

Нижегородский научно-исследовательский радиофизический институт
Государственного комитета РФ по высшему образованию

П р е п р и н т № 380

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА
РЕЛЯТИВИСТСКОЙ КОСМОЛОГИИ,
УКАЗЫВАЮЩАЯ НА ГРАВИТАЦИОННУЮ ПРИРОДУ
КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ

В.С.Троицкий

Нижегород, 1994

Т р о и ц к и й В. С.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РЕЛЯТИВИСТСКОЙ КОСМОЛОГИИ,
УКАЗЫВАЮЩАЯ НА ГРАВИТАЦИОННУЮ ПРИРОДУ КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ//Препринт
№ 380. - Нижний Новгород: НИРФИ, 1994. - 21 с.

Проведено сопоставление регрессионных зависимостей видимой светимости $m(z)$, углового размера $lg \theta(z)$ и видимой поверхностной яркости $\mu(z)$, полученных для 12000 галактик и всех известных 4000 квазаров с аналогичными функциями, предсказываемыми в стандартной космологии. В результате экспериментально определена зависимость красного смещения галактик и квазаров от их расстояния, оказывающаяся равной $R = R_0 \sqrt{z}$ как по данным $m(z)$, так и по независимым данным $lg \theta(z)$, что резко противоречит теоретической квазилинейной зависимости в стандартной космологии. Полученная эмпирическая зависимость красного смещения от расстояния хорошо объясняется гравитационной природой красного смещения в модели статической Вселенной с равномерной плотностью вещества. Получена оценка размера Метагалактики, равная при $z = 1$ около 850 мегапарсек, что в 3-4 раза меньше принятого в стандартной космологии. Экспериментальные данные показывают независимость от красного смещения средних статистических величин абсолютной светимости, размеров и поверхностной яркости галактик и квазаров. Делается вывод о несостоятельности стандартной космологии.

Подписано в печать 4.02.94 Формат 60x84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Объем 0,95 усл. пл.
Заказ 5360 Тираж 100.

Отпечатано на ротативе НИРФИ.

I. ВВЕДЕНИЕ

Полвека назад для проверки космологической теории предложены ряд тестов, которые основаны на сравнении выводов теории с астрофизическими наблюдениями. К последним относится зависимость от красного смещения видимой светимости, углового размера и поверхностной яркости галактик и квазаров. В стандартной космологии и видимая светимость или, иначе, освещенность определяется следующими формулами в физических и звездных величинах:

$$E(z) = \frac{L(z)}{R^2(z, q_0) (z + 1)^2}, \quad (I)$$

$$m(z) = -2,5 \lg E(z) = 5 \lg \psi(z, q_0) + 5 \lg R_0 + M(z) - 5.$$

Здесь z — красное смещение пропорциональное удалению галактики, $m(z)$ — видимая светимость в звездных величинах, $L(z)$ — функция эволюции абсолютной светимости галактик в Вт/ср или в звездных величинах, $M(z) = -2,5 \lg L(z) \cdot 10^{-2}$, $R(z, q_0) = R_0 \psi(z, q_0)$ — теоретическое выражение зависимости метрического расстояния до галактик от их красного смещения, причем $R_0 = cH_0^{-1}$ — расстояние до горизонта видимости Вселенной и $\psi(z, q_0) = (z + 1)^{-1} q_0^{-1} [z + (q_0 - 1)q_0^{-1} (\sqrt{2q_0 z + 1} - 1)]$, где q_0 — параметр замедления расширения Вселенной, определяющий тип модели: при $q_0 > 1/2$ — закрытая модель положительной кривизны, при $0 \leq q_0 \leq 1/2$ — открытая отрицательной кривизны, при $q_0 = 1/2$ — модель нулевой кривизны.

Видимый угловой размер галактик в теории определяется выражением

$$\theta(z) = l(z) / (R(z, q_0)(z + 1)^{-1}), \quad (2)$$

где $l(z)$ — метрический размер галактик.

Наконец, видимая средняя по диску галактик поверхностная яркость равна $E(z) / \frac{\pi}{4} \theta''^2(z)$ и выражается в звездных величинах на квадратную секунду дуги:

$$\mu(z) = -2,51 \lg E / \frac{\pi}{4} \theta''^2 = -2,51 \lg I(z) + 10 \lg(z+1) + 26,5, \quad (3)$$

где $I(z) = L(z) / \frac{\pi}{4} l^2(z)$ — средняя по диску яркость в Вт/м² х ср, а $\theta'' = \theta \cdot 2,06 \cdot 10^5$.

Существенно, что приведенные уравнения определяются с помощью законов из разных областей физики. Так для светимости $E(z)$ используется известный физический закон зависимости освещенности обратно пропорционально квадрату расстояния. В этом же выражении величина $(z+1)^2$ появляется благодаря гипотезе о доплеровской природе красного смещения, а в выражении для $\theta(z)$ член $(z+1)^{-1}$ обязан гипотезе расширения пространства. Функции эволюции $I(z)$ и $l(z)$ также не определяются космологической теорией и должны быть найдены из других теорий или измерены прямыми методами. Наконец, только выражение для расстояния $R(z, q_0)$ вытекает из космологического уравнения Эйнштейна и решения Фридмана или в Ньютонской космологии из закона тяготения. Таким образом, верификация собственно космологической теории сводится к определению из наблюдений функции $R(z, q_0)$. Для этого были предложены два, ставшие классическими, теста: метод стандартной свечи и стандартной линейки. В первом случае измеряется зависимость $E(z)$ для ансамбля галактик, имеющих одинаковую абсолютную светимость. Во втором случае измеряется $\theta(z)$ для выборки галактик, имеющих одинаковые линейные размеры l_0 . Сравнивая полученные таким образом экспериментальные зависимости с теоретическими $E(z)$ и $\theta(z)$ при $L = \text{const}$ и $l = \text{const}$, можно определить $R(z, q_0)$ и найти параметр кривизны q_0 .

В 1961 г. Сэндидж /1/ впервые использовал $m(z)$ -тест, пытаясь определить q_0 . Для этого им отбирались ярчайшие галактики скоплений, светимость которых он считал одинаковой. Этими исследованиями было показано, что экспериментальные и теоретические $m(z)$ -зависимости хорошо согласуются в интервале $0 < z \leq 0,5$,

имея одинаковый наклон $dm/d \lg z = 5$ для всех моделей. Это рассматривалось как подтверждение теории релятивистской космологии. Однако определить кривизну пространства не удалось из-за разброса данных m , который превышал в несколько раз небольшие различия в теоретических $m(z, q_0)$ кривых. В последующих измерениях по методу стандартной свечи также не были получены определенные данные для q_0 . Недавняя попытка Вамплера 1988 /2/ получить определенный результат для q_0 с помощью привлечения квазаров со смещением $z \approx 3$, при котором различия теоретических $m(z, q_0)$ кривых моделей наибольшие, также привела лишь к оценке $0,5 < q_0 \leq 3$.

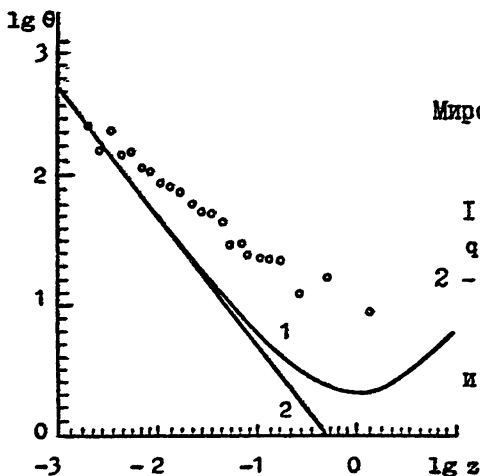
Наиболее определенным оказался тест $\theta(z)$, предложенный Хойлом /3/. В качестве стандартного размера использовалось расстояние между центрами двойных ярчайших радиогалактик и радиокварзаров. При этом в работах ряда авторов (Легг 1970 /4/, Вардл, Миллей 1974 /5/, Капахи 1987 /6/, Копапал-Кришна, Кулкорни 1992 /7/) по небольшим ансамблям данных получена зависимость

$$\theta(z) = l_0 / R_0 z, \quad 10^{-2} \leq z \leq 3, \quad (4)$$

l_0 - эквивалентный неизменный размер между двумя составляющими и двойных систем. Такой же результат был получен Сэндиджем (1972 /8/), но уже для одиночных ярчайших эллиптических галактик скоплений по оптическим изофотным измерениям их углового размера. Недавно выполнено измерение $\theta(z)$ в СВЧ диапазоне, используя в качестве "стандартной линейки" размер джетов в компактных ядрах галактик (Келларман 1992 /9/). Эти данные соответствуют зависимости $\theta(z) \propto (z + 1) / z$.

На рис. I приведена полученная Капахи зависимость (4) в сравнении с теоретической кривой, рассчитанной при $l(z) = l_0 = \text{const}$ для закрытой $q_0 = 1$ модели. Как видно, теория при $l(z) = \text{const}$ не согласуется с экспериментом даже качественно, что в настоящее время объясняется эволюцией размеров галактик $l(z) \sim 1/z$. Сравнивая экспериментальную $\theta(z)$ -функцию (4) с теоретической (2) для закрытой модели, для которой $R(z, 1) = R_0 z / (z + 1)$, получим следующее выражение гипотетической эволюции размеров:

$$l(z) = l_0 / (z + 1)^2, \quad 10^{-3} \leq z \leq 3. \quad (5)$$



Мировая регрессионная зависимость
углового размера

2600 галактик (кружки).

1 - теоретическая зависимость

$q_0 = I, l(z) = \text{const}$,

2 - экспериментальная зависимость
для 200 ярчайших двойных
радиогалактик

и 300 квазаров (Капахи /6/).

Р и с. I

Как видно, задача определения кривизны пространства через измерение q_0 обоими тестами не состоялась. Такой вывод следовал Бербидж в своем недавнем обзоре 1989 /8/. обстоятельное изложение этих и других исследований приведено в обзоре Барышева 1992 /10/. Причиной неудачи, по нашему мнению, является игнорирование статистической природы абсолютной светимости и, вследствие этого, невозможность реализовать набор стандартных по светимости и размерам галактик. Выбрать ансамбль галактик стандартной абсолютной светимости из ярчайших галактик в скоплениях галактик вероятно так же невозможно, как собрать команду стандартных по силе людей, выбирая сильнейших из населения различных городов. Продолжающаяся до сих пор попытка использовать метод стандартной свечи и размера представляются как попытки борьбы со статистической природой явления. В действительности данные $m(z)$, $lg \theta(z)$, $\mu(z)$ при каждом z являются случайными величинами, распределенными, как показано в ряде работ, по нормальному закону /11/ со среднеквадратичным отклонением $\sigma(m) = I^m$, $\sigma(lg \theta) = 0,2(\text{см.}, \text{например}, /8, 12/)$. Если на графике $m(z)$ или $lg \theta(z)$ изобразить все известные данные, то они займут полосу $\pm 3 \sigma(m) = \pm 3^m$ и $\pm 3 \sigma(lg \theta) = \pm 0,6$. Ясно, что практикуемые сейчас небольшие выборки из этого массива, ограниченные по z , m или $lg \theta$, могут дать анотичес-

кий вид функций $\bar{m}(z)$, $\bar{\theta}(z)$, $\bar{\mu}(z)$, а отсюда неприменимые ко всей Вселенной выводы. Отказ от указанных методов неизбежен. Нужно искать осуществимые методы и стандарты. К ним может быть отнесена статистическая (средняя) абсолютная светимость $M(z)$. Она легко и надежно реализуется путем использования среднего значения $m(z)$ из статистически представительного числа объектов при данном z . В этом случае получается построение $\bar{m}(z)$ -, $\lg \bar{\theta}(z)$ - или $\bar{\mu}(z)$ -зависимостей по источникам, находящимся строго на вершине гауссовой кривизны распределения, а не на ее крыле, как в случае выбора в качестве стандарта ярчайших объектов, положение которых на кривой распределения не может быть обеспечено одинаковым. Итак, единственно стабильной, не зависящей от произвола исследователя характеристикой Вселенной в целом будут регрессивные функции и случайных процессов $m(z)$, $\theta(z)$ и $\mu(z)$, определяемые по всем известным в настоящее время данным без специального их отбора. Эти данные должны быть статистически представительными, что тоже определяется их количеством, полнотой обзоров, охватом всех направлений в пространстве и всех типов галактик и т.п.

В силу сказанного, для решения задачи проверки истинности стандартной космологии необходимо использовать статистические $\bar{m}(z)$ -, $\lg \bar{\theta}(z)$ - и $\bar{\mu}(z)$ -зависимости, характеризующие Вселенную как единую систему.

Осуществление такого подхода началось с работ /12, 13/, в результате которых была получена статистическая зависимость $\bar{m}(z)$ по данным для 1100 галактик и всех известных к настоящему времени (около 3500) квазаров. Обнаружено, что статистическая $\bar{m}(z)$ -кривая квазаров совпадает с $\bar{m}(z)$ -кривой галактик в общей части смещений z , образуя единую непрерывную кривую в диапазоне смещений $10^{-3} \leq z \leq 4,7$. Эта зависимость удовлетворительно описывается в физических или звездных величинах функциями

$$\bar{E} = \frac{L_0(z+1)^{3,2}}{R_0 z^2}, \quad \bar{m}(z) = 5 \lg z - 8 \lg(z+1) + 21,5. \quad (6)$$

Сравнивая (6) с (1) видно, что $\bar{m}(z)$ -зависимость резко не согласуется с соответствующей теоретической зависимостью стандартной космологии при отсутствии эволюции светимости $M = M_0 = \text{const}$. Рас-

хождение исключается, если предположить существование эволюции абсолютной светимости. Гипотетическая эволюция, спасающая теорию, находится из сравнения (1) и (5), что дает

$$L(z) = L_0(z + 1)^{3/2}, \quad M(z) = M_0 - 8 \lg(z+1), \quad 10^{-3} \leq z \leq 4,5. \quad (7)$$

Теперь, чтобы проверить справедливость теории, достаточно определить, независимым от теории способом, существует ли в действительности требуемая для спасения теории эволюция светимости (7) и размеров (5) галактик. Такие способы для больших расстояний пока не могут осуществиться. В результате наблюдательная проверка стандартной космологии оказалась в тушковом состоянии, которое длится уже два десятка лет.

Для решения проблемы существования предсказываемой эволюции и в нашей работе /14/ предложено верифицировать не сами гипотетические функции эволюции $l(z)$ и $L(z)$, а их связь, получаемую из обоих уравнений: (5) и (7). Исключая из них $(z + 1)$, получим статистическую связь (корреляцию) функции средней светимости $L(z)$ и размеров $l(z)$ галактик, предсказываемую стандартной космологией в виде

$$\frac{l(z)}{l_0} = \left(\frac{L(z)}{L_0} \right)^{-0,63}, \quad 10^{-3} \leq z \leq 4,5. \quad (8)$$

Имеющиеся экспериментальные данные, общий анализ которых приведен в работе автора /14/, показывают, что для галактик в диапазоне $10^{-3} \leq z \leq 0,5$ имеет место статистическая зависимость

$$\frac{l(z)}{l_0} \approx \left(\frac{L(z)}{L_0} \right)^{0,45}. \quad (9)$$

Итак, в действительности функции эволюции светимости и размеров галактик взаимно пропорциональны, а обратная пропорциональность, предсказываемая теорией, не имеет места. Действительно, предположим, что эволюция светимости в виде $L(z) = L_0(z + 1)^{3,2}$, сог-

двуская теория с наблюдениями $\bar{m}(z)$, имеет место, тогда, согласно (9), неизбежна эволюция $l(z) = l_0(z+1)^{1,5}$, а не (5). При этом видимый угловой размер для $q_0 = 1$, согласно (2), будет $\theta(z) = l_0(z+1)^{3,5}/R_0 z$, что противоречит наблюдаемой зависимости (4). Если теперь принять эволюцию $l(z) = l_0(z+1)^{-2}$, которая согласует теорию с тестом $\theta(z)$, то (9) требует эволюцию светимости $L = L_0(z+1)^{-4,4}$, что теперь не согласуется с тестом $\bar{m}(z)$.

Выражения (5) и (7) определяют также эволюцию средней поверхностной яркости, которая равна $I(z) = L(z)/\frac{\pi}{4} l^2(z)$. В результате, стандартная космология требует фантастически сильную эволюцию поверхностной яркости

$$\bar{I}(z) = I_0(z+1)^{7,2}, \quad (10)$$

а в действительности, согласно (9),

$$\bar{I}(z) = I_0 = \text{const.} \quad (11)$$

Таким образом, из нового теста с неизбежностью следует вывод о несостоятельности спасения теории с помощью гипотезы эволюции и светимости и размеров галактик. Поэтому, для объяснения несогласия опыта с предсказаниями теории остается единственно возможное предположение, что теоретическая функция метрического расстояния $R(z, q_0)$ является ошибочной.

В соответствии с этим, задачей настоящей работы является дальнейшее использование статистического подхода для получения мировых функций $\bar{m}(z)$, $\overline{\lg \theta}(z)$ и $\bar{\mu}(z)$ и применение этих зависимостей в известных и новых тестах для определения эмпирической функциональной связи расстояния с красным смещением, а также средних значений собственных параметров галактик и квазаров и их изменений во времени.

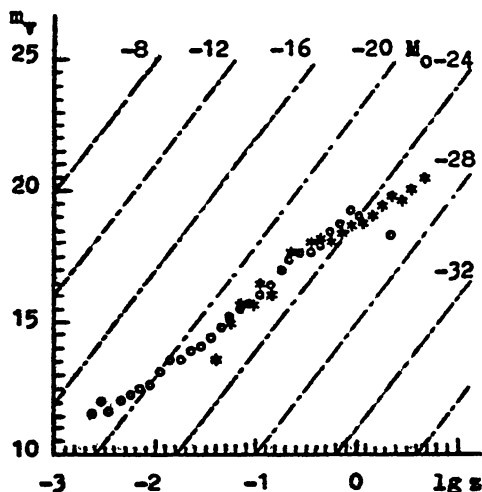
**2. МИРОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ
НАБЛЮДАЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЛАКТИК И КВАЗАРОВ
И ИХ СОПОСТАВЛЕНИЕ С ПРЕДСКАЗАНИЯМИ СТАНДАРТНОЙ КОСМОЛОГИИ**

В качестве исходных данных мы используем полученные нами новые мировые связи наблюдаемых параметров, определенные по значительно большему количеству данных, чем упомянутые во введе н и и. Для построения новой мировой $\bar{m}(z)$ -зависимости использовано около 9000 галактик и 4000 квазаров /15/. Она отличается, от ранее полученной, большей статистической представительностью, учетом К-эффекта для квазаров и более адекватной регрессионной зависимостью, которая в звездных и физических величинах в диапазоне смещений $3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 4,5$ имеет вид

$$\bar{m}(z) = (2,80 \pm 0,1) \lg z + 18,6, \quad (12)$$

$$E(z) = 10^{-0,4m} = z^{-1,12} 10^{-7,44}.$$

Зависимость $m(z)$ показана на рис.2.



Мировая регрессионная диаграмма Хаббла для 9000 галактик и 4000 квазаров.
 °° - галактики,
 ** - квазары,
 пунктир - семейство теоретически х зависимостей $q_1 = 1$ для различной абсолютной светимости M_0 .

Р и с. 2

Мировая регрессионная $\overline{\lg \theta(z)}$ зависимость (см.рис.1) полу-

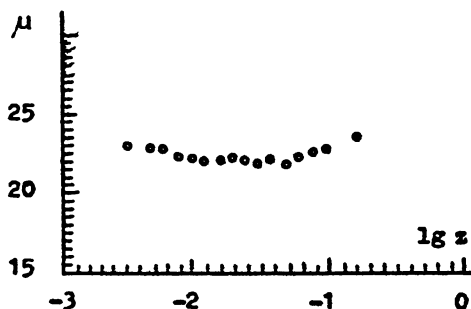
чена по данным изофотных размеров для 2600 галактик в диапазоне смещений $3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 0,5$, взятых из различных обзоров и каталогов последнего времени, и равна /16/

$$\lg \theta'' = -0,53 \lg z + 0,93, \quad \theta(z) = \frac{8,5''}{z^{0,55}}. \quad (I3)$$

Идентичная зависимость получена также для 760 нормальных галактик в диапазоне смещений $3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 0,15$, имеющих в каталоге UGC /17/,

Наконец, третьей мировой зависимостью является средняя по диску галактики поверхностная яркость на квадратную секунду дуги, равная в линейных единицах $E / \frac{\pi}{4} \theta''^2 = I(z)$ или в звездных величинах $\mu(z) = -2,5 \lg E / \frac{\pi}{4} \theta''^2 = m(z) + 5 \lg \theta''(z) - 0,25$. Эта величина может измеряться непосредственно или через измерения m и θ . Используя (I2) и (I3), получим для $3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 0,5$ (см. рис.3)

$$\bar{\mu}(z) = \bar{m}(z) + 5 \lg \theta''(z) = 23 \pm 0,1 \lg z, \quad \frac{E}{\frac{\pi}{4} \theta''^2} = 10^{-9,2 \pm 0,04} z. \quad (I4)$$



Мировая регрессионная зависимость средней по диску поверхностной яркости в звездных величинах на квадратную секунду дуги.

Р и с.3

Практическая неизменность поверхностной яркости, равной 23^m , подтверждается непосредственными измерениями /18/. Из постоянства $\bar{\mu}(z)$ вытекает постоянство отношения $I(z) / \theta''^2(z)$, откуда

$$\frac{l(z)}{l_0} = \sqrt{\frac{L(z)}{L_0}}, \quad 3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 0,5. \quad (I5)$$

Это выражение фактически совпадает с (9) полученным ранее на частных ансамблях данных /I4/.

Сравним теперь экспериментальные результаты с соответствующими теоретическими выражениями. Запишем их в наиболее общей форме, действительной для различных космологических моделей. Очевидно

$$E_t(z) = \frac{L(z)}{R_m^2(z)}, \quad \theta_t(z) = \frac{l(z)}{R_\theta(z)}, \quad I_t(z) = \frac{R_\theta^2 L(z)}{R_m^2 I^2(z) 4,1 \cdot 10^{10}}. \quad (I6)$$

Здесь $I_t(z)$ - освещенность от площадки галактики, имеющей видный угловой размер в одну квадратную секунду дуги, $R_m(z)$ и $R_\theta(z)$ - эффективные расстояния, определяющие видимую светимость и видимый угловой размер галактик. Эти функции могут быть различными и. Например, в стандартной космологии $R_m = R(z)(z+1)$, а $R_\theta = R(z)(z+1)^{-1}$, где $R(z)$ - расстояние, измеряемое масштабом длин. Члены $(z+1)$ обязаны гипотезе расширения пространства. Сравнивая E_t с (I2), получаем

$$R_m(z) = z^{0,56} \times 10^{3,72} \sqrt{L(z)}, \quad 3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 4. \quad (I7)$$

Сравнение углового размера $\theta_t(z)$, выраженного в секундах, с (I3) дает

$$R_\theta(z) = z^{0,55} \times 10^{4,37} l(z), \quad 3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 0,5. \quad (I8)$$

Наконец, сравнивая $I_t(z)$ с (I4), получим видимую поверхность и яркость в Вт/пс²:

$$I(z) = \frac{R_\theta^2}{R_m^2} \frac{L(z)}{l(z)} = 25, \quad 3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 0,5. \quad (I9)$$

Как и следовало ожидать, три независимых измерения позволили оп-

ределить лишь соотношение из четырех неизвестных функций: $R_m(z)$, $R_\theta(z)$, $L(z)$ и $l(z)$. Поэтому, из полученных выражений еще нельзя сделать заключение, что они противоречат теории стандартной космологии в главном, а именно в выражениях $R_m(z)$, $R_\theta(z)$. Действительно, можно предположить, что существует эволюция светимости в виде $L(z) = L_0 z^{0,88}$, которая приводит наблюдаемую $R_m(z)$ -зависимость (I2) к совпадению с теоретической. Аналогично, для согласования с наблюдаемой $R_\theta(z)$ -зависимости (I3) с теоретическим выражением, равным для модели $q_0 = 1$ $R_\theta z = R_\theta(z)/(z+1)$, нужно принять существование эволюции $l(z) = l_0 z^{0,44}/(z+1)^2$. Покажем, что сделанный выбор функций эволюции $L(z)$ и $l(z)$, спасающий теорию, противоречит наблюдениям. Для этого достаточно применить описанный во введении корреляционный тест. Исключая красное смещение, для обеих требуемых стандартной космологии функций эволюции получим $l(z) = \sqrt{L(z)/(L^{1,15}(z) + 1)^2}$. Нетрудно найти, что $l(z)$ имеет максимум при $z_m = 0,27$, т.е. при $z < 0,27$ размер галактик пропорционален светимости, а при z

$0,27$ обратно пропорционален, что, согласно существующей корреляции (I5), не наблюдается. Однако трудно исключить значительную более слабую эволюцию, например, $L(z) = L_0 z^\gamma$ где $0 \leq \gamma < 0,88$. Как показывает расчет, в этом случае смена знака корреляции наступает при $z_m = \gamma/(4-\gamma)$. При $\gamma = 0,2$ $z_m = 0,056$ и только при $\gamma = 0$ характер связи $l - I$ при всех удовлетворяет наблюдаемому соотношению (I5). Таким образом, введение спасительной эволюции исключается и, следовательно, $L(z) = L_0 = \text{const}$, $l(z) = l_0 = \text{const}$. Этот же вывод, как очевидно, следует также непосредственно из (I5). При этом, согласно (I9), отношение искомого выражений расстояния должно удовлетворять условию

$$\frac{R_\theta^2(z)}{R_\theta^2(z)} = 25 \frac{l_0^2}{L_0} = \text{const} . \quad (20)$$

Это приводит к требованию $R_\theta(z) = R_m(z)$. Действительно, функции R_θ и R_m должны содержать общую функцию метрического расстояния $R(z)$, т.е. $R_\theta(z) = R(z)\varphi_\theta(z)$, $R_m(z) = R(z)\varphi_m(z)$, причем $\varphi_\theta(0) = \varphi_m(0) = 1$. Тогда, согласно (20), $\varphi_\theta(z)/\varphi_m(z) = \text{const}$, что означает либо одинаковую зависимость функций от z , либо равенство их единице. Таким образом, экспериментальные дан-

ные согласуются с теорией, в которой оба вида расстояния тождественны. В теории стандартной космологии это не выполняется вследствие гипотезы расширения пространства. Итак, в действительности искомые функции равны:

$$R_m(z) = R_\Theta(z) = z^{0,56} R_1, \quad \frac{L_0}{l_0} = 25, \quad R_1 = 10^{3,72} \sqrt{L_0}. \quad (21)$$

Здесь R_1 имеет смысл расстояния до галактик при смещении $z = 1$. Эти выражения в корне отличаются от предсказаний стандартной космологии для всех ее допустимых моделей.

Постоянные параметры в (21) можно определить, привлекая величину абсолютной светимости галактик, в окрестности $3 \cdot 10^{-3} \leq z \leq 0,02$. Достаточно уверенно средняя абсолютная светимость этих галактик равна $M_0 = -21 \pm 0,5$ звездных величин. В выражении $m(z)$ (12) свободный член 18,6 зависит от имеющей место светимости галактик, согласно (1) это соотношение равно $M_0 - 5 + 5 \lg R_1 = 18,6$. Отсюда расстояние $R_1 = 830 \pm 200$ Мпс. Далее, зная R_1 , согласно формулам (21), получаем $l_0 = 34$ Кпс. Окончательно имеем следующие экспериментальные результаты:

$$R(z) = 830 z^{0,56} \text{ Мпс}, \quad M_0 = -21 \pm 0,5, \quad \bar{l}_0 = (34 \pm 8) \text{ Мпс}.$$

Итак, большим сюрпризом, который получен благодаря мировым функциям $\bar{m}(z)$ и $\overline{\lg \Theta}(z)$ является зависимость красного смещения от квадрата расстояния до галактик и квазаров. Более того, экспериментальные результаты заставляют сделать однозначный вывод о невозможности согласовать релятивистскую космологию с наблюдениями. Спасительная идея эволюции противоречит наблюдениям и не может быть использована. Если сохранить линейность связи $z - R$, что является основой стандартной космологии, то надо найти объяснение противоречия с тестами $\bar{m}(z)$, $\overline{\lg \Theta}(z)$ не используя эволюцию светимости и размеров. Таких объяснений, не нарушающих теорию, не видно. В связи с этим, чтобы продвинуться дальше, необходима новая интерпретация красного смещения, тем более, что она поддается самим экспериментальными результатами. Практически квадратичная зависимость смещения от расстояния $z \propto R^2$, полученная по измерениям $\bar{m}(z)$ и $\overline{\lg \Theta}(z)$ в масштабе вид и м о й

части Вселенной, позволяет предложить объяснение красного смещения гравитационным смещением частоты, хорошо известным еще в классической физике. Такие предложения делались и ранее, но до сих пор для них не было экспериментальных оснований. Фотон, испущенный наблюдаемой галактикой, распространяясь в виде сферической волны, будет совершать работу против сил гравитации масс, оказывающихся внутри сферы волны по мере ее распространения. Согласно классической физике, это будет вызывать изменение энергии ϵ кванта $d\epsilon = \epsilon c^{-2} d\varphi = -\epsilon (4\pi/3c^2) G \rho 2R dR$, где $\epsilon = \hbar\omega$. При равномерном распределении вещества после интегрирования получим $(z+1) = \omega_1 / \omega_0 = \exp(4\pi G \rho R^2 / 3c^2)$. Обозначая $4\pi G \rho / 3 = H_g^2 / 2$, получим $(z+1) = \exp(R^2 / 2R_0^2)$, где $R_0^2 = c^2 H_g^{-2}$. При $\rho = 2 \times 10^{-28} \text{ г/см}^3$, $R_0 = 830 \text{ Мпс}$. В рассмотренном случае горизонт, как резкая граница видимости, отсутствует. В общей теории относительности считается, что изменение частоты волны в гравитационном поле происходит вследствие изменения темпа времени, который определяется разностью значений гравитационного потенциала в месте приема и излучения. В этом случае для $\Delta\varphi \ll c^2 \omega_1 / \omega_0 (z+1) = I / \sqrt{I + 2\Delta\varphi / c^2}$, где ω_1 - испущенная частота, ω_0 - наблюдаемая, $\Delta\varphi$ - разность гравитационных потенциалов в точке приема и излучения, т.е. величина потенциала поля массы, охватываемой сферой волны, достигшей места наблюдения. Подставляя $\Delta\varphi = 4\pi G \rho R^2 / 3$, получим $(z+1) = I \sqrt{I - R^2 / R_0^2}$, где $R_0 = c H_g^{-1}$, $H_g^2 = 8\pi G \rho / 3$. Отсюда следует

$$R = R_0 \sqrt{z} \frac{\sqrt{z+2}}{z+1}, \quad z = \frac{1 - \sqrt{1 - R^2 / R_0^2}}{\sqrt{1 - R^2 / R_0^2}}, \quad R \ll R_0.$$

При $R_0 = 830 \text{ Мпс}$, $H_g = 360 \text{ км/с Мпс}$, что требует плотности вещества $\rho = 2 \times 10^{-28} \text{ г/см}^3$. Заметим, что зависимость $z \propto R^2$ вытекает из хронометрической космологии Сегала 1979 /19/, а также обосновывается в работе Крауффорда 1992 /20/.

3. О ПРОТИВОРЕЧИИ С ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ $\theta(z)$ И С ЗАКОНОМ ХАББЛА

Полученная нами экспериментальная зависимость $\theta \propto z^{0,5}$ находится в противоречии не только с предшествующими измерениями $\theta(z)$ но, что самое серьезное, с хорошо известным общепринятым законом Хаббла, устанавливающим линейную связь расстояния с красным смещением $R = CH_0^{-1} z$. Естественно, это вызывает ряд дежурных заявлений об ошибочности используемых $\bar{m}(z)$ - и $\bar{\theta}(z)$ -зависимостей. Рассмотрим это подробно. По отношению к $\bar{m}(z)$ -зависимости утверждается, что она искажена эффектом селекции Малмквиста, который состоит в увеличении доли ярких источников с ростом наблюдаемого красного смещения. Это вызывает уменьшение наклона средней $\bar{m}(z)$ -кривой. Однако количественной теории эффекта до настоящего времени не было. В связи с этим, в работе /12/ нами сделан соответствующий расчет эффекта. В основу расчета положен экспериментальный факт, что при любом заданном z видимая звездная светимость набора галактик имеет нормальное распределение с независимой от z дисперсией σ^2 . При этом средняя светимость набора галактик, попадающих в зону чувствительности телескопа m_t равна

$$\langle m \rangle = \int_0^{m_t} \exp \left[-\frac{(m - \bar{m})^2}{2\sigma^2} \right] m dm / \int_0^{m_t} \exp \left[-\frac{(m - \bar{m})^2}{2\sigma^2} \right] dm .$$

Здесь первый интеграл - сумма светимости в интервале $0 - m_t$, а второй общее число источников в том же интервале, \bar{m} - математическое ожидание. После интегрирования получаем

$$\langle m \rangle = \bar{m} - \sigma \frac{1 - e^{-n^2/2}}{\sqrt{2\pi} \left[0,5 - \Phi_0(n) \right]}$$

где $n = (m_t - \bar{m})/\sigma$, а $\Phi_0(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^n e^{-x^2/2} dx$ - табулированная функция. Здесь n - показывает на сколько величин σ чувствительность телескопа перекрывает истинное среднее \bar{m} . Очевидно, что при $n = 3$ 99% распределения войдут в расчет и $\langle m \rangle = \bar{m}$. При $n = 2$ $m = \bar{m} - 0,06\sigma$, а при $n = 1$ $\langle m \rangle = \bar{m} - 0,3\sigma$.

Таким образом, у кривой $m(z)$, для которой максимальное значение $\tilde{m} \approx 22$, чувствительность телескопа для исключения ошибки должна быть не меньше $m_t = 22 + 2.6 \approx 24^m$. Чувствительности современных телескопов достигают $28^m - 30^m$, т.е. эффект Малмквиста отсутствует. Что касается измерений $\theta(z)$, то еще Сэндидж 1961 /1/ справедливо показал, что изофотные измерения угловых размеров могут быть искажены зависимостью поверхностной яркости от красного смещения, которая в то время была совершенно неизвестна. В связи с этим предлагалось вводить поправку на уменьшение поверхностной яркости, следующее из теории стандартной космологии, что вообще недопустимо при использовании и зависимости для верификации самой теории. В связи с этим в таких измерениях углового размера укоренилось и остается необоснованное недоверие. Все это побудило нас вновь рассмотреть вопрос о точности изофотных измерений угловых размеров галактик с целью определения поправок за счет наблюдаемой, а не теоретической зависимости поверхностной яркости от z /17/. В результате показано, что при наблюдаемой очень слабой зависимости поверхностной яркости от z , что видно также из формулы (14), поправки пренебрежимо малы и полученная нами статистическая зависимость $\lg \theta(z)$ не искажена этим эффектом. Влияние К-эффекта при изофотных измерениях размеров галактик также отсутствует.

Расхождение с предшествующими измерениями $\theta(z)$ объясняется тем, что изофотные измерения расстояния между компонентами двойных систем проводятся в радиодиапазоне, что далеко не эквивалентно оптическим. Кроме того, при перекрытии изофот компонентов будет наблюдаться смещение центров компонент, что приводит к уменьшению оценок их углового расстояния. Теории поправок на этот эффект нет. Наконец, выборка ярчайших радиообъектов сама по себе создает селекцию определенных свойств, которые нельзя отнести ко всей Вселенной, тем более, что радиогалактики и радиоквазары составляют малую долю основного населения Вселенной. Иначе говоря, нельзя изучать общие свойства организации вещества и пространства Вселенной по малым группам зачастую особых объектов.

Таким образом, мы полагаем, что полученные нами мировые статистические зависимости отражают реальные свойства пространства и объектов видимой части Вселенной.

Наиболее серьезным является, как нам кажется, несогласие о законом Хаббла. Однако экспериментальный результат зависимости R от z , подкрепленный изложенной выше теорией красного смещения, делает уместным отметить ряд сомнений в справедливости закона Хаббла. Следует иметь в виду, что линейность связи $z \propto R$ установлена по измерениям $H(z)$ на участке кривой в интервале $10^{-3} \leq z \leq 0,02$, составляющем всего около 2% ее диапазона изменения. При этом параболическая зависимость не проявится заметно и полученные данные естественно аппроксимируются прямой $z = H_0 R / c$. Более правильно было бы для определения наклона $z(R)$ искать линейную регрессию величин $\lg z$ и $\lg R$, что позволит найти функциональную связь более точно. Если таким образом анализировать данные, послужившие современным оценкам H_0 , приведенные в обзоре Раван-Робинсона 1988 /21/, то получается $z \propto R^{0,88}$. Такую же нелинейность обнаружил Ванден Берг 1993 /22/ иным путем. Если использовать приведенные Арпом /23/ данные, в которых R определялось на основании закона Тулли-Фишера, то получается $z \propto R^{1,3-1,5}$. Интересны результаты измерений 256 галактик (Гира у д 1985 /24/), показавшие, что постоянная Хаббла при $z_1 = 0,9 \cdot 10^{-3}$ ($v = 250$ км/с) равна $\lg H(z_1) = 1,78$, а при $z_2 = 0,165$, $\lg H(z_2) = 2,08$ ($v = 5 \cdot 10^3$ км/с). Промежуточные значения связаны линейным выражением $\lg H(z) = 1,78 + \alpha \lg (v/250)$. Используя измеренные значения, получим $\alpha = 0,23$. Подставляя $v = zc$ и $H(z) = zc / R(z)$, после простых преобразований получим $z = R^{1,3}/760$.

Оказывается, если у дальних галактик на расстояниях около 50-100 Мпс оценка модуля расстояния уменьшится всего на $1,2^m$ звездных величин, то будем иметь $z \propto R^2$! Не в этом ли причина упорного расхождения в определении H_0 между Воккером и Сэндиджем? На основании этих данных закона Хаббла в существующей форме не может служить твердым аргументом против установленной существенно нелинейной зависимости красного смещения от расстояния. Видимо уместно подумать о новом критическом анализе всех данных и методов, использованных для определения линейной связи $z \propto R$.

4. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Главным результатом работы является доказательство того, что согласование теории релятивистской космологии с наблюдениями рег-

рессионных зависимостей $\bar{m}(z)$ и $\lg \theta(z)$ путем предположе н и я эволюции светимости и размеров галактик не допускается наблюдени- ями корреляции последних. При этом не видно других способом сог- ласования, не противоречащих самой теории. Остается способ согла- сования через изменение теоретической зависимости расстояния га- лактик от их красного смещения. Однако эта функция определяет с я из решения уравнения Эйнштейна и отказ от нее означает отказ о т использования уравнений Эйнштейна как основы космологии и реше- ний Фридмана. Неспособность релятивистской космологии объясни т ь наблюдаемые характеристики вещества и излучения видимой части Все- ленной свидетельствует о несоответствии действительности исходно- го положения, что Вселенная управляется гравитационным уравнением Ньютона. Оно предписывает стационарное состояние гравитирую щ и х галактик лишь при их движении, а именно, при трех типах движений - эллиптическом, параболическом и гиперболическом, образующих в терминах релятивистской космологии закрытую, плоскую и открыт у ю Вселенную. Не случайно, что уравнения движения вещества, следуе- мые из релятивистской космологии, тождественны с обычным решением Ньютоновских уравнений движения /25/. Таким образом, чисто меха- нический подход к объяснению структуры и эволюции Вселенной н е проходит. Определение начала и конца Вселенной путем дейст в и я чисто механических законов оказывается несостоятельным. В резуль- тате проведенного исследования Вселенная представляется стацио- нарной и статической в механическом смысле системой. Начало Все- ленной и ее возраст не вытекают из использованных наблюде н и й . Более того, скорее они утверждают, что Вселенная бесконечна в о времени и пространстве. Долговечность и бесконечность Вселенн о й не означают отсутствия эволюции галактик и других образова н и й . Галактики рождаются и умирают со своими сроками, но в каждом мес- те средние характеристики сохраняются неизменными. Здесь полн а я аналогия в человеческой цивилизацией. Каждый человек (галактик а) рождается и умирает, а цивилизация (Вселенная) живет, не изменя я заметно свои средние параметры.

Другим, не менее важным результатом является сокращение раз- мера видимой части Вселенной в 3-4 раза по сравнению с предсказы- ваемым в стандартной космологии размером. Так при $H_0 = 75$ км/с Мпс стандартная космология дает $R_0 = 4000$ Мпс, в то время как оценка расстояния в настоящей работе составляет $R_0 = 830$ Мпс. Это озна-

чает, в частности, что полученные в стандартной космологии сверхсветовые скорости движения вещества оказываются существенно до-световыми. Далее, отсутствие заметной эволюции средней светимости, вплоть до значений $z \approx 5$ для галактик и квазаров указывает на примерное равенство их средней мощности излучения. Этим на три порядка снижается существующая в стандартной космологии оценка мощности излучения квазаров, что, если не решает, то существенно смягчает проблему необъяснимо большой плотности излучения квазаров. Можно привести много других менее важных следствий. Думаю, что полученные результаты, по крайней мере, позволят более трезво без предвзятости проводить дальнейшее развитие космологии. В заключение, с благодарностью сообщая, что настоящая работа поддержана присуждением гранта Гуманитарного Фонда Сороса.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Sandage A.R. // *Astrophys. J.* - 1961, V.133. - P.355.
2. Wampler E.J. // *Astron. Astrophys.* - 1987, V.178. - P.1.
3. Burbidge G.R. // *Intern. J. Theoretical Phys.* - 1989. - V. 28, N.9. - P.983.
4. Legg T.M. // *Nature.* - 1970, V.226. - P.65.
5. Wardle J.E.C., Miley G.K. // *Astron. Astrophys.* - 1974, V.30. - P.305.
6. Kapahi V.K. // *IAU Symp. N.124 "Observational Cosmology"*, 1987. - P.251.
7. Kapal-Krishna, Kulkarn V.K. // *Astron. Astrophys.* - 1992, V.257. - P.11.
8. Sandage A.R. // *Astrophys. J.* - 1972, V.173. - P.485.
9. Kellerman K.I. // *Nature.* 1993, V.135. - P.12.
10. Барышев Ю.В. *Итоги науки и техники, т.4, Гравитация.* - М., 1992. - С.89.
11. *Физика космоса, "Светимость".* - М.: Сов.энциклопедия, 1986.
12. Troitsky V.S., Gorbacheva I.V., Suchkin G.L., Bondar L.N. // *Astrophys. Space Sci.* - 1992, V.190. - P.9.

13. Троицкий В.С., Горбачев И.В.//Астрон.журн. - 1989, Т.66. - С.470.
14. Troitsky V.S. // Astrophys. Space Sci. - 1993, V.201.-P.203.
15. Троицкий В.С., Парамонова Л.А., Беллестин Н.С.//Астрон.журн. (в печати).
16. Троицкий В.С., Парамонова Л.А., Чермяник С.И.//Астрон.журн. (в печати).
17. Троицкий В.С., Алешин В.И.//Письма в Астр.ж. (в печати).
18. Greham J.A. // Highlights of Astronomy, V.6, XVIII, Gen. Assembly of the IAU, 1982.
19. Segal A.I. // Astrophys. J. - 1979, V.227. - P.15.
20. Krawford D.F. // Astrophys. J. - 1991, V.387. - P.
21. Rowan-Robenson M. // Space Sci. Rev. - 1988. - V.48, N.1-2. - P.1.
22. Vanden Bergh S. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA.-1993, V.90. - P.4793.
23. Arp H.C. van Flandern T. // Phys. Lett. A. - 1992. - V.164, N.3-4. - P.363.
24. Giraud E. // Astron. Astrophys. - 1985, V.153. - P.125.
25. Heckmann O., Schücking E. - Handbuch der Physik, 1959, V.III Astrophisik IV Sternesysteme. Перевод "Строение звездных систем". - М.: Иностранлит-ра, 1962.

Дата поступления статьи
29 декабря 1993 г.