АСТРОФИЗИКА

ТОМ 43 НОЯБРЬ, 2000 ВЫПУСК 4

УДК: 524.77

КВАЗАРЫ В ОБЛАСТЯХ БОГАТЫХ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК

Г.А.АРУТЮНЯН, Е.Г.НИКОГОСЯН

Поступила 14 июня 2000
Принята к печати 10 августа 2000

В работе исследуются некоторые характеристики квазаров, наблюдаемых в областях трех богатых скоплений галактик. Показано, что функции светимости, построенные для выборок квазаров из областей скоплений в Virgo и Fornax, похожи между собой и показывают очень острый максимум на звездной величине $18^{m}.0 + 18^{m}.3$. Максимум функции светимости квазаров из области скопления Coma (A1656) смещен в сторону слабых величин и наблюдается на 21^{m}. Этот эффект объясняется принадлежностью большинства квазаров соответствующим скоплениям. Показано, что абсолютная звездная величина этих квазаров составляет -13^{m}, что соответствует светимости карликовых галактик низкой светимости. Выдвигается гипотеза о том, что "локальные" квазары формируются двумя путями – вследствие выброса из ядер галактик, а также в "квазарных ассоциациях" без материнской галактики, непосредственно из дозвездного вещества.

1. *Введение.* Непрекращающийся по сей день спор о местонахождении и природе квазаров начался сразу после открытия этих объектов. В настоящее время чисто космологическое происхождение красного смещения в спектрах квазаров не вызывает сомнения у большинства исследователей. Однако, несмотря на твердую уверенность этих исследователей в своей правоте, указанное утверждение пока еще не может считаться доказанным и, образно говоря, доминирует лишь на основе "голосования большинства". Скептичное отношение к идее, предполагающей, что некоторая часть квазаров может иметь локальное происхождение, на наш взгляд, базируется на интуитивном стремлении не выходить из рамок привычного мышления.

С другой стороны, ряд авторов в течение нескольких десятилетий скрупулезно собирает факты о физической связи квазаров с близлежащими галактиками, тем самым последовательно защищая концепцию локального происхождения квазаров. Но и в этом случае утверждение о "чистой локальности" остается на уровне необоснованной декларации. Ясно, что даже неоспоримое доказательство локальности некоторой части квазаров означает лишь то, что квазары не являются чисто космологическими объектами. Но из этого отнюдь не следует, что все они являются локальными объектами. Наиболее преданными идее локального происхождения квазаров, систематически и последовательно доказывающими свою правоту, следует, по-видимому, считать Арпа и Бербиджа.

В этом противостоянии "миротворческим" можно было назвать работу Бербиджа [1], в которой автор отказывается от первоначальной парадигмы об исключительной локальности квазаров. Он предлагает новую концепцию, согласно которой красное смещение квазаров может быть обусловлено как космологическим расширением Вселенной, так и гравитационными и, может быть, иными, неизвестными пока еще эффектами. Другими словами, квазары могут быть как локальными, так и космологическими объектами.

К аналогичному заключению пришел один из авторов настоящей работы [2,3] на основе анализа некоторых результатов исследования зависимости светимостей квазаров от красного смещения [4]. По всей видимости, вся совокупность квазаров в первом приближении может быть разделена на два типа объектов. К первому типу относятся космологические квазары, которые иначе могут быть названы "квазарами первого поколения". Квазары, которые выброшены из ядер близлежащих галактик, являются "квазарами второго поколения" [3].

В настоящей работе делается еще одно статистическое исследование семейства квазаров. С этой целью изучаются характеристики квазаров в направлениях некоторых богатых скоплений галактик.

2. *Квазары в областях скоплений.* Допустим, что концепция о локальности некоторой части квазаров верна, и действительно квазары этого типа были выброшены из ядер галактик. Тогда естественно предположить, что математическое ожидание обнаружения квазаров должно быть достаточно высоким в областях богатых скоплений галактик, где плотность галактик гораздо больше по сравнению с общим галактическим полем. Эта идея не нова, и к настоящему моменту выполнен ряд исследований для выявления статистически ощутимой пространственной корреляции между совокупностью галактик некоторых скоплений и квазарами. Целью первых работ в данной области был поиск корреляции между местонахожениями скоплений галактик и квазаров (см., например, [5-7]). В дальнейшем авторы стали исследовать более детальную корреляцию между отдельными галактиками - членами скоплений и квазарами. Наиболее интенсивно была исследована область известного скопления в созвездии Дева. Промежуточным можно считать результат Сулентика [8], который показал, что в направлении этого ближайшего к нам скопления поверхностная плотность ярких квазаров примерно в пять раз больше по сравнению с другими направлениями. С помощью кросс-корреляции в области этого же скопления значительно высокую степень ассоциации между галактиками - членами скопления и квазарами недавно нашли Жу и Чу [9].

Для исследований нами были выбраны области хорошо известных

скоплений в созвездиях Дева, Печь и Волосы Вероники (Coma), которые в настоящей работе кратко называются областями Virgo, Fornax и Coma (A1656). Выбор этих скоплений сделан по следующим причинам. Во-первых, все три скопления входят в число наиболее детально исследованных систем. Во-вторых, первые два скопления находятся примерно на одинаковом расстоянии от нас и, следовательно, любые зависимости от расстояния должны быть выражены примерно одинаковым образом. В-третьих, будучи объектом пристального внимания и многостороннего исследования, скопление Coma находится более чем в пять раз дальше по сравнению с двумя первыми, что делает легко исследуемыми эффекты расстояния, если таковые существуют.

Данные о квазарах взяты из седьмого издания каталога Верон-Сети и Верона [10], а также, с целью увеличения количества объектов, использованы возможности электронного каталога NED. Так как полученные результаты с применением каталога [10] и электронного каталога NED качественно не отличаются друг от друга, мы не считаем необходимым в каждом отдельном случае ссылаться на каталог, данные из которого использованы.

В табл.1 приведены данные о трех областях, в которых расположены рассматриваемые скопления галактик, а также соответствующие количества каталогизированных квазаров и плотность этих объектов для

Таблица 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫБОРКАХ ИССЛЕДУЕМЫХ КВАЗАРОВ ИЗ ОБЛАСТЕЙ ТРЕХ БОГАТЫХ СКОПЛЕНИЙ

Скопление	Площадь (□)	Количество	Средняя поверхн. плотность	Средняя звездн. величина
VIRGO	300	415	1.4	18.35
a	220	292	1.4	18.27
b	29	58	2.0	18.98
FORNAX	150	48	0.3	18.03
COMA	24	154	6.4	20.12
a	1.5	90	60.0	20.56
b	2.5	26	10.4	19.85
c	0.8	12	15.0	19.47
d	1.2	15	12.5	19.70

каждой области. Так как в областях Virgo и Coma большая часть квазаров достаточно четко концентрируется, соответственно, в двух и четырех подгруппах (см. рис.1), то соответствующие величины приведены также для этих отдельных подгрупп.

Нередко справедливо отмечается, что выборки квазаров неполны и неоднородны, и их использование для статистических исследований очень

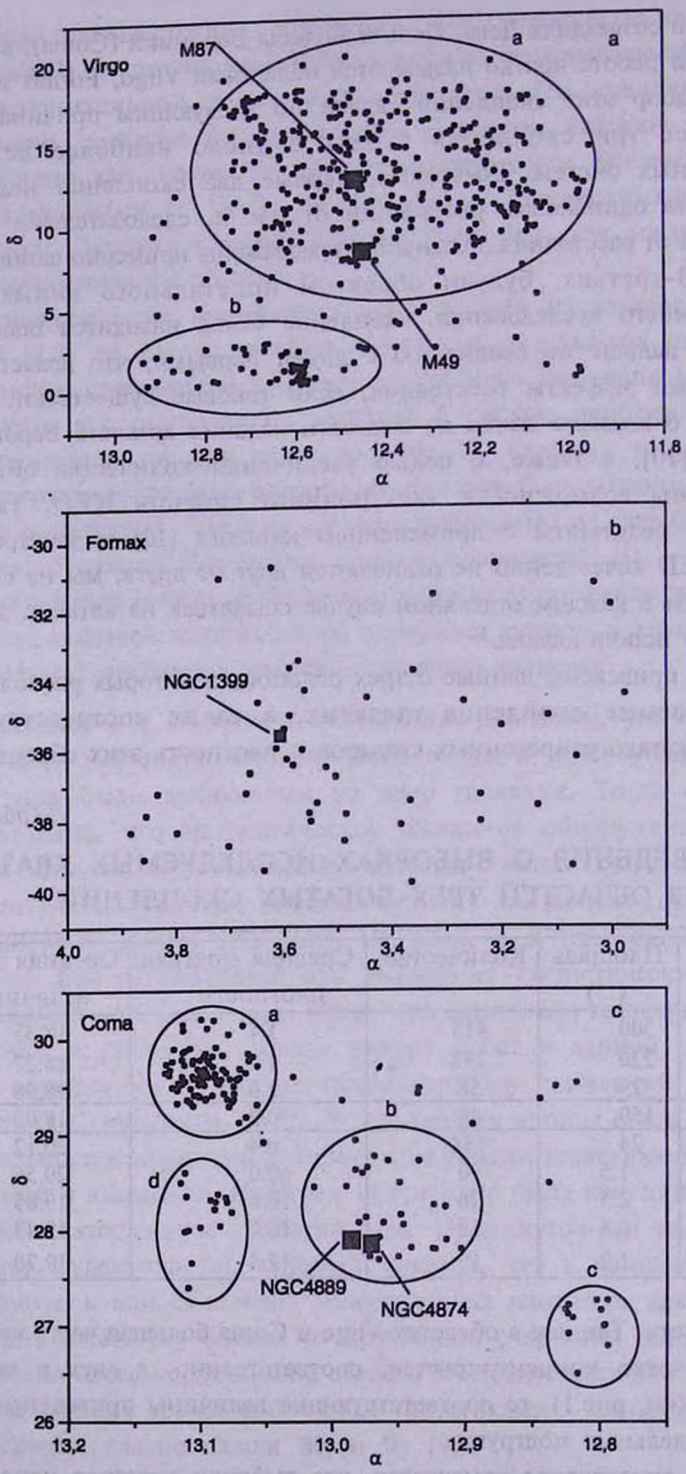

Рис.1. Карты распределения квазаров в областях скоплений галактик: a) Virgo, b) Fornax, c) Coma.

часто ограничивается именно из-за различных селекционных эффектов. Однако, как будет видно из дальнейшего изложения, те вопросы, которые ставят перед собой авторы настоящей работы, сравнительно менее чувствительны по отношению к подобного рода селекционным эффектам. Тем не менее, мы постараемся обратить внимание на некоторые эффекты, которые могли считаться результатом селекции.

Как явствует из табл.1, плотность квазаров в области Virgo является некоторой средней для трех рассматриваемых скоплений. Наименьшая среди трех плотность квазаров наблюдается в области Fornax, где обнаружен лишь один квазар на площади 3.3 кв. градуса. Это значение не очень отличается от средней плотности квазаров по всей небесной сфере. Хотя, следует отметить, что *такое утверждение не вполне корректно, пока не сделан детальный анализ с четким разделением "скоплений квазаров" от квазарного поля*. Это становится понятным уже из беглого взгляда на данные, касающиеся области Coma, где, как нетрудно проверить по данным из используемых каталогов, средняя плотность выше среднего значения по всему небосводу примерно в 50 раз (см. данные NED или [10]). Более того, детальное исследование показывает, что в областях Virgo и Fornax, в непосредственном окружении доминантных галактик M 87 и NGC 1399, поверхностная плотность квазаров гораздо выше и доходит до 4.1 объектов в первом и 1.9 во втором случае.

Ситуация оказывается еще более сложной, когда детальнее анализируется распределение квазаров на рассматриваемой площади размером двадцать квадратных градусов в области Coma. Во-первых, как уже было замечено выше, на общей картине распределения квазаров достаточно четко выделяются четыре уплотнения (см. рис.1), три из которых (a, b, c) расположены на одной линии. К скоплению A1656 ближе всего расположена центральная группировка b, которая, кроме того, по внешнему виду является наиболее "диффузной". Ее центр находится примерно на расстоянии $0^{\circ}.5$ от центра масс дублета галактик NGC 4889, и NGC 4874, причем большая полуось скопления A1656 параллельна линии, соединяющей упомянутые три уплотнения квазаров. В этих подгруппах поверхностная плотность квазаров доходит до 10 объектов на кв. градус. Исключительно высокая плотность наблюдается в подгруппе a, где на площади 1.5 квадратных градусов насчитывается 90 квазаров.

Давно замеченное значительное увеличение поверхностной плотности квазаров в направлениях богатых скоплений галактик интерпретируется по-разному. Такие нарушения изотропности распределения квазаров часто объясняются, например, увеличением яркости слабых объектов фона вследствие гравитационной фокусировки (см., например, [11]). Хотя следует также отметить, что по оценке специалистов, вследствие указанного эффекта, лишь 3% квазаров могли бы увеличить блеск в

несколько раз [12]. Вышеуказанный факт нередко объясняется также и тем обстоятельством, что области скоплений галактик исследованы наиболее тщательно.

Указанная подгруппа квазаров, на наш взгляд, никак не может быть результатом селекции из-за "*более внимательного исследования области скопления галактик*", так как эта подгруппа находится вне основной площади, занимаемой скоплением галактик. Вряд ли может быть найдена также какая-нибудь неискусственная схема для объяснения этой огромной плотности с помощью гравитационной линзы. Но, с другой стороны, такая огромная плотность не может быть следствием флуктуации. По-видимому, исключается также и эффект "более глубокого обзора" этой области. Исследование динамики "пополнения" объектами данной области показывает, что квазары обнаружены различными группами исследователей в течение достаточно длительного времени. Это хорошо видно уже на основе анализа ссылок, приведенных в [10]. Мало вероятно также и случайное совпадение направления линии, соединяющей уплотнения a, b и c, с ориентацией большой полуоси скопления A 1656.

С другой стороны, как известно, скопление A1656 находится в составе большой сверхсистемы, составляющие части которой находятся на расстоянии примерно $z = 0.23 - 0.30$. Это сверхскопление на проекции имеет растянутую форму, причем его направление совпадает с направлением большой полуоси скопления A 1656 (см., например, [13]). Более того, ориентация большой полуоси изофот рентгеновского излучения, идущего из этой области, также совпадает с указанным направлением [14,15]. Именно на этой выделенной линии и находятся указанные три подгруппы квазаров.

Таким образом, из сказанного уже можно сделать следующие заключения. *В исследованых областях скоплений галактик, в среднем, наблюдается повышенное количество квазаров, где плотность последних может быть на один или два порядка выше средней плотности.* Из исследованных трех случаев в одном, где отчетливо выслеживается сложная структура, состоящая из подгрупп квазаров, *направление большой полуоси скопления галактик совпадает с направлением взаимной ориентации групп квазаров.* Указанные факты, очевидно, уже свидетельствуют о *возможной* связи некоторой части квазаров со скоплениями галактик. Однако для более детального анализа обратим внимание на очень интересную корреляцию, которая существует между видимыми звездными величинами (функциями светимости) квазаров и расстояниями скоплений галактик.

3. *Наблюдаемые звездные величины.* Продолжим строить логику исследований на основе рабочей гипотезы, что в области данного скопления галактик действительно существуют группы квазаров второго

поколения, физически связанных тем или иным образом со скоплением. Тогда очевидно, что их поведение с увеличением расстояния скопления резко должно отличаться от поведения космологических квазаров, являющихся объектами фона. А именно, если большая часть квазаров принадлежит скоплениям, то с увеличением расстояния скоплений должны наблюдаться следующие эффекты. Во-первых, видимая яркость квазаров в среднем должна уменьшаться для более далеких скоплений. Во-вторых, выборки квазаров в областях далеких скоплений должны быть неполными со стороны слабых объектов.

Учитывая, что скопления Virgo и Fornax находятся примерно на одинаковом расстоянии, а скопление A 1656 находится почти в пять раз дальше от нас, нетрудно проверить эту гипотезу. Для этого сначала сравним распределения видимых звездных величин квазаров, находящихся в областях скоплений Virgo и Fornax.

На рис.2 приведены гистограммы, показывающие распределения квазаров в зависимости от видимой звездной величины. Как это хорошо видно из приведенных гистограмм, в случае квазаров из областей двух указанных скоплений, находящихся на одинаковом расстоянии, *подавляющая часть квазаров имеет звездную величину $17^{m}.5$-$18^{m}.5$.* Причем в обоих случаях распределение имеет достаточно хорошо выраженный максимум и квазигауссовскую форму. Следует отметить, что аналогичность двух распределений очевидна, несмотря на огромную (почти на порядок) разницу между количествами квазаров в этих двух областях. Единственное различие заключается в том, что совокупность квазаров из области Fornax в среднем чуть ярче по сравнению с квазарами из области Virgo. По данным каталога [10] средние значения звездных величин этих двух совокупностей составляют $18^{m}.6$ и $17^{m}.8$ соответственно для областей Virgo и Fornax. Данные

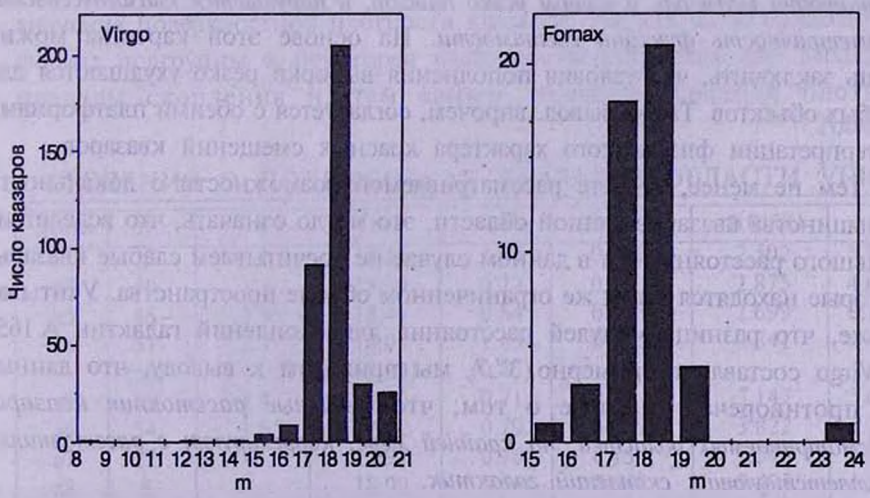

Рис.2. Распределение квазаров по звездным величинам для областей Virgo и Fornax.

электронного каталога для этих же величин дают значения $18^m.4$ и $18^m.0$. Более того, если в области Virgo подгруппы a и b (рис.1) рассматриваются в отдельности, то среднее значение звездных величин для основного уплотнения a составляет $18^m.3$, что еще ближе к соответствующему значению области Fornax. Не исключено, что со временем, по мере открытия квазаров в этой области, указанные две величины станут еще ближе друг к другу.

Ситуация сравнительно более сложна в случае области Coma (рис.3). Здесь пик количества квазаров не так ярко выражен, как в двух первых случаях, но, тем не менее, *большинство квазаров имеет звездную величину 19"-21" с максимумом распределения ближе к 21"*. Более того, создается

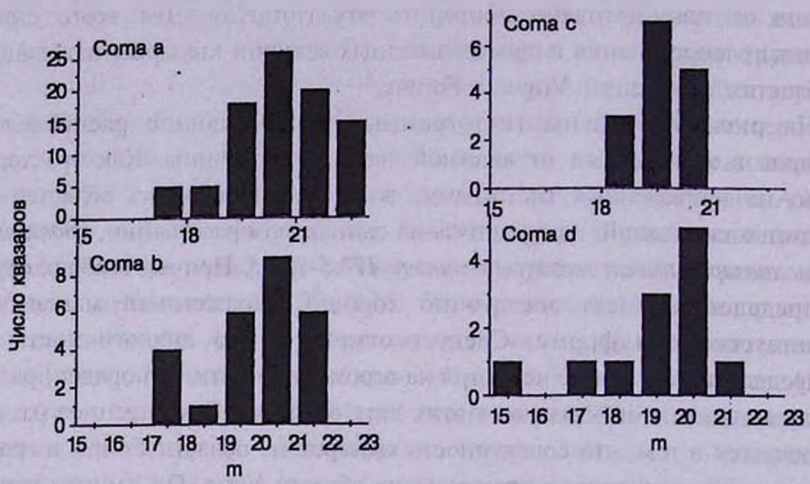

Рис.3. Распределение квазаров по звездным величинам для подгрупп области Coma.

впечатление, что *после максимума количество квазаров сначала уменьшается достаточно медленно, а потом резко падает, и нарушается квазигауссовская симметричность функции светимости*. На основе этой картины можно лишь заключить, что условия пополнения выборки резко ухудшаются для слабых объектов. Такой вывод, впрочем, согласуется с обеими платформами интерпретации физического характера красных смещений квазаров.

Тем не менее, в свете рассматриваемой возможности о локальности большинства квазаров данной области, это могло означать, что вследствие большого расстояния мы в данном случае не досчитываем слабые квазары, которые находятся в том же ограниченном объеме пространства. Учитывая также, что разница модулей расстояния для скоплений галактик A 1656 и Virgo составляет примерно $3^m.7$, мы приходим к выводу, что данные не противоречат гипотезе о том, что *реальные расстояния квазаров рассматриваемых областей, по крайней мере, коррелируют с расстояниями соответствующих скоплений галактик.*

При этом следует учитывать то обстоятельство, что при удалении

физической группы квазаров, принадлежащих, скажем, скоплению Virgo, до расстояния A 1656 (ослабление видимых звездных величин на $3^m.7$) новый максимум функции светимости будет смещен в направлении слабых объектов не на величину разницы модулей расстояния ($3^m.7$), а меньше. Это происходит из-за того, что вероятность обнаружения квазаров резко падает с ростом их видимых звездных величин. Несмотря на математическую очевидность, практическое применение этой модели для соответствующих вычислений и оценок связано с большими трудностями, в первую очередь, из-за неоднозначной прогнозируемости обнаружения объектов в зависимости от звездной величины.

4. *Распределение звездных величин квазаров в области Virgo.* Теперь, для более подробного анализа вновь вернемся к данным, относящимся к области Virgo. Достаточно большое число квазаров в этой области позволяет рассматривать некоторые характеристики совокупности квазаров как функцию от координат (расстояния от центра скопления, в качестве которого выбрана центральная галактика скопления M 87). Несмотря на очевидную нерегулярность распределения и продолговатую структуру "облака квазаров" данной области (рис.1а), подсчеты показывают, что по мере удаления от M 87 четко прослеживается уменьшение поверхностной плотности квазаров.

В табл.2 приведены данные о подвыборках квазаров из концентрических колец с шириной в один градус вокруг выбранного центра. Таких колец семь, они обозначены через *an*, где $n = 1, 2, ..., 7$ есть номер кольца и совпадает со значением внешнего радиуса кольца, измеренным в угловых градусах. Через a8 обозначена подвыборка квазаров, которые находятся вне указанных колец (на расстоянии, превышающем 7°), а также не входят в подгруппу b. Для зон a7 и a8 в табл.2 не даны значения поверхностной плотности квазаров, так как из-за продолговатой формы подгруппы a некоторая часть соответствующих зон выходит за пределы скопления и, тем самым, значение средней плотности

Таблица 2

СВЕДЕНИЯ О ПОДВЫБОРКАХ КВАЗАРОВ ОБЛАСТИ VIRGO

Зона	*N*	*n*	<*m*>	*sd*	*z*(min)	*z*(max)	Δ*m*
a1	13	4.1	19.18	1.03	0.061	2.502	5.78
a2	30	3.2	18.39	0.72	0.15	2.875	4.00
a3	45	2.9	18.41	0.64	0.168	2.699	3.74
a4	51	2.3	18.05	1.45	0.122	2.841	4.41
	(50)		(18.24)	(0.47)			
a5	69	2.4	18.30	0.71	0.07	3.147	5.60
a6	54	1.6	18.22	0.79	0.087	3.822	5.21
a7	22	-	17.97	0.76	0.13	2.543	4.23
a8	8	-	18.00	0.56	0.548	3.493	1.71
b	58	2.0	18.98	1.48	0.158	2.798	3.88

занижается. Остальные данные (обозначенные через b) относятся к подгруппе b. В первом столбце табл.2 обозначена зона, N – общее число квазаров в зоне, n – средняя поверхностная плотность квазаров в данной зоне, $<m>$ и sd – средняя звездная величина и соответствующая дисперсия, $z(\min)$, $z(\max)$ – минимальное и максимальное значения красного смещения квазаров данной подвыборки, Δm – максимальная разница между модулями расстояния квазаров, если красные смещения считаются космологическим.

На рис.4a-4c приведена зависимость числа квазаров от видимой звездной величины для 9-и подвыборок. Уже беглым взглядом можно уловить главные особенности приведенных гистограмм. В центральном круге,

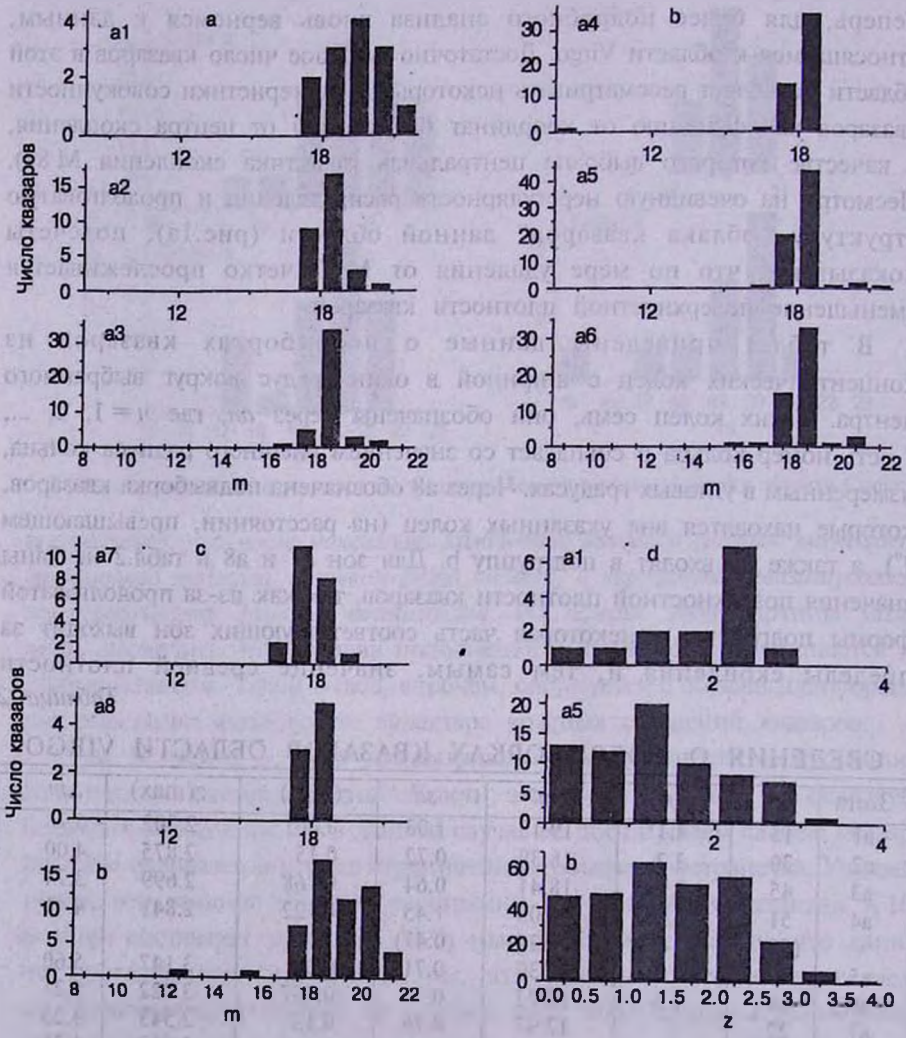

Рис.4. Распределение квазаров, расположенных в области Virgo, по значениям звездной величины и красного смещения для различных подгрупп (см. текст).

где поверхностная плотность наибольшая, дисперсия звездных величин также максимальная. Помимо этого, объекты в среднем более слабые, чем в остальных кольцах. Легко видеть, что в остальных кольцах, а также в зоне a8, дисперсия звездных величин меньше, квазары показывают примерно одинаковую функцию светимости и подавляющее большинство квазаров имеет почти одну и ту же звездную величину. Лишь в четвертом кольце наблюдается резкое увеличение дисперсии звездных величин, однако это является результатом попадания в это кольцо одного (из 51) очень яркого объекта, а именно, квазара LBQS 1233 + 1532. Поэтому соответствующие данные для зоны a4 приведены как с учетом этого квазара, так и без него. Во втором случае дисперсия звездных величин уменьшается в более чем три раза.

Следует отметить, что, в отличие от звездных величин, красные смещения этих же объектов имеют достаточно широкий спектр. В табл.2 приведены минимальное и максимальное значения красного смещения для каждой зоны, а также разница соответствующих модулей расстояния при предположении, что красные смещения имеют космологическое происхождение. А в качестве иллюстрации на рис.4d приведены также соответствующие гистограммы для численных значений красного смещения, построенные для квазаров из центрального круга, пятого кольца и подгруппы b.

Как это хорошо видно из приведенных гистограмм, нет никакого намека на то, что выборки квазаров могут быть различимы на основе распределения значений красных смещений. Некоторую уникальность показывают лишь квазары из центрального круга, в том смысле, что распределение квазаров по красным смещениям показывает отчетливый пик на больших значениях аргумента. Об этом эффекте мы поговорим ниже. Из табл.2 явствует, что если красные смещения считаются космологическими, то максимальная разница между модулями расстояния для объектов из каждой подвыборки больше 3^m (кроме самой внешней зоны a8) и доходит до $5^m.8$. С другой стороны, из математической статистики хорошо известно, что наложение двух случайных эффектов непременно увеличивает погрешность и, следовательно, дисперсию окончательных измерений. Таким образом, если красные смещения всех квазаров считаются космологическими, то в данном случае следует признать, что светимости и расстояния этих объектов "подобраны" самым тщательным образом так, чтобы уменьшить дисперсию видимых звездных величин. Очевидно, что такое предположение лишено смысла. Тем более, что статистика достаточно обширная и охватывает около 290 квазаров на площади более чем 220 квадратных градусов.

Поэтому, более правдоподобным кажется предположение, что *вышеуказанные квазары находятся на одном расстоянии, а именно, на*

расстоянии скопления Virgo. Более того, из приведенных фактов следует также, что, по крайней мере, в скоплении Virgo *квазары "второго поколения" рождаются примерно с одной и той же светимостью.* Принимая константу Хаббла $H = 75$ км/с/Мпк, нетрудно будет вычислить эту стандартную светимость. Простое вычисление позволяет заключить, что *абсолютная звездная величина квазаров, являющихся членами скопления Virgo составляет* $M = -12^{m}.8 \pm 0^{m}.7$. Такой светимостью обладают карликовые галактики, количество которых в скоплении очень велико. Придерживаясь концепции, что квазары являются ранней стадией развития обычных галактик, можно заключить, что *в настоящее время в скоплении Virgo формируются в основном карликовые галактики.* Это заключение является наиболее естественным и приемлемым также и с точки зрения энергетики и масс объектов второго поколения.

Остановимся на анализе первой гистограммы рис.4, которая описывает самое близкое окружение галактики М 87, т.е. центральную часть скопления. *Эта подвыборка квазаров состоит из сравнительно более слабых объектов, со средней звездной величиной, равной* $19^{m}.18$ (см. табл.2). Кроме этого, по сравнению с подвыборками из других колец, *диапазон звездных величин квазаров из центрального круга в полтора раза шире*, если сравниваются среднеквадратичные отклонения звездных величин от среднего значения. Более того, несмотря на некоторые колебания, можно заметить также незначительную тенденцию увеличения средней яркости квазаров с удалением от центральной галактики. Один этот факт уже говорит о том, что мы имеем дело с поглощением излучения квазаров межгалактическими поглощающими облаками скопления, плотность которых максимальна в центре скопления, а по мере удаления от центра быстро падает.

В работе [9] уже было отмечено отсутствие квазаров в центральном круге с радиусом 0.°5, и этот факт был справедливо интерпретирован как прямое следствие межгалактического поглощения, учитывая, что плотность поглощающего (рассеивающего) вещества увеличивается в направлении к центру. Но данные, используемые в настоящей работе, позволяют делать также и другие выводы, в том числе и о том, что эти квазары находятся внутри поглощающей среды, а не являются объектами фона.

Очевидно, что если бы квазары были объектами фона, межгалактическое поглощение уменьшило бы их яркость без "индивидуального подхода" к каждому. Однако, *если квазары находятся внутри скопления и имеют какое-то пространственное распределение по лучу зрения, то оптическая толщина поглощающего вещества, естественно, для каждого квазара будет иметь разное значение*, что может, в конечном счете, привести к набюдаемой нами картине.

Конечно, может быть предложено и другое объяснение, предположив, что квазары являются космологическими объектами, которые имеют именно то распределение по звездным величинам, которое мы наблюдаем после прохождения их излучения через межгалактическую среду. Но в таком случае мы снова приходим к мистической зависимости параметров космологических объектов от "локальных" систем и объектов, в данном случае от координат центра скопления Virgo или гигантской галактики M 87. В связи с этим интересно отметить, что аналогичная картина, несмотря на гораздо меньшее количество квазаров, обнаруживается также и в области Fornax. Здесь в центральном круге с радиусом 1° вокруг NGC 1399 находятся 6 квазаров, средняя звездная величина которых составляет $18^m.57$, что на $0^m.5$ слабее, чем средняя по всей выборке величина.

По-видимому, следует более внимательно относиться и к другому наблюдательному факту, который был мельком упомянут в самом начале этого параграфа. Это касается распределения квазаров по красным смещениям (рис.4d) для центрального круга радиусом один градус. Среди аналогичных гистограмм она резко отличается тем, что показывает отчетливый пик количества квазаров в интервале красных смещений $z = 2.0 \div 2.5$. Достаточно сказать, что в этот интервал попадает половина всех квазаров, а еще один квазар находится вне указанного интервала со стороны больших значений, показывая при этом $z = 2.502$. Нет сомнения, что по сравнению с остальными подвыборками, где квазары распределены более или менее однородно по значениям красного смещения, здесь, именно в центре скопления, наблюдается повышенное количество квазаров с большими значениями красного смещения.

Этот факт естественным образом согласуется с концепцией, принятой за основу в настоящей работе. Для этого достаточно исходить из того соображения, что M 87 является мощным генератором формирования квазаров второго поколения, что не кажется маловероятным, учитывая широкий спектр проявлений активности M 87. Во-первых, в таком случае пространственная близость квазара к M 87 может быть интерпретирована как признак его недавнего формирования. С другой стороны, следует признать, что наиболее вероятным результатом эволюции квазаров являются звездные системы галактического типа, которые, согласно современным представлениям, не обладают аномальным красным смещением. Тогда естественно предположить, что аномальное красное смещение имеет свое максимальное значение в самом начале эволюции квазара, после чего оно монотонно уменьшается (см. также [2,3]). Такая логическая цепь рассуждений позволяет заключить, что *чем ближе квазар к центральной галактике, тем моложе он в среднем, и, следовательно, тем больше значение его аномального красного смещения.*

Ситуация совершенно иная в случае подвыборки квазаров из зоны b. Здесь функция светимости снова показывает не отчетливый максимум на 18^m, хотя параллельно наблюдается рост относительного числа более слабых квазаров. По своему внешнему виду соответствующая гистограмма имеет некоторое сходство с распределением, построенным для квазаров из центрального круга a1. Это можно было бы объяснить увеличением относительного количества объектов фона, что может быть следствием более детального исследования этой области неба, где находится известный квазар 3C 273. Однако для более обоснованной интерпретации наблюдаемой картины следует подвергнуть скрупулезному анализу все данные об этой области, в том числе и на предмет существования поглощающих облаков. Это тем более важно, если учитывать возможную связь квазара 3C 273 с водородным облаком, находящимся на расстоянии скопления Virgo (см., например, [16]).

5. *Скопления квазаров*. Вызывает большой интерес тот факт, что в исследованных областях наблюдаются различные уплотнения квазаров. Таким примером могут служить четыре уплотнения квазаров в области скопления Coma. Здесь особое место занимает подгруппа a, со своей огромной плотностью. Обращает на себя внимание и тот факт, что по красному смещению квазары (как и в остальных уплотнениях) распределены достаточно равномерно. Если считать, что красные смещения имеют космологическое происхождение, то, учитывая диапазон их значений ($z_{min} = 0.065$ и $z_{max} = 3.36$), напрашивается заключение о том, что в данном случае мы наблюдаем некоторый космический конус, имеющий по лучу зрения высоту в более чем три тысячи мегапарсек. Интервал значений красных смещений тогда обуславливает разницу модулей расстояний Δm равной примерно $5^m.8$, вследствие чего следовало бы обнаружить ослабление видимых яркостей квазаров с ростом красных смещений.

На рис.5 приведены звездные величины квазаров указанной подвыборки в зависимости от их красных смещений. Несмотря на огромную разницу модулей расстояний, на визуальном уровне не наблюдается никакой корреляции между этими величинами. Тем не менее, применение метода наименьших квадратов позволяет найти следующую линейную зависимость между этими величинами: $m = -0.23z + 20.94$. Таким образом, можно придти к выводу, что наблюдательные данные для квазаров из указанной подгруппы a показывают незначительную обратную корреляцию ($R = -0.15$) между звездными величинами и красными смещениями. Во всяком случае, нет никакого намека на наличие положительной корреляции, что было бы естественным, если бы красные смещения квазаров были космологическими и определялись их расстояниями.

Учитывая также факты, приведенные в предыдущих разделах, мы

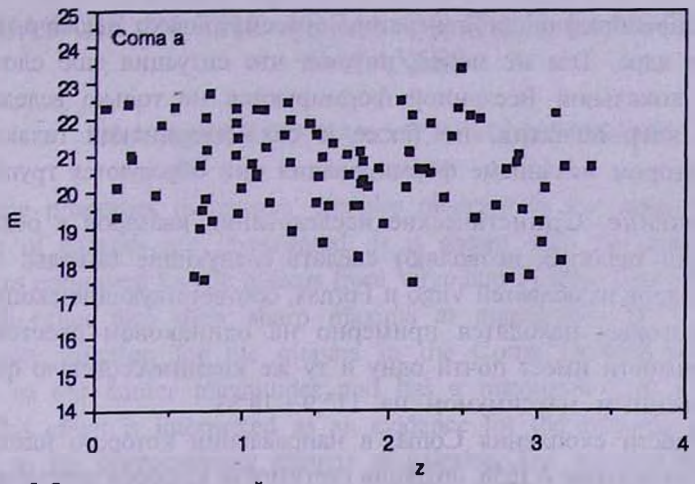

Рис.5. Зависимость звездной величины от красного смещения для квазаров из подгруппы Coma a.

приходим к выводу, что рассматриваемая совокупность данных в этом случае также не поддерживает гипотезу о космологическом происхождении красных смещений квазаров. Гораздо более правдоподобным кажется вывод о том, что данное уплотнение квазаров в действительности является физической группой, которая находится примерно на одном расстоянии со скоплением A 1656 и входит в сверхсистему A 1367-A 2199/97.

С другой стороны, если здесь мы действительно имеем пример физического скучивания квазаров на расстоянии скопления A 1656, где основным населением являются достаточно хорошо оформившиеся скопления галактик, то факт приобретает совершенно иное космогоническое значение. Помимо того, что в скоплениях галактик наблюдается рождение новых карликовых галактик, каковыми в дальнейшем станут нынешние квазары этих скоплений, *в данном случае мы наблюдаем формирование группы квазаров без участия родителей-галактик.* В некотором смысле подобное "квазарообразование", если сделано правомерное заключение, напоминает образование звезд в звездных ассоциациях. В такой трактовке очень заманчивым кажется также и нахождение данной группы в области сверхскопления галактик.

Если подойти к проблеме более или менее объективно, то следует признать, что мы, в действительности, не знаем, как образуются галактики. Но, с другой стороны, если доводы о локальном образовании, по крайней мере, некоторой части квазаров не лишены здравого смысла, о чем совершенно однозначно свидетельствуют приведенные в настоящей работе данные, то следует признать существование "квазарообразующей" материи в локальной Вселенной. Основные факты, накопленные до настоящего времени, в качестве складов такой материи указывают на галактические ядра. Поэтому сторонники локальной природы квазаров в

качестве "квазарообразующих" генераторов рассматривают исключительно галактические ядра. Тем не менее, похоже, что ситуация еще сложнее, и квазары в локальной Вселенной формируются не только вследствие выбросов из ядер галактик, но также и без материнской галактики, причем при втором механизме формирования они образуются группами.

6. *Заключение*. Статистические исследования квазаров в областях трех скоплений галактик позволяют сделать следующие выводы:

а) Для квазаров из областей Virgo и Fornax, соответствующие скопления галактик в которых находятся примерно на одинаковом расстоянии, функция светимости имеет почти одну и ту же квазигауссовскую форму, с ярко выраженным максимумом на $17^m.9 + 18^m.3$.

б) Для области скопления Coma, в направлении которого находится более далекое скопление A1656, функция светимости квазаров перемещается в сторону более слабых объектов, показывая при этом максимум на 21^m.

в) При космологическом происхождении квазаров функции светимости этих объектов не должны были быть чувствительны к расстоянию скоплений галактик. Положительная корреляция среднего и наиболее вероятного значений звездных величин квазаров с расстоянием скоплений галактик, в областях которых они наблюдаются, может быть объяснена лишь как следствие принадлежности этих квазаров скоплениям галактик.

г) Основная часть квазаров второго поколения рождается с незначительным разбросом светимостей. Для квазаров из области скопления галактик Virgo эта стандартная светимость составляет $M = -12^m.8 \pm 0^m.7$, что соответствует светимости карликовых галактик, являющихся самой многочисленной подсистемой скопления. Из этого следует, что в настоящее время в скоплениях галактик продолжается формирование карликовых галактик.

д) Существуют очаги "квазарообразования" или квазарные ассоциации, которые в иерархическом классе галактик играют ту же роль, что звездные ассоциации в мире звезд. В таких очагах формируется сразу достаточно большое количество квазаров, которые в дальнейшем могут формировать группу или скопление галактик.

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

QUASARS IN THE AREAS OF RICH CLUSTERS OF GALAXIES

H.A.HARUTYUNIAN, E.H.NIKOGOSSIAN

Some properties of quasars' samples observed in the areas of three rich clusters of galaxies are investigated. It is shown that the quasar luminosity functions composed for the quasars from Virgo and Fornax areas are very similar to each other and show sharp maxima at magnitudes $18^m.0 \div 18^m.3$. The luminosity function for the quasars in the Coma (A1656) cluster area is shifted to the fainter magnitudes and has a maximum near the magnitude 21^m. This effect is interpreted as an evidence for the majority of quasars to belong to the corresponding clusters of galaxies. The absolute magnitudes of quasars are estimated and shown to be equal in average to -13^m which is typical for low luminosity dwarf galaxies. A hypothesis is suggested that the formation of "local" quasars takes place in two different ways – both due to an ejection from galactic nuclei and directly from a pre-stellar matter in "quasar associations" without any maternal galaxy.

ЛИТЕРАТУРА

1. *G.Burbidge*, Astron. Astrophys., **309**, 9, 1996.
2. *Г.А.Арутюнян*, Астрофизика, **41**, 217, 1998.
3. *H.A.Harutyunian*, Active Galactic Nuclei and Related Phenomena, eds. Ye.Terzian, D.Weedman, E.Khachikian, ASP Publ., 422, 1999.
4. *А.Ф.Дравских, З.В.Дравских*, Астрон. ж., **73**, 19, 1996.
5. *R.S.Bogart, R.V.Wagoner*, Astrophys. J., **181**, 609, 1973.
6. *D.H.Roberts, S.L.O'Dell, G.R.Burbidge*, Astrophys. J., **216**, 227, 1977.
7. *D.H.Roberts, S.L.O'Dell*, Astron. Astrophys., **76**, 254, 1979.
8. *J. Sulentic*, Physics Lett. A, **131**, 227, 1988.
9. *X.-F.Zhu, Y.-Q.Chu*, Astron. Astrophys., **297**, 300, 1995.
10. *M.-P.Veron-Cetty, P.Veron*, A Catalogue of Quasars and Active Nuclei, ESO, 1996.
11. *A.K.Kembhavi, J.V.Narlikar*, Quasars and Active Galactic Nuclei, Cambrdge Univ. Press, 1999.
12. *D.Tytler*, Quasars and Cosmology, ASP Conf. Series, **162**, 449, 1999.
13. *M.J.West*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **268**, 79, 1994.
14. *S.L.W.McMillan, M.P.Kowalski, M.P.Ulmer*, Astrophys. J. Suppl., Ser **70**, 723, 1989.
15. *D.A.Buote, C.R.Canizares*, Astrophys. J., **400**, 385, 1992.
16. *H.C.Arp, G.Burbidge*, Astrophys. J. Lett., **353**, L1, 1990.