

Об эволюции углового размера галактик

(02.08.2010, откорректировано 10.09.2010)

Аннотация

В статье анализируются модели эволюции наблюдаемого углового размера галактик во Вселенной в зависимости от величины красного смещения. Показано, что космологическая модель, альтернативная к общепринятой стандартной модели, позволяет получить качественное совпадение с данными эксперимента при условии, что поперечный размер галактики эволюционирует по тому же закону, что и радиальное расстояние до нее.

1. Введение

Как известно, зависимость углового размера галактик от величины их красного смещения рассматривается как важный тест для космологических теорий. В недавно появившейся публикации [**Lopez-Corredoira, 2010**] ее автор исследует эту зависимость на большом статистическом материале (при расчетах светимость галактик приводится к унифицированным условиям). Полученные при обработке данные сравниваются с предсказаниями пяти различных космологических моделей. По оценке автора, наблюдаемый в действительности угловой размер галактик примерно *обратно пропорционален* величине красного смещения (рис. 1), тогда как стандартная космологическая модель – СКМ (синяя кривая) плохо соответствует полученным результатам.

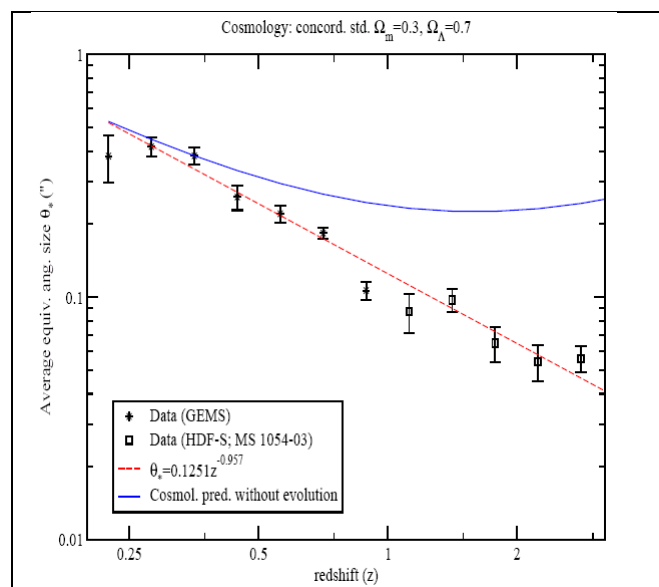


Рисунок 1 [**Lopez-Corredoira, 2010**]

Расчетные и экспериментальная зависимости усредненного углового размера галактик от красного смещения из работы.

Ниже предпринимается попытка показать соответствие экспериментальных результатов другой космологической модели [**Шульман, 2007a**], развиваемой с

1993 года и условно именуемой Теорией Шаровой Расширяющейся Вселенной (ТШРВ).

2. Расстояния и углы в космологии

Для расширяющейся со временем Вселенной понятие расстояния можно ввести, как известно, различными способами. Уподобим двумерный аналог Вселенной раздувающейся оболочке воздушного шара, на которую нанесена сеть координат, например – в виде параллелей и меридианов. Расстояния между координатными линиями растут, однако сама сетка отвечает некоторой безразмерной системе координат. Например, если мы нанесли на поверхности нашего шара-глобуса 10 меридианов, то они при любом текущем радиусе шара делят экватор (и любую параллель) на 10 одинаковых отрезков. Длина, измеряемая в этих отрезках, называется *сопутствующим координатным расстоянием* (comoving distance coordinate) L_{comov} . С другой стороны, физически эта длина, разумеется, изменяется с ростом радиуса шара, и определяет метрическое (физическое) расстояние L_{metr} . Понятно, что переход от одного вида расстояния к другому осуществляется с помощью масштабного фактора $a(t)$ – текущего радиуса шара:

$$L_{metr} = a(t) L_{comov}$$

В современную эпоху $a(t_0)=1$, в более ранние моменты эволюции Вселенной $0 < a(t) < 1$.

Измерение угловых размеров объектов во Вселенной требует учета как минимум двух обстоятельств. Во-первых, мы видим удаленные объекты не такими, которыми они являются сейчас, а такими, какими они были в момент испускания регистрируемых нами (сейчас) фотонов. Во-вторых, ход световых лучей зависит от типа пространственной геометрии Вселенной.

Обратимся сначала ко второму обстоятельству. Отличием ТШРВ от СКМ является тот факт, что в ней Вселенной приписывается сферический тип метрики (закрытая модель геометрии). Рассмотрим рис. 2. Окружность с радиусом R и центром в точке O воспроизводит упрощенное представление сферической Вселенной. Наблюдатель расположен в точке A , галактика – в точке D , где $BD=r$ – радиус малой окружности. Угол Ω соответствует (поперечному) размеру галактики $d=CE \approx \Omega \cdot BD = \Omega \cdot r$, где отрезок CE перпендикулярен плоскости чертежа и радиальному сопутствующему расстоянию AD .

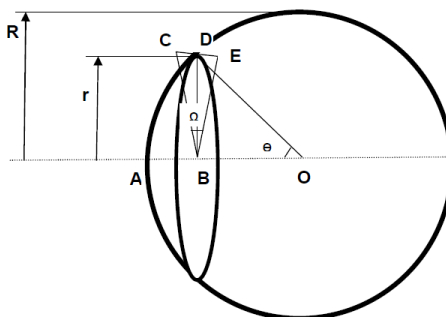


Рисунок 2. Связь между углом и расстоянием на сферической поверхности

Итак, для области, обладающей сферической геометрией, соотношение между поперечным размером галактики d и ее угловым размером для наблюдателя в точке A записывается в виде

$$d \approx a R \sin(r/R) \Omega = R \sin(r/R) \Omega / (1+z)$$

На рис. 1 радиальному сопутствующему расстоянию от наблюдателя до галактики соответствует угол Θ , для которого $\sin \Theta = r/R$. Важно заметить, что *этот угол также является функцией величины красного смещения z* .

Теперь следует в *полной* мере учесть первое обстоятельство – эволюцию размеров Вселенной от момента излучения галактикой фотонов до момента их регистрации современным наблюдателем на Земле. Фактически мы уже учли эволюцию *радиального* метрического расстояния между галактикой и наблюдателем, введя множитель $a(z)$ в *правую* часть вышеприведенного соотношения. Остается учесть зависимость $\Theta(z)$, а также однозначным образом уточнить, что происходит с *поперечным* размером d галактики в левой части. Целесообразно рассмотреть два варианта:

- Поперечный размер галактики остается неизменным, увеличивается только радиальное расстояние между галактиками (т.е. процесс расширения Вселенной проявляется только в крупном масштабе, не затрагивая эволюцию размера галактик).
- Поперечный размер галактики увеличивается так же, как и радиальное расстояние между галактиками (процесс расширения Вселенной проявляется одинаковым образом на любых масштабах).

3. Предсказания ТШРВ

Прежде всего, укажем, что в ТШРВ имеется простая аналитическая связь между углом Θ , отвечающим радиальному сопутствующему расстоянию от наблюдателя до галактики, и величиной красного смещения z (см. [Шульман и Рэффел, 2008]):

$$\Theta(z) = \ln(1+z)$$

Поэтому для модели с *неизменным* поперечным размером галактики находим:

$$\Omega_{\text{const}}(z) \approx d/[a(z) R \sin \Theta(z)] = (1+z) d / R \sin[\ln(1+z)]$$

При малых z имеем

$$\Omega_{\text{const}}(z) \approx (1+z)*d/[R \sin(z)] \approx (1+z)d/(Rz) = \text{const} * (1+z)/z.$$

С другой стороны, для модели с поперечным размером, *эволюционирующим точно так же*, как и радиальное расстояние, множитель $a = 1/(z+1)$ появляется перед *обеими* этими величинами и поэтому в конечном счете сокращается, так что в этом случае имеем:

$$\Omega_{\text{var}}(z) \approx a(z) d / [a(z) R \sin \Theta(z)] = d / R \sin[\ln(1+z)]$$

При малых z имеем

$$\Omega_{\text{var}}(z) \approx d/[R \sin(z)] \approx d/(Rz) = \text{const} / z.$$

Как легко видеть, во втором случае при малых z мы приходим к качественному совпадению с данными экспериментов, полученными в работе [Lopez-Corredoira, 2010].

На рис. 3 приведены данные точных расчетов в сравнении с аппроксимирующей зависимостью $\Omega(z) \sim 1/z$ (зеленая кривая). Красная кривая (для модели с неизменным поперечным метрическим размером галактики) явно расходится с зеленой кривой уже при z , близких к 1. С другой стороны, синяя кривая и качественно, и количественно гораздо ближе к зеленой, и лишь при $z > 4$ начинает очень медленно расти.

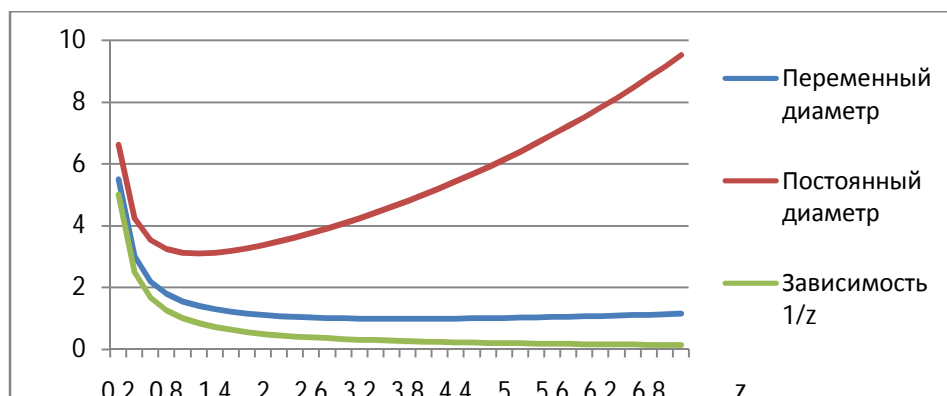


Рисунок 3

Расчетные и аппроксимирующая эксперимент (зеленая линия) зависимости углового размера галактик от красного смещения z для моделей ТШРВ с постоянным (красная линия) и эволюционирующим (синяя линия) поперечным размером галактики.

4. Заключение

Таким образом, ТШРВ позволяет получить достаточно сходное с данными эксперимента описание зависимости углового размера галактик от величины красного смещения. Этот вывод, однако, жестко связан с предположением, что поперечный размер галактик эволюционирует при расширении Вселенной точно так же, как и радиальное расстояние до них.

В литературе можно встретить различные суждения относительно эволюции поперечных размеров астрофизических объектов (см., например, [Lee, 2009]), иногда даже в пределах одной и той же монографии. Так, автор [Longair, 2008] в параграфе 5.4 пишет (перевод М.Х.Ш.):

Собственные расстояния, перпендикулярные линии взгляда, также должны изменяться в соответствии с масштабным множителем a между моментами времени t и t_0 в силу изотропии и однородности модели мира...

Однако в параграфе 7.4.4 он уподобляет галактики линейкам с фиксированным размером ("rigid rods") и приводит формулы для определения углового размера, основанные именно на этом предположении.

Авторы научно-популярной статьи [Линевивер и Дэвис, 2005] специально останавливаются на этом вопросе и аргументируют неизменность размера галактик тем, что при изменении расстояний внутри них (и других локальных систем) нарушается баланс сил тяготения, поэтому возникает тенденция к восстановлению первоначальных расстояний. Для СКМ этот довод кажется оправданным: сила тяготения между любыми двумя массами m_1 и m_2 действительно пропорциональна R^{-2} , где R – расстояние между ними. Однако в

ТШРВ данное утверждение *неверно*, поскольку в ней одновременно с этим пропорционально R растет также и каждая масса, так что в конечном счете сила притяжения $F = Gm_1m_2/R^2$ остается неизменной, т.е. баланс сил при расширении Вселенной не нарушается.

Необходимо также отметить следующее. В §2 главы 15 известной монографии [Weinberg, 1972] ее автор пишет, что если верить полученным из наблюдений значениям “параметра замедления” и постоянной Хаббла, то с необходимостью получается, что плотность Вселенной около $2\rho_{кр}$. Но в ТШРВ выводится именно такое ($\rho = 2\rho_{кр}$) соотношение между фактической и критической плотностями!

Добавим, что ТШРВ позволяет сделать и ряд других астрофизических предсказаний, согласующихся с данными наблюдений не хуже, а зачастую и значительно лучше, чем предсказания СКМ ([Шульман, 2007а, 2007б], [Шульман и Рэффел, 2008], [Рэффел и Шульман, 2010]).

Ссылки:

[Lee, 2009] Jae-Weon Lee. Are galaxies extending? arXiv:0805.2877v4 [astro-ph] 1 Oct 2009.

[Lopez-Corredoira, 2010] Lopez-Corredoira M. Angular size test on the expansion of the Universe. arXiv:1002.0525v1 [astro-ph.CO] 2 Feb 2010. Реферат на русском языке “Угловой размер как тест расширения Вселенной” доступен по ссылке:

www.timeorigin21.narod.ru/rus_translation/Galaxies_angle_size.pdf

[Longair, 2008] Malcolm S. Longair. Galaxy Formation. Second Edition. 2008. Springer-Verlag.

[Weinberg, 1972] Weinberg S., Gravitation and Cosmology: Principles and applications of the General Theory of Relativity, John Wiley and Sons, Inc., 1972. Русский перевод: Вейнберг С. Гравитация и космология: принципы и приложения общей теории относительности. М, “Мир”, 1975.

[Линевивер и Дэвис, 2005] Ч. Линевивер и Т. Дэвис. Парадоксы Большого Взрыва. “В мире науки”, М., 2005. Доступно по ссылке:

<http://www.sciam.ru/article/2629/>

[Шульман, 2007а] Шульман М.Х. Космология: новый подход. Доступно по ссылке:

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/New_approach.pdf

[Шульман, 2007б] Шульман М.Х. О проблеме пониженной светимости сверхновых. 2007. Доступно по ссылке:

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/svetimost.pdf

[Шульман и Рэффел, 2008] Шульман М.Х., Рэффел Г. О феномене старейших реликтовых фотонов. 2008. Доступно по ссылке:

http://timeorigin21.narod.ru/rus_time/Oldest_photons_rus.pdf

[Рэффел и Шульман, 2010] Рэффел Г., Шульман М.Х. О распределении галактик в зависимости от величины красного смещения. 2010. Доступно по ссылке:

http://timeorigin21.narod.ru/rus_time/Galaxy_distr_rus.pdf