но иметь большую массу, особенно если оно еще способно делиться дальше.

Деление плотных ядер взрывоподобно и потому бесконечно разнообразно в смысле распределения осколков по массе, но в общих чертах, по аналогии с фрагментацией твердых тел должно давать фрагментов тем больше, чем они меньше. Как раз такой вид имеет, по Цвикки, функция светимости галактик в скоплениях. Но, как известно, масса галактик пропорциональна их светимости. Последовательная фрагментация компонентов квазара объясняет таким образом и их распределение по массам, и частое существование вторичных группировок и скупиваний внутри скоплений, а также образование рассеянных скоплений или облаков типа Б. Медведицы.

Заметим, что светимость квазаров как раз соответствует светимости большого скопления галактик. Но если основная доля этого свечения имеет нетепловую природу, то этому совпадению не надо придавать большого значения. Плотная дозвездная, догалактическая масса квазара, в целом, может быть даже несветящейся, как не светятся иногда радиоизлучающие ядра эллиптических галактик.

Предлагаемая гипотеза объясняет, почему радиогалактикой оказывается часто именно главный и центральный член скопления галактик. Достаточно мощное радиоизлучение его, вместе с массой, является главной долей, наследством плотного вещества, оставшимся после квазара. Учитывая рекуррентность радиоизлучения, можно ожидать, что в скоплении Девы галактика NGC 4172, немного более яркая, чем M 87, тоже была и еще будет радиогалактикой.

Стадией, наиболее близкой к квазарам — квазагам, являются, по-видимому, N — радиогалактики и тождественные им голубые компактные не радиоизлучающие галактики Цвикки. Нетепловое оптическое излучение, по-видимому, более устойчивое, чем нетепловое радиоизлучение, в последующих стадиях эволюции составляет все меньшую долю от общего излучения, попутно с уменьшением плотной дозвездной массы за счет дальнейшей фрагментации и перехода ее в состояние звезд и диффузного газа. N — галактики, тождественные голубым компактным галактикам Цвикки (и те, и другие по временам теряющие и восстанавливающие значительное радиоизлучение), уже встречаются в составе скоплений, среди их главных членов. Одновременно с ними, или из них, должны возникать главные члены многих скоплений типа выделенного нами [6] в 1963 г. Морган впоследствии [7] обозначил выделенный нами тип как cD (Это обозначение неудачно, так как через D Морган обозначает плоские системы без пыли, SO — по классификации Хаббла). Это объекты наивысшей светимости со сложным двойным или кратным ядром и с колоссальным ореолом. Компоненты тесного ядра не похожи на эллиптические галактики, но имеют отличное от них распределение яркости вдоль радиуса. Ярким примером этих галактик, иногда радиоизлучающих, а чаще нет, является NGC 6166 — главный член скопления Эйбелл 2199. Он изучался Минковским [8] и Барбидж [9]. Это радиогалактика 3C 388. Четыре ее компонента так близки друг к другу, что их периферийные части проникают друг в друга, создавая общую оболочку. Степень их концентрации различна. Ядро главного члена имеет слабое излучение [ОН] в λ 3727 А. Разность лучевых скоростей достигает 570 км/сек и, по исследованию Минковского, система компонентов либо разлетается, либо имеет массу более 10^{13} масс Солнца и M/L около 150, вместо нормальных 20—50. Статистически для двойных галактик типа E. Пэйдж получал тоже высокое

$\sigma/L = 100$. Повышенные массы тесных пар, иногда даже соединенных перемычкой, из которых одни (NGC 4782—3) являются сейчас радиогалактиками, а другие (NGC 750—1) нет, возможны, если в них еще имеется не видимое нам плотное и не светящееся вещество. И, в то же время, они должны быть разлетающимися системами, вероятно, способными к дальнейшей фрагментации, к созданию спутников—карликов.

Тесные двойные и кратные системы, в том числе взаимодействующие, должны быть самыми молодыми системами, как уже давно указывалось Амбарцумяном. Любопытно, что иногда меньшие массы выбрасываются лишь в одну сторону из главного тела. Это видно и по одностороннему плазменному придатку к квазару 3C 273, и по выбросу из M 87, и по цепочкам сгустков, выброшенных и из NGC 3561 и из 3C 1182 [10]. Приходится признать, что иногда масса выбрасывается с аномально большой скоростью. Известны уже три случая, когда несомненный физический член тесной группы имеет лучевую скорость, резко отличающую от скорости остальных членсв. Это IC 3481—3, где три галактики соединены общей перемычкой. Скорость одной из них *меньше*, чем скорости остальных на 7100 км/сек. Это тесный квинтет Стефана, где скорость одной галактики примерно на 6000 км/сек *меньше* скорости остальных. Самое замечательное, что в цепочке пяти галактик VV 172, находящихся во взаимном контакте, у одной из них скорость на 21 000 км/сек *больше*, чем у остальных. Чем больше встречается таких случаев, тем ближе к достоверности реальность массивных выбросов с такой большой скоростью. Определение лучевых скоростей в тесных взаимодействующих группах — очень актуальная задача. Скорости поперек луча зрения можно оценить по таким системам, как 3C 1182. Крайний сгусток, выброшенный из нее 10^8 лет тому назад, летел бы со скоростью около 300 км/сек.

Красное смещение компонента группы, сильно отличающееся от среднего то в одну сторону, то в другую, показывает, что оно обусловлено не гравитационным красным смещением, а движением, хотя наличие последнего, вероятно, и может завышать наблюдаемое Z .

Возникает существенный вопрос: является ли реально единственной известной карликовой конденсированной галактикой, притом с эмиссиями, двойной объект, открытый Арпом [11]? Это пара галактик с диаметрами по $1''$ и с расстоянием между ними $1''$. Обе около 18^m и с $M = -13$, если расстояние брать по их красному смещению 1326 км/сек. Но не может ли быть, что это выброшенный в нашу сторону член какой-либо далекой группы, видимо, тоже слабых галактик с красным смещением, много большим, может быть, до 10 000 км/сек.

или более? Тогда это будет не исключительный объект, а нормальная голубая компактная галактика, какую мы полагаем звеном эволюции, близким к квазарам.

Мы набросали схематически картину плотных квазаров и квазаров, превращающихся путем фрагментации в группы и скопления галактик, с рекуррентными эпохами усиленного радиоизлучения на всех последующих ступенях фрагментации. Фрагментация идет с чередованием выбросов то релятивистской и обычной плазмы в форме облаков и струй, то плотных тел, фрагментирующих затем быстро в меньшие звездные системы. Возможно, что промежуточной фазой при этом является состояние плотного газа, возникающего из дозвездного плотного тела, и затем конденсирующегося в звезды быстрее, чем в случае очень разреженного начального газа.

По-видимому, Хойл и Барбидж [12] и Арп [1] первые попытались немного подробнее обсудить состояние масс, выбрасываемых при фрагментации, и пришли к выводу, что это скорее всего должны быть плотные тела, как и считал с самого начала В. А. Амбарцумян. Другое положение вещей, особенно принимая во внимание вращение выброшенных систем, трудно себе представить. Подтверждается также мнение Амбарцумяна, что взаимодействующие галактики находятся в процессе их отделения друг от друга.

Государственный астрономический институт
им. П. К. Штернберга

QUASARS AS PROTOCLUSTERS OF GALAXIES

B. A. VORONTSOV-VELYAMINOV

A hypothesis is suggested that the dense bodies-QSG, from time to time transforming into QSS, disrupt into components. Their subsequent cascading fragmentation leads to the formation of groups and of clusters of galaxies. Along the succeeding steps of fragmentation and evolution of QSS the recurrent nonthermal radioemission persists, while the share of the optical nonthermal emission diminishes. The hypothesis explains the absence of QSS in the clusters of galaxies, their complicated radio structure, the details of the structure of clusters and of the place occupied by radiogalaxies. The gravitational component of the redshift becomes noticeable and the requirements to the energy production per mass unit of QSS somewhat diminishes. The hypothesis is but a concretization of the Ambartsumian's idea of the cascading fragmentation of dense matter and of the dispersion of the fragments in the form of stellar systems.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *H. Arp*, P.A.S.P., 80, 129, 1958.
2. *J. Serstic*, A.S.P. Zeaflet, 453, 1967; *Астрофизика*, 4, 105, 1968.
3. *И. Д. Караченцев*, *Астрофизика*, 2, 307, 1966.
4. *F. Zwicky, K. Rudnicki*, *Ap. J.*, 137, 707, 1963.
5. *A. Sandage*, *Ap. J.*, 140, 1560, 1955; 143, 757, 1957.
6. *Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. Архипова*, *Морфологический каталог галактик, части II—IV*, М., 1963—1968.
7. *В. А. Vorontsov-Velyaminov*, *Observatory*, 85, 212, 1965.
8. *R. Minkowski*, *A.J.*, 66, 588, 1961.
9. *M. Burbidge*, *A.J.*, 159, 1134, 1964.
10. *A. Stockton*, *A.J.*, 73, 887, 1968.
11. *H. Arp*, *Ap. J.*, 142, 402, 1965.
12. *F. Hoyle, G. Burbidge*, *Ap. J.*, 144, 539, 1966.