АСТРОФИЗИКА

ТОМ 57 НОЯБРЬ, 2014 ВЫПУСК 4

# МОЖНО ЛИ НАЙТИ ПРИЗНАКИ ЭВОЛЮЦИИ АНОМАЛЬНОГО КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЕМ ГАЛАКТИК ОДНОГО СКОПЛЕНИЯ?

Г.А.АРУТЮНЯН, В.С.АРУТЮНЯН

Поступила 15 августа 2014

Мы составили список карликовых галактик - кандидатов в члены скопления в Деве. Исследована зависимость радиальных скоростей от звездной величины. Для частичной компенсации локальных скоростей вычислены средние значения радиальных скоростей для галактик с шагом в одну звездную величину. Несмотря на большую дисперсию скоростей, хорошо выслеживается тенденция уменьшения средней радиальной скорости с ослаблением галактик. Такая тенденция может быть интерпретирована исходя из гипотезы, что карликовые галактики быстрее эволюционируют в смысле подстраивания под масштабное изменение пространства вследствие ускоряющегося расширения последнего.

Ключевые слова: *галактики: скопление: аномальное красное смещение*

1. *Введение*. Возможность существования аномального красного смещения в спектрах галактик широко обсуждалась в связи со многими наблюдательными фактами (см., например, [1-2] и ссылки в них). Тем не менее вопрос не получил окончательного решения и пока остается открытым. Более того, большинство исследователей не принимает всерьез саму идею о существовании аномального красного смещения. Общепринято, что наблюдаемые смещения в спектрах галактик имеют чисто доплеровское происхождение и обусловлены совместным действием космологической и локальной (для данного объекта) скоростей.

С другой стороны, исследователи, которые являются приверженцами идей аномального красного смещения,считают, что со временем оно должно исчезнуть по определению, так как являясь признаком "молодости" излучающей материи, оно не должно существовать при ее "зрелом" возрасте. При более или менее последовательной трактовке этой концепции непременно должен быть исследован вопрос о скорости эволюции объектов различных классов. Понятно, что если даже существует некий механизм, ответственный за появление аномального красного смещения, нет причин считать, что у всех объектов эволюция физической причины его появления происходит с одинаковой скоростью.

Если, например, свойства материи с этой точки зрения определяются

степенью расширения пространства, что приводит к расширению обычной барионной материи, то, по-видимому, можно прийти к выводу, что эволюция маломассивных галактик должна произойти быстрее, чем эволюция их массивных сородичей. Такое заключение можно сделать на основе простых физических соображений, предложенных автором в предыдущих работах [3-4]. Исходным пунктом для данного заключения служит то обстоятельство, что маломассивные объекты легче следуют за расширением пространства, чем массивные, у которых мощное гравитационное поле замедляет расширение. Образно говоря, у массивных объектов должно наблюдаться своего рода вмораживание пространственного масштаба в веществе.

Так как в любом скоплении галактик имеются как гигантские, так и карликовые галактики, то имеет смысл попытаться сравнить средние значения красных смещений для различных типов галактик.

2. *Постановка задачи.* В современных теориях формирования галактик господствуют и чаще всего обсуждаются две принципиально разных интерпретаций происхождения карликовых галактик, которые нередко являются спутниками крупных галактик. Согласно первой интерпретации они являются космологическими подструктурами, состоящими из обычной барионной материи. Согласно данной точке зрения карликовые сфероидальные галактики считаются основным строительным материалом образования крупных галактик в иерархической космологической модели, основанной на, так называемой, гипотезе холодной темной материи. Другое объяснение основывается на механизме разрыва и фрагментации богатых газом приливных ветвей, выброшенных из взаимодействующих галактик при образовании иерархической структуры. В последнем случае они часто называются приливными карликовыми галактиками, и естественно ожидать, что они должны формировать галактические структуры, угловой момент которых коррелирует с моментами их материнских галактик.

В работе [5], например, исследованы системы спутников нашей Галактики и туманности Андромеды. Авторы считают, что существование приливных карликовых галактик не должно вызвать никаких сомнений, так как механизм их образования основывается на фундаментальных физических принципах. Изучая распределение карликовых спутников нашей Галактики, они с 99.5 процентной значимостью приходят к выводу, что изучаемые спутники составляют сильно сплюснутую систему, которая наклонена по отношению к галактической плоскости под углом 88 градусов. Примерно такая же картина наблюдается и в случае спутников туманности Андромеды, с той лишь разницей, что в этом случае плоскость галактик-спутников наклонена под углом 59 градусов.

В недавней работе [6] подводятся итоги современных знаний об упомянутых структурах в Местной группе галактик. Кроме галактик-

спутников изучают также систему остальных галактик Местной групы, на основе чего авторы находят две плоскости, в которых сконцентрированы галактики, не являюшиеся спутниками нашей Галактики или М31. Не останавливаясь на подробностях, заметим лишь, что обнаруженные структурные особенности свидетельствуют об исключительно малой вероятности реализации первого из двух выше описанных сценариев. Поэтому авторы приходят к выводу, что карликовые сфероиды формируются (формировались) вследствие фрагментации приливных ветвей галактик, благодаря приливным силам, действуюшим между крупными галактиками.

Мы рассматриваем все галактики как результат последовательных распадов и фрагментации более массивных объектов, что является развитием амбарцумяновской концепции образования космических объектов. Эта концепция, кроме остальных отличий от традиционных интерпретаций, основывается на том существенно важном предположении, что энергия распада не может быть передана извне, а содержится в самих объектах. Нет сомнения, что приливные эффекты как физический механизм могут существовать и иметь некоторое воздействие на процессы формирования, а в некоторых случаях даже иметь достаточно существенное влияние на формирование объектов, но источник энергии распада не может быть вне самого объекта. Правда, в первоначальной концепци Амбарцумяна не уточнен источник энергии. Чисто феноменологически этот механизм мог быть похожим на радиоакивный распад атомных ядер, который почти не изменяется под влиянием внешних неядерных воздействий. В качестве такого источника нами был предложен механизм, ответственным которого является ускоряюшееся расширение Вселенной, который считается универсальным и действует на всех масштабах, а не только на космологических расстояниях. Этот механизм постоянно совершает работу, увеличивая общую кинетическую энергию Вселенной.

Таким образом, считая, что формирование космических объектов происходит вследствие распада более массивных объектов или посредством выброса сгустков материи из них, непременно приходим к выводу, что некоторая часть карликовых галактик (и не только карликовых) может считаться объектами второго или последуюших поколений по сравнению с более массивными объектами. В таком сценарии формирование карликовых галактик продолжается и в настоящее время, и чем дальше, тем больше вероятность формирования маломассивных галактик. Процесс напоминает самопроизвольное деление атомных ядер или альфа (в более общем смысле - кластерный) распад. В работе [3] один из авторов получил формулу для расчета массы, которая может получить скорость отрыва от материнского объекта, если последний взаимодействует с, так называемой, темной энергией или, другими словами, подчиняется закону ускоряющегося

расширения. Она имеет форму

$$\Delta M_{ej} = k_* hM\Delta t, \qquad (1)$$

где $k_*$ - некоторый безразмерный коэффициент, зависящий от радиального распределения плотности в материнском объекте, $h$ - нормированное значение постоянной Хаббла, которое показывает прирост единицы длины за единицу времени, $M$ - масса материнского объекта, а $\Delta t$ - время накопления энергии внутри материнского объекта.

Сама формула (1), как нетрудно видеть, по конструкции очень напоминает соотошение, описывающее радиоактивный распад, хотя она получена на основе абсолютно непохожих рассуждений. Разница в том, что здесь определяется масса вещества, которая может безвозвратно покинуть материнский объект. Из формулы (1) следует, что со временем, когда масса материнского тела постепенно уменьшается вследствие рекуррентных выбросов материи(если нет процесса рождения или увеличения массы материнского объекта, который замещает потерянную массу), уменьшается также масса выброшенного сгустка материи за одинаковый период времени. Следует отметить, что в чисто эволюционном смысле объекты, которые выброшены из ядра галактики, в среднем, прошли меньший путь эволюции по сравнению с материнским и более массивными объектами, которые вследствие деления или выбросов были сформированы раньше. С другой стороны, если придерживаться идеям распадного формирования космических объектов, где главную движущую роль играет *не очень понятное, но фактически наблюдаемое явление* расширения пространства, то маломассивные галактики чисто статистически должны обладать меньшим красным смещением, чем более массивные сородичи того же возраста.

Любое скопление галактик состоит из объектов различных масс и может служить хорошей лабораторией для выявления корреляции других физических характеристик с массой. Имея разницу масс в 5-7 порядков между этими объектами, любая закономерность, если она есть, которая зависит от массы, должна проявляться достаточно четко. То же самое касается и зависимости красного смещения от массы, если она существует.

Правда, при этом возникает и другой вопрос, что связан с моментом образования галактик. Нет никаких доказательств об одновременности формирования всех галактик данного скопления, и этот вопрос требует отдельного рассмотрения. Его следует проанализировать, исходя из наших представлений об образовании галактик. С классической точки зрения карликовые галактики являются теми "кирпичиками", из чего вследствие слияний формируются более массивные галактики. Следовательно, карликовые галактики представляют собой тот класс объектов, которые прошли самый длинный эволюционный путь. Однако при классической трактовке ни длительность эволюции, ни масса объекта не влияют на спектральные

сдвиги (не считая, конечно, достаточно хорошо изученное красное смещение при наличии сильного гравитационного поля).

3. *Наблюдательный материал.* Нами была использована база данных SDSS, откуда мы отобрали галактики слабее тринадцатой величины в области скопления Девы, скорость которых отличается от скорости M87 не больше, чем на 1500км/с, а координаты по прямому восхождению и склонению отличаются от соответствующих координат M87 не больше 5°. В списке оказалось 317 объектов слабее 13-й величины в зеленом фильтре (g). Абсолютое большинство оставшихся в списке объектов являются карликовыми эллиптическими галактиками по определению SDSS.

Имея звездные величины и радиальные скорости, мы, как первое приближение, вычислили коэффициент корреляции между ними. Коэффициент равен -0.13, что по сути можно считать отсутствием корреляции. Однако следует учитывать то важное обстоятельство, что в данном случае большую роль играют локальные скорости, которые могут быть более или менее компенсированы, если будут использованы средние значения скоростей для интервалов звездных величин. Поэтому радиальные скорости галактик были усреднены для интервалов с шириной в одну звездную величину, начиная с 13-й величины. Результаты усреднения приведены в табл.1, где в первой колонке показан интервал звездных величин, во второй - количество галактик в данном интервале ($n_i$), в третьей - средняя скорость галактик ($\bar{v}$), в четвертой - стандартный разброс скоростей ($\sigma_v$), и в пятой - отношениеv $\bar{v}/\sigma_v$.

*Таблица 1*

ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕЙ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОТ СВЕТИМОСТИ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК СКОПЛЕНИЯ В ДЕВЕ

| $m_i - m_{i+1}$ | $n_i$ | $\bar{v}$ | $\sigma_v$ | $\bar{v}/\sigma_v$ |
|---|---|---|---|---|
| 13 - 14 | 10 | 1282 | 623 | 2.1 |
| 14 - 15 | 38 | 1211 | 631 | 1.9 |
| 15 - 16 | 55 | 1199 | 618 | 1.9 |
| 16 - 17 | 99 | 1059 | 721 | 1.5 |
| 17 - 18 | 87 | 902 | 812 | 1.1 |
| 18 - 19 | 12 | 479 | 829 | 0.6 |
| >19 | 15 | 1031 | 875 | 1.2 |

Данные таблицы показывают, что радиальные скорости галактик уменьшаются с ослаблением блеска галактик, хотя дисперсия скоростей во всех случаях достаточно большая. Тем не менее, тенденция уменьшения радиальной скорости с ослаблением блеска галактик кажется очевидной. Коэффициент корреляции между величинами в первом и третьем столбцах составляет -0.6, а если отбрасываются слабейшие галактики последней

строки, этот коэффициент увеличивается до -0.9. Таким образом, если считать, что галактики нашего списка принадлежат скоплению в Деве, то можно прийти к выводу, что средняя радиальная скорость тем меньше, чем ниже светимость галактики и, следовательно, чем меньше ее масса.

Мы исследовали также поведение средних величин, описывающих подвыборки галактик в зависимости от проецированного расстояния до центральной галактики M 87. С этой целью отдельно были рассмотрены галактики в концентрических кольцах с шириной 0.5 градуса вокруг галактики M 87. В табл.2 приведены количества $N$ в каждом кольце, средняя звездная величина $\overline{m}$ данной подвыборки, а ткже стандартный разброс звездных величин $\sigma_m$, средняя скорость $\overline{v}$ и разброс скоростей $\sigma_v$. Кроме этого, в последних четырех столбцах приведены количества ($N_I$ и $N_{II}$) и средние скорости галактик ($v_I$ и $v_{II}$) для галактик, радиальные скорости которых меньше (с индексом I) и больше (с индексом II) скорости M 87.

Как показывают данные из табл.2, средняя звездная величина не зависит от расстояния до центральной галактики. Однако средняя радиальная скорость, несмотря на достаточно большое значение разброса, показывает некоторую тенденцию роста с удалением от центральной галактики. В центральном круге проецированная плотность галактик выше, а средняя скорость явно имеет минимальное значение. Такая картина может быть интерпретирована, как квазисферическое распределение галактик нашей выборки, которые обладают явно выраженной радиальной компонентой скорости.

*Таблица 2*

## СРЕДНИЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И РАДИАЛЬНЫЕ СКОРОСТИ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК В КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ КОЛЬЦАХ ДЛЯ ДВУХ ПОДГРУПП (см. в тексте)

| | | $N$ | $\overline{m}$ | $\sigma_m$ | $\overline{v}$ | $\sigma_v$ | $N_I$ | $v_I$ | $N_{II}$ | $v_{II}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 0 - 0.5 | 11 | 16.4 | 0.9 | 640 | 751 | 9 | 388 | 2 | 1776 |
| 2 | 0.5 - 1 | 21 | 16.5 | 1.9 | 1086 | 963 | 12 | 419 | 9 | 1889 |
| 3 | 1 - 1.5 | 28 | 16.2 | 1.6 | 1070 | 877 | 13 | 316 | 15 | 1724 |
| 4 | 1.5 - 2 | 31 | 16.5 | 1.4 | 757 | 817 | 22 | 326 | 9 | 1810 |
| 5 | 2 - 2.5 | 21 | 17.2 | 2.0 | 883 | 634 | 13 | 493 | 8 | 1048 |
| 6 | 2.5 - 3 | 30 | 16.5 | 1.9 | 808 | 647 | 21 | 494 | 9 | 1543 |
| 7 | 3 - 3.5 | 31 | 16.6 | 1.6 | 903 | 810 | 20 | 424 | 11 | 1776 |
| 8 | 3.5 - 4 | 32 | 16.7 | 1.7 | 972 | 671 | 22 | 671 | 10 | 1635 |
| 9 | 4 - 4.5 | 23 | 16.6 | 1.9 | 1212 | 449 | 13 | 890 | 10 | 1663 |
| 10 | 4.5 - 5 | 20 | 16.7 | 1.5 | 1212 | 706 | 9 | 646 | 11 | 1675 |
| 11 | 5 - 5.5 | 20 | 16.2 | 1.1 | 1144 | 399 | 11 | 868 | 9 | 1481 |
| 12 | 5.5 - 6 | 15 | 15.8 | 1.1 | 1101 | 391 | 11 | 851 | 4 | 1788 |
| 13 | >6 | 34 | 17.0 | 2.0 | 1596 | 673 | 15 | 928 | 19 | 2123 |

Здесь следует обратить особое внимание также на данные, приведенные в столбцах (8)-(11). В центральном круге наблюдается большой перевес количества галактик, радиальные скорости которых меньше скорости М 87. Эта тенденция в среднем продолжается до расстояния 4 градусов от центральной галактики.В данной области из 202 галактик 132 имеют скорости, которые меньше скорости М 87. После этого расстояния картина не так очевидна. При этом средняя звездная величина для данных выборок почти не меняется.

4. *Заключительные замечания*. Полученные результаты свидетельствуют о двух тенденциях. Во-первых, отчетливо выслеживается корреляция между двумя величинами - радиальными скоростями галактик и их светимостью: чем слабее галактики, тем меньше их радиальные скорости. С другой стороны, примерно 2/3 исследуемых галактик имеют меньшую радиальную скорость, чем центральная галактика М 87. Вторая особенность лучше проявляется для галактик, проецированное расстояние которых от М 87 меньше 4-х градусов, и наиболее ярко выражена для галактик, находяшихся в самом центре скопления. Такое поведение может быть объяснено, если предположим, что скопление радиально расширяется, а слабые галактики, которые имеют большую скорость, чем центральная галактика, находятся на большем расстоянии. Вследствие этого появляются селекционные эффекты, что затрудняет обнаружение галактик с большими скоростями. Такое же заключение было сделано в работе [7] на основе изучения всех галактик этого же скопления. В любом случае, наиболее существенным заключением здесь является, что в скоплении мы наблюдаем радиальное расширение галактик, в том числе, карликовых.

Что касается первой тенденции, то она, по-видимому, имеет более глубинный характер. Она может быть объяснена, если исходить из гипотозы, что маломассивные галактики легче подчияются закону расширения пространства, чем более массивные. Образно говоря, в последних пространственный масштаб, вмороженный в вещество, сохраняется большим гравитационным полем и поэтому труднее теряет аномальное красное смешение. Очевидно, что это всего лишь предварительное заключение, и для более серьезных выводов следует исследовать как другие скопления, так и вообще большие выборки карликовых галактик.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: hhayk_ast@yahoo.com

# IS IT POSSIBLE TO FIND SIGNS OF ANOMALOUS REDSHIFTS STUDYING GALAXIES OF A SINGLE CLUSTER?

H.A.HARUTYUNIAN, V.S.HARUTYUNYAN

We have compiled a list of dwarf galaxies - probable members of the cluster in the Virgo. The dependence of radial speeds on stellar magnitudes is studied. For the partial compensation of local velocities average values of radial speeds of galaxies have been determined for subsamples within one stellar magnitude. In spite of rather big dispersion of velocities sharp decrease of radial speeds with the weakening of galaxies is traced. This tendency might be interpreted as a result of more rapid evolution of dwarf galaxies in the sense of adjusting to the scale change of the space due to its accelerated expansion.

Key words: *galaxies: cluster: anomalous redshift*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *H.Arp*, "SeeingRed", Apeiron, Montreal, 1998.
2. *H.Arp*, "Catalog of Discordant Redshift Associations," Apeiron, Montreal, 2003.
3. *Г.А.Арутюнян*, Астрофизика, **53**, 341, 2010.
4. *Г.А.Арутюнян*, Астрофизика, **54**, 323, 2011.
5. *M.Metz, P.Kroupa, H.Jerjen*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **374**, 1125, 2007.
6. *M.S.Pawlowski, P.Kroupa, H.Jerjen*, astro-ph, 1307.6210v1, 2013.
7. *Г.А.Арутюнян*, Астрофизика, **51**, 341, 2010.