

## Космология: новый подход

(Обновлено 09.12.2010)

### 1. Введение

В первом приближении всю Вселенную можно рассматривать как шар с центром в произвольной точке, более или менее равномерно заполненный материей со средней плотностью  $\rho$ . Такие представления согласуются с простейшей космологической моделью Эйнштейна-Фридмана, оперирующей с трехмерным неевклидовым пространством переменного во времени радиуса кривизны  $R$  (сферической гиперповерхностью 4-мерного евклидова шара). Указанное пространство предполагается в этой модели изотропным и заполненным "пылевидной" материей, а время выступает в качестве формального параметра, от которого и зависит "текущая" кривизна пространства. Уравнения Эйнштейна записываются в виде [Зельдович и Новиков, 1975]:

$$\begin{aligned}k(c/R)^2 + (\dot{R}/R)^2 + 2(\ddot{R}/R) &= -8\pi G P/c^2 \\k(c/R)^2 + (\dot{R}/R)^2 &= 8\pi G \rho/3,\end{aligned}$$

где  $G$  - постоянная в законе всемирного тяготения Ньютона,  $c$  - скорость света,  $\rho$  - плотность,  $P$  - давление,  $k = 0, 1$  или  $-1$  в зависимости от знака кривизны. Здесь символы  $\dot{R}$  и  $\ddot{R}$  обозначают первую и вторую производную  $R$  по времени соответственно.

Хорошо известны три класса решений этой системы в предположении, что как динамическое, так и статическое давление материи  $P$  равно нулю. Выбор между ними зависит от соотношения между реальной ( $\rho$ ) и "критической" ( $\rho_{кр}$ ) величиной средней плотности материи во Вселенной:

- при  $\rho > \rho_{кр}$  радиус кривизны сначала растет со временем, а затем убывает, кривизна положительна;
- при  $\rho_{кр} > \rho > 0$  радиус кривизны неограниченно возрастает со временем, кривизна отрицательна;
- при  $\rho = \rho_{кр}$  Вселенная имеет плоскую метрику, кривизна отсутствует.

Здесь под критической плотностью подразумевается величина

$$\rho_{кр} = 3H^2/(8\pi G)$$

где  $H$  - постоянная Хаббла. Отметим, что в случае  $\rho = \rho_{кр}$  постоянная Хаббла оказывается обратно пропорциональной возрасту Вселенной.

С точки зрения автора настоящей работы, описанная общепринятая модель содержит два неверных фундаментальных допущения, которые приводят к ее принципиальному расхождению с правильной интерпретацией космологической реальности.

*Первое допущение* состоит как раз в пренебрежении средним статическим давлением материи во Вселенной. Разумеется, оно крайне мало, но именно оно позволяет решить неразрешимый, казалось бы, комплекс проблем, связанный с так называемой "темной" энергией, ее несопоставимостью с энергией флуктуаций вакуума и истинным смыслом "космологической постоянной", которую породил, а

затем отбросил Альберт Эйнштейн, и за которую, как за соломинку, ухватились современные космологи.

Доказательство необходимости учета статического давления связано именно с повсеместным распространением материи во Вселенной и может быть проведено с помощью следующей цепочки рассуждений. Во-первых, рассмотрим обычный шар из идеальной однородной жидкости, окруженный “пустым” пространством. Внутри такого шара давление, разумеется, зависит от удаленности от его центра и заведомо отлично от нуля (решение Шварцшильда в рамках ОТО для однородного материального шара обсуждается в разделе 2). Во-вторых, в соответствии с основополагающей идеей Эйнштейна, “удалим” все внешнее пространство, “замкнув” шар на себя, при этом геометрия в шаре перестает быть евклидовой и становится римановой, а давление в каждой точке шара, по-прежнему отличное от нуля, *перестает* зависеть от местоположения этой точки. В третьих, при некоторой достаточно большой плотности шар коллапсирует, и знак давления, как следует из решений уравнения Эйнштейна-Фридмана, окажется противоположным знаку плотности материи (см. раздел 3).

*Второе допущение* критикуется в настоящей работе с гораздо более “еретических” позиций. Речь идет о том, что при решении вышеприведенной системы уравнений без достаточных оснований используется принцип сохранения инертной массы (т.е. энергии) во Вселенной на всем протяжении ее истории. Именно это я считаю неверным (см. раздел 4), и благодаря использованию альтернативного подхода также удастся справиться с важнейшими затруднениями в космологии.

Мне кажется, здесь уместна аналогия с пятым постулатом Евклида, который до Лобачевского и Гаусса казался всем нерушимым, а сейчас любым студентом-математиком воспринимается всего лишь как ограничительная аксиома простейшей из возможных геометрий. Аналогичным образом, после знаменитого решения Парижской академии научное сообщество навсегда отказалось рассматривать ситуации, в которых не выполняется закон сохранения энергии. Однако этот закон, в соответствии с теоремой Нетер, основан на выполнении условия однородности времени, и есть все основания внимательно посмотреть, выполняется ли это условие в процессе эволюции Вселенной.

## 2. О давлении внутри материального тела

Обратимся к задаче о поле тяготения центрально-симметричного однородного шара, которая была успешно решена в общей теории относительности (Шварцшильд). В частности, внутри однородного шара радиуса  $r_1$  с плотностью  $\rho$  давление  $P$  материи (идеальной жидкости) описывается выражением (см. [Толмен, 1974]):

$$P = c^4 \Phi(r, r_1, R) / (8\pi G R^2)$$

где радиус кривизны  $R$  определяется соотношением

$$R^2 = 3c^2 / (8\pi G \rho)$$

а функция  $\Phi(r, r_1, R)$  задается дробью вида

$$\Phi(r, r_1, R) = \frac{3\sqrt{1 - (r/R)^2} - 3\sqrt{1 - (r_1/R)^2}}{3\sqrt{1 - (r_1/R)^2} - \sqrt{1 - (r/R)^2}}$$

Нетрудно видеть, что через радиус кривизны  $R$  решение Шварцшильда связывает плотность шара с давлением материи внутри шара. Оно дает конечную (отличную от нуля) величину давления при сколь угодно малой ненулевой плотности материи.

Автор монографии [Толмен, 1974] замечает, что решение, как правило, является действительным, т.к. обычно радиус шара  $r_1$  меньше, чем радиус кривизны  $R$ . Действительно, гравитационный радиус  $R_G$  такого шара равен

$$R_G = 2GM/c^2 = 2(4\pi r_1^3 G\rho)/(3c^2) = r_1^3/R^2$$

откуда следует соотношение

$$R_G/r_1 = (r_1/R)^2$$

Поскольку в обычных случаях отношение гравитационного радиуса шара к его геометрическому радиусу очень мало, то весьма мало и отношение геометрического радиуса к радиусу кривизны. В этом случае фактор  $\Phi(r, r_1, R)$  является положительным и плавно убывает до нуля при стремлении текущего расстояния  $r$  (от центра) к естественному пределу  $r_1$  (подробный анализ см. в [Шульман, 2007а]).

Рассмотрим теперь в качестве такого шара всю нашу Вселенную. При этом, хотя и можно пытаться мотивировать априорное пренебрежение статическим давлением его малой величиной, но нельзя быть уверенным в правильности получаемых результатов. Более того, при анализе космологической проблемы ситуация становится, как мне кажется, еще сложнее.

Действительно (см. [Гуревич и Глинер, 1972]), при средней плотности вещества во Вселенной порядка  $10^{-30}$  г/см<sup>3</sup> гравитационный радиус нашей Вселенной достигает величины  $10^{28}$  см, что, по-видимому, не меньше, чем ее геометрический размер; следовательно, и отношение ее геометрического радиуса  $r_1$  к радиусу кривизны  $R$ , скорее всего, больше единицы. В самом деле, выразив массу нашей Вселенной  $M = \rho V$  через среднюю плотность<sup>1</sup>  $\rho = 3c^2 / (4\pi GR^2)$  и объем 3-мерного неевклидова шара  $V=2\pi^2 R^3$ , непосредственно получим подтверждающее этот вывод соотношение

$$R = 2MG / (3\pi c^2) = R_G / (3\pi)$$

где  $R_G = 2MG/c^2$  - гравитационный радиус Вселенной.

Для случая сильно коллапсирующего шара (при  $r_1/R \gg 1$ ) выражения под знаком радикала в множителе  $\Phi(r, r_1, R)$  оказываются отрицательными, поэтому, вынося и затем сокращая в числителе и знаменателе мнимую единицу, его (множитель) следует преобразовать к виду:

$$\Phi(r, r_1, R) = \frac{3\sqrt{(r/R)^2 - 1} - 3\sqrt{(r_1/R)^2 - 1}}{3\sqrt{(r_1/R)^2 - 1} - \sqrt{(r/R)^2 - 1}}$$

Теперь давление будет уже отрицательным. Пренебрегая единицей в радикалах и рассматривая центральную область шара  $R < r \ll r_1$ , найдем, что

<sup>1</sup> См. раздел 3

пределом для  $\Phi(r, r_1, R)$  в этом случае служит -1, поэтому при указанном условии получаем, что

$$P = -c^4/(8\pi GR^2) = -\rho c^2/3$$

Заметим, что в случае строгого равенства  $(r_1/R) = 1$  давление также отрицательно, а значение  $\Phi(r, r_1, R)$  строго равно -3 в любой точке внутри шара (т.е.  $P = -\rho c^2$ ).

Таким образом, для однородного шара (окруженного пустым пространством!) в общем случае отличны от нуля (и могут быть отрицательными) все компоненты тензора плотности энергии-импульса, сколь малой бы ни была плотность материи  $\rho$ . Нет никаких принципиальных оснований априорно полагать равным нулю обусловленное гравитацией давление материи, которое существует и в теории, и в реальности.

### 3. Новые решения космологических уравнений

Исходя из результатов анализа раздела 2, мы получили моральное право не принимать априорно статическое давление  $P$  материи равным нулю, а ввести его в уравнения в качестве неизвестной величины, подлежащей определению. Однако, чтобы решить уравнения, нам еще требуется заменить допущение о сохранении во времени массы вещества и энергии во Вселенной какой-то другой гипотезой (обсуждение причин несохранения энергии мы отложим до раздела 4).

В качестве такой альтернативной гипотезы можно предложить тот или иной априорно заданный закон расширения Вселенной. Мы, в частности, положим,  $\dot{R}=0$ , т. е. исключим возможность нелинейного изменения размера Вселенной. Оказывается, что в этом случае возникают новые замечательные решения. При этом получаем уравнение для определения давления  $P$

$$k(c/R)^2 + (\dot{R}/R)^2 = -8\pi GP/c^2$$

а также обычное уравнение связи между давлением и плотностью  $\rho$ :

$$P = -\rho c^2/3$$

Ниже приведена сводка решений уравнения ЭФ при  $\ddot{R} = 0$ :

$\dot{R}$	$k$	Решаемое уравнение	$\rho$	$P$
0	0	$0 + 0 = -8\pi GP/c^2$	0	0
	1	$(c/R)^2 + 0 = -8\pi GP/c^2$	$+3c^2/(8\pi GR^2)$	$-c^4/(8\pi GR^2)$
	-1	$-(c/R)^2 + 0 = -8\pi GP/c^2$	$-3c^2/(8\pi GR^2)$	$+c^4/(8\pi GR^2)$
$\pm c$	0	$0 + (\pm c/R)^2 = -8\pi GP/c^2$	$+3c^2/(8\pi GR^2)$	$-c^4/(8\pi GR^2)$
	1	$(c/R)^2 + (\pm c/R)^2 = -8\pi GP/c^2$	$+3c^2/(4\pi GR^2)$	$-c^4/(4\pi GR^2)$
	-1	$-(c/R)^2 + (\pm c/R)^2 = -8\pi GP/c^2$	0	0

Решение для стационарного случая  $\dot{R} = 0$ ,  $\ddot{R} = 0$ ,  $k = 1$  первоначально и рассматривал Эйнштейн. Поскольку он-то не учитывал статического давления материи, то ему пришлось искусственно ввести космологическую постоянную (иначе решение вообще отсутствует). В дальнейшем вопрос об этой величине и ее физическом смысле повис в воздухе и считается открытым вплоть до настоящего времени. Таковы издержки методологической традиции.

Мы же для этого стационарного случая находим связь между давлением и радиусом кривизны:

$$\rho = 3c^2/(8\pi GR^2)$$

Но этот результат совпадает, как нетрудно заметить, с предельным случаем ( $R < r \ll r_1$ ) задачи для локального однородного коллапсирующего шара, рассмотренной выше<sup>2</sup>.

Второе замечательное решение возникает (при  $k = 1$ ), если принять условия  $\dot{R} = c$ ,  $\ddot{R} = 0$ , согласно которым радиус кривизны растет строго пропорционально времени. Это решение имеет фундаментальную физическую интерпретацию, смысл которой состоит в том, что процесс расширения Вселенной и представляет собой само течение времени, что нет никаких иных “маркеров” возраста Вселенной, кроме ее текущего размера.

Подставив данные условия в приведенные выше уравнения Эйнштейна, найдем:

$$\begin{aligned} 2(c/R)^2 &= -8\pi G\rho/c^2 \\ 2(c/R)^2 &= 8\pi G\rho/3 \end{aligned}$$

при этом коэффициент связи между давлением и радиусом кривизны по сравнению со стационарной моделью отличается в два раза. В обоих случаях, однако, соотношение между давлением и плотностью (уравнение состояния) имеет вид:

$$P = -\rho c^2/3$$

Следует отметить, что это второе решение в явном виде не содержит такого параметра, как время, что и подтверждает описанную выше его интерпретацию. Далее, линейная зависимость радиуса кривизны от времени, будучи постулированной, не должна теперь выводиться из полученных соотношений; этот же постулат делает ее физически не зависящей (во времени) от плотности материи. Отсюда следует вывод, противоречащий принятой традиции решения уравнений поля, но полностью отвечающий самому духу эйнштейновского подхода, направленного на геометризацию физики. Он состоит в том, чтобы из найденных выражений искать плотность и давление материи в виде зависимостей от кривизны пространства, а не наоборот:

$$\begin{aligned} \rho &= 3c^2/(4\pi GR^2) \\ P &= -c^4/(4\pi GR^2) \end{aligned}$$

На языке физики это означает, что плотность и давление материи суть просто данные нам в ощущениях (измерениях) характеристики кривизны пространства, т.е. что они являются вторичными, зависимыми от нее величинами. Добавим, что этот путь, в сущности, обозначил сам Эйнштейн, введя замкнутую на себя Вселенную, т.е. заменив задание фиксированных условий на границах условием самосогласованности решения!

#### 4. Теория тяготения и закон сохранения энергии

Остановимся теперь подробнее на важнейшем для физики обстоятельстве. До сих пор в ней практически не использовались модели, в которых

<sup>2</sup> Заметим, что стационарный случай  $\dot{R} = 0$ ,  $\ddot{R} = 0$ ,  $k = -1$  отвечал бы отрицательной плотности материи и взаимному ее отталкиванию.

принципиально не выполняется закон сохранения полной массы, а значит, и энергии. В частности, как отмечалось выше, общепринятое решение уравнений Эйнштейна-Фридмана получено именно при условии постоянства массы и энергии Вселенной в течение всей ее истории.

Поскольку новое решение получено для случая  $R' = c$ , то параметр Хаббла оказывается обратно пропорциональной радиусу и возрасту Вселенной. *Существенное отличие* этого решения от похожего решения Фридмана состоит в том, что оно отвечает положительной кривизне 4-сферы, а не плоской метрике, но при этом плотность *всегда* равна  $3H^2/(4\pi G)$ , что соответствует  $2\rho_{кр}$ .

Соответственно и масса Вселенной, равная произведению средней плотности на ее объем, оказывается не постоянной во времени, а пропорциональной радиусу кривизны и времени. Является ли непостоянство полной массы Вселенной (и связанной с ней энергии покоя) катастрофой, побуждающей вообще отказаться от такого решения? Я думаю, что ситуация не так драматична.

Как известно, закон сохранения энергии однозначным образом соответствует такому чисто "геометрическому" свойству Вселенной, как однородность времени, т.е. независимость в общем случае характеристик течения физического процесса от того, когда именно он был начат - вчера, сто лет или сто миллиардов лет назад. Такое соответствие обусловлено отсутствием в аналитическом формализме явной зависимости от времени функции Лагранжа для замкнутой физической системы, т.е. равенством нулю ее частной производной по времени.

Оставаясь в рамках классической механики, мы уже можем усомниться в том, что течение всех без исключения физических процессов не зависит от кривизны той области пространства, в которых эти процессы протекают. Напомним, что основные уравнения Лагранжа выводятся из вариационного принципа, согласно которому реальная траектория в пространстве обеспечивает наименьшее значение специального функционала - действия. Если кривизна пространства меняется с течением времени, то выбор начального и конечного момента варьирования принципиально влияет уже на само множество и характер варьированных траекторий, что в общем случае исключает независимость результата от этого выбора, т.е. тезис об однородности времени. Когда же мы переходим к релятивистской механике, мы непосредственно сталкиваемся с тем, что от радиуса кривизны Вселенной зависит фундаментальный метрический тензор, определяющий параметры механического движения. Более того, от величины этого радиуса, т.е. от возраста Вселенной, могут зависеть и другие фундаментальные величины, например – постоянная Планка (см. [Шульман, 2004]).

Вообще, когда речь заходит о распространении закона сохранения энергии на общую теорию относительности, то делается это скорее в силу традиции, чем исходя из строгого обоснования. Это приводит к известным логическим трудностям, по поводу которых у физиков имеются различные мнения (см., например, [Логунов, 1988]) и на которых мы здесь останавливаться не станем.

В действительности именно уравнения Эйнштейна и отражаемая ими объективная физическая реальность должны использоваться в качестве отправного момента теории, приводя к обобщению теоремы Нетер. В правильной теории найденная путем решения этих уравнений зависимость средней плотности материи и всей массы Вселенной от времени должна приводить к точному или приближенному выполнению закона сохранения массы и энергии, а не наоборот. Так и обстоит дело в действительности, и данное обстоятельство не только проясняет проблему сохранения энергии во Вселенной, но и помогает выйти на

правильные исходные позиции при анализе такого объективно существующего феномена, как направленность (“стрела”) времени.

В силу сказанного выше космологическая теория “большого взрыва” должна быть заменена моделью “энергетического насоса”. Проблемы, связанные с начальной сингулярностью, во многом теряют свою остроту, поскольку начальные значения массы и энергии в нашей модели также равны нулю.

Исходя из астрофизических наблюдений, Н.А.Козырев [Козырев, 1991] высказывал утверждение о единстве механизма излучения звезд, основанного на “превращении” времени в энергию. Согласно нашей модели относительное приращение массы и энергии покоя звезды равно относительному приращению времени существования Вселенной:  $\Delta m/m = \Delta E/E = \Delta t / t$ . Отсюда следует, что дополнительная энергия может обусловить мощность излучения на единицу массы звезды, пропорциональную постоянной Хаббла (в нашей модели эта постоянная равна  $H = 1/t$ ):

$$\Delta E/(\Delta t \cdot m) \leq c^2 H$$

Так, для Солнца относительное уменьшение массы за счет излучения в год составляет до  $10^{-13}$ , тогда как текущий возраст Вселенной обеспечивает удельный прирост массы до  $10^{-10}$ . Интересно отметить, что при массе Солнца порядка  $10^{30}$  кг ежегодный прирост массы в  $10^{18}$  кг составляет в относительном выражении примерно  $10^{-12}$ , а именно такой прирост массы необходим для объяснения наблюдаемого (и пока никем не объясненного<sup>3</sup>) ежегодного увеличения расстояния между Землей и Солнцем на 15 см.

## 5. Что дает новый подход

Новый подход был нами сформулирован, исходя из сугубо теоретических оснований. Он, однако, оказывается весьма плодотворным в отношении практического решения космологических проблем.

### Проблема космологической постоянной

Как мы знаем, космологическая постоянная  $\Lambda$  – плод усилий Эйнштейна по спасению решения для статической модели Вселенной. В дальнейшем этот параметр был повторно введен “руками” уже в нестационарные модели, чтобы “подогнать” (см. ниже) теорию под результаты экспериментального определения космологических параметров. Однако при этом возникли две новые фундаментальные проблемы, удовлетворительного решения которых физиками так и не найдено.

Первая проблема – найти физическое объяснение для формального введения космологической константы  $\Lambda$  в уравнения ЭФ. Предлагается отождествить “темную энергию”, отвечающую  $\Lambda$ , с энергией физических колебаний вакуума. Однако (см., например, [Клапдор-Клайнротхаус, Цюбер, 2000]) астрофизические наблюдения дают для указанной гипотетической плотности вакуума значение порядка  $10^{-30}$  г/см<sup>3</sup>, в то время как квантово-механические вычисления приводят к оценке порядка  $10^{92}$  г/см<sup>3</sup>, т.е. расхождение оказывается невероятно большим – 122 порядка! Однако есть и еще более сильный, с моей точки зрения, довод: энергия “нулевых” колебаний вакуума не может быть извлечена и использована ни для гравитационного расширения

---

<sup>3</sup> arXiv:0907.2469v1 [gr-qc] 14 Jul 2009. J. Anderson et al. Astrometric Solar-System Anomalies.

Вселенной, ни для чего бы то ни было еще, поскольку отвечает состоянию с наименьшей возможной энергией.

Вторая проблема, которая отмечается гораздо реже<sup>4</sup>, но имеет едва ли не большее значение, состоит вот в чем. При введении в уравнения ЭФ космологической постоянной  $\Lambda$  в ней тем самым задается определенная шкала расстояния  $R = (\Lambda / 3)^{-1/2}$ . Поскольку в настоящую эпоху  $\Lambda = 10^{-56} \text{ см}^{-2}$ , то  $R$  можно идентифицировать с современным размером Вселенной ( $10^{28} \text{ см}$ ). Но размер Вселенной менялся и меняется с течением времени, а величина  $\Lambda$  полагается (во всяком случае, при “подгонке” космологической модели к астрофизическим данным) неизменной. Спрашивается, какой физический смысл имеет величина  $(\Lambda/3)^{-1/2}$ ?

Обе проблемы легко снимаются в рамках предлагаемого нами подхода. Никакой константы  $\Lambda$  вообще в уравнения вводить не требуется, сходный эффект достигается автоматически за счет учета статического давления материи  $P$  и связанной с ним объемной энергии гравитации (а не колебаний вакуума!). При этом легко объясняется и вышеуказанная связь между *гипотетической величиной*  $\Lambda$  и *текущим* размером Вселенной  $R$ . Действительно, в космологических уравнениях эта (ненужная) гипотетическая величина  $\Lambda$  равна  $8\pi G\rho$  (при скорости света  $c = 1$ ). Найденное нами *новое* решение космологических уравнений (при  $c = 1$ ) дает для плотности  $\rho$ :

$$\rho = 3 / (4\pi GR^2)$$

Из этого следует

$$\Lambda = 8\pi G \cdot 3 / (4\pi GR^2) = 6/R^2$$

т.е.

$$R = (\Lambda / 6)^{-1/2}.$$

### Проблемы “плоскостности” и “горизонта” Вселенной

Экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что полная средняя плотность  $\rho$  во Вселенной практически равна значению критической плотности  $\rho_{кр}$ . Из этого принято делать вывод о том, что в настоящую эпоху Вселенная является “плоской”, и что в этом отношении наша эпоха оказывается как бы особенной.

Между тем в рамках предлагаемого подхода вывод совершенно иной: наша эпоха ничем не выделяется, метрика Вселенной все время имеет положительную кривизну, но ее плотность неизменно равна  $2\rho_{кр}$  при любом текущем значении  $H$ . Такое расхождение с данными астрофизических наблюдений может свидетельствовать о недостатках модели, но может и получить какое-либо объяснение в будущем.

В общепринятой космологической модели известна проблема “горизонта”, связанная с глобальной пространственной однородностью Вселенной ([Сажин, 2002]). Однородность обычно объясняется с помощью гипотезы о существовании фазы инфляции, т.е. сверхбыстрого расширения Вселенной на ранних стадиях ее существования. Между тем, в рамках нашей модели скорость удаления горизонта

---

<sup>4</sup> Автор обзора [Буццо, 2007] пишет (перевод мой – М.Х.Ш.): “Современное значение космологической константы не соответствует ее значению для ранней Вселенной. Это одна из наиболее значительных трудностей в проблеме космологической константы, которая часто оставляется без внимания”.



в точности совпадает со скоростью расширения Вселенной, так что данной проблемы просто не возникает.

### Проблема переменной скорости расширения Вселенной

В последние годы стало принято полагать, что экспериментальные данные указывают на переход к стадии ускоренного расширения Вселенной. В первую очередь этот вывод основан на измерениях яркости сверхновых звезд: пониженная яркость предсказывается моделью Вселенной с определенным значением вышеуказанной космологической постоянной  $\Lambda$  (которое, собственно, и подобрано из условия наилучшего соответствия эксперименту).

Между тем в рамках предлагаемого подхода несложно получить не менее удовлетворительное количественное объяснение пониженной яркости сверхновых, основываясь на линейном во времени расширении Вселенной ([Шульман, 2007b]) и не занимаясь какой-либо “подгонкой” модели. При этом ни о каком ускоренном или замедленном расширении речи не может быть по определению.

### Проблема анизотропии реликтового излучения

Во второй половине 20-го века было открыто и надежно подтверждено существование дипольной анизотропии космического фонового излучения. Общепринятого объяснения этого эффекта нет, а он, между прочим, находится в принципиальной противоречии с тезисом теории относительности об отсутствии выделенной системы отсчета во Вселенной.

Предлагаемая же нами модель физической природы времени как прямого следствия универсального феномена расширения Вселенной непосредственно указывает на необходимость обобщения представлений Эйнштейна и на существование именно такой “выделенной” системы отсчета. Более того, модель предсказывает, что этот эффект справедлив для любого (а не только реликтового) электромагнитного излучения. Например, – и это может быть проверено экспериментально – для света от Солнца, проходящего на Землю в разные фазы ее годового цикла движения по орбите, или для излучения от монохроматического лабораторного источника, по-разному ориентированного относительно приемника вдоль “оси” анизотропии (см. [Шульман, 2007c]).

Помимо дипольной составляющей, анизотропия характеризуется также моментами более высоких порядков. Величины этих моментов зависят от того, конечной или нет является реальная Вселенная. В предложенной мной модели Вселенная конечна. Между тем, данные, полученные спутником WMAP относительно анизотропии реликтового излучения “находятся, как выяснилось, в некотором противоречии с теоретическими ожиданиями, основанными на предположении о том, что объем трехмерного сопутствующего пространства является бесконечным. Именно, измеренный квадруполь оказался в 5 – 7 раз слабее ожидаемого для бесконечного пространства; октуполь – на 30 % слабее ...” [Чернин, 2008].

Есть и еще один любопытный аспект. И на спектре температуры, и на спектре кросс-корреляции между температурой и E-модой поляризации реликтового излучения имеется пик для момента, приблизительно равного 4. Стандартные модели не могут дать удовлетворительного объяснения этому явлению. В то же время предложенная мной модель предсказывает наличие именно такого пика и объясняет его существованием старейших реликтовых фотонов, совершивших полное “кругосветное” путешествие вдоль расширяющейся Вселенной и успевших

пройти дополнительное угловое расстояние порядка  $40^\circ$  [Рэффел и Шульман, 2008].

### Проблема происхождения Вселенной

Космологическая модель Фридмана ничего не могла сказать о происхождении Вселенной. Напротив, развиваемый в данной работе представления позволяют довольно наглядным образом подойти к этой проблеме.

Как отмечено в [Толмен, 1974], для любого материального шара с ненулевой плотностью метрика этой области искажается по отношению к евклидовой, ее геометрия совпадает с геометрией четырехмерной сферической гиперповерхности. График компоненты  $g_{00}$  метрического тензора для поля тяготения неколлапсирующего объекта можно уподобить небольшой “ямке”, радиус кривизны которой много больше ее геометрического размера. Однако с ростом плотности вещества и приближением к коллапсу метрика все более деформируется, и “ямка” в конце концов превращается в своего рода “полость”, связанную с внешней поверхностью лишь узкой горловиной. Только одна эта горловина (или даже ее часть) и видна внешнему наблюдателю, тогда как непреодолимый барьер тяготения превращает центральную область объекта в “затерянный мир”.

С точки зрения внешнего мира это – черная дыра, необратимо поглощающая вещество и излучение. С другой стороны, для обитателей черной дыры “пуповина”, связывающая ее с внешним Миром, должна казаться сферической белой дырой, из которой непрерывно вещество и излучение поступают и, быть может, позволяют судить о свойствах этого внешнего Мира.

Может ли быть, что мы являемся обитателями именно такой черной дыры? Моя гипотеза утвердительно отвечает на этот вопрос. Отрицательный знак давления приводит именно к такому выводу. Да и сама замкнутость Вселенной получает ясную физическую интерпретацию.

В современной ОТО построена специфическая картина коллапса звезд, которая, вообще говоря, может изучаться в трех различных системах отсчета, причем обычно используются модели, построенные для «точечной» массы. Первая система связана с внешним наблюдателем, вторая – сопутствует падающей в черную дыру материи, третья – система отсчета наблюдателя изнутри коллапсирующего объекта.

С точки зрения внешнего наблюдателя время падения материи в коллапсирующую звезду является бесконечно большим. Однако при переходе к сопутствующей системе отсчета оно оказывается конечным. Уже в сопутствующей системе отсчета временная и пространственные координаты выражаются через оба типа координат внешней системы, а во внутренней системе время и пространство вообще меняются местами, причем компоненты метрического тензора оказываются зависимыми от времени. Далее, история любой материальной точки в этой сопутствующей системе начинается в нулевой момент и заканчивается через один и тот же конечный промежуток времени в особой (сингулярной) точке, после которого уже не существует ничего (“барьер времени”).

Как мне кажется, если рассматривать неточечный коллапсирующий объект, возможна иная “сшивка” внешней и внутренней картины коллапса. Уже никого не удивляет ситуация, при которой один и тот же промежуток времени в разных системах отсчета может быть конечным и бесконечным. Поэтому вполне непротиворечивым можно считать и то, что неограниченное сжатие (коллапс) черной дыры во внешней Супер-Вселенной выглядит изнутри (т.е. из нашей

Вселенной) неограниченным расширением. Начальная точка расширения является концом истории всех материальных точек внешней Супер-Вселенной, падающих в черную дыру. Особо подчеркну, что это не означает противоположного течения времени снаружи и внутри черной дыры. Скорее, можно утверждать, что внутри черной дыры время течет ортогонально внешнему времени.

## 6. Заключение

Таким образом, учет статического давления сжатия, обусловленного взаимным тяготением материи во Вселенной, и отказ от закона сохранения массы позволяют получить новое решение уравнений Эйнштейна-Фридмана, согласно которому метрика характеризуется конечной кривизной и линейно возрастающим со временем радиусом кривизны. В рамках нового подхода удается получить нетривиальное, но естественное решение целого ряда трудных космологических “загадок”.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [Буссо, 2007] Raphael Bousso. TASI Lectures on the Cosmological Constant. arXiv:0708.4231v2 [hep-th] 11 Sep 2007
- [Гуревич и Глинер, 1972]. Л.Э.Гуревич, Э.Б.Глинер. *Общая теория относительности после Эйнштейна*. Москва, Знание (сер. Физика), 1972.
- [Зельдович, Новиков, 1975] Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. *Строение и эволюция Вселенной*. Москва, Наука, 1975.
- [Клапдор-Клайнротхаус, Цюбер, 2000] Клапдор-Клайнротхаус Г. В., Цюбер К. *Астрофизика элементарных частиц*. Москва, Редакция журнала “Успехи физических наук”, 2000
- [Козырев, 1991] Козырев Н.А. *Избранные труды*. Ленинград, Издательство ЛГУ, 1991.
- [Логунов, 1988] Логунов А.А. *Новые представления о пространстве, времени и гравитации*. Международный ежегодник “Наука и человечество”, 1988.
- [Сажин, 2002] Сажин М.В. *Современная космология в популярном изложении*. Москва, Издательство “Едиториал УРСС”, 2002.
- [Толмен, 1974] Толмен Р. *Относительность, термодинамика и космология*. Москва, Наука, 1974.
- [Чернин, 2008]. Чернин А.Д. *Темная энергия и всемирная антигравитация*, УФН, том, 178, № 3, март 2008 г. с. 267-299.
- [Шульман, 2004] Шульман М.Х. *Вариации на темы квантовой теории*. Москва, Едиториал УРСС, 2004. Доступно по ссылке: [http://www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_quantum/Variations.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_quantum/Variations.pdf)
- [Шульман, 2006] Шульман М.Х. *Парадоксы, логика и физическая природа времени*. Доступно по ссылке: [http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/shulman\\_paradoksy.pdf](http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/shulman_paradoksy.pdf)
- [Шульман, 2007а] Шульман М.Х. *Коллапс обычный и необычный*. 2007. Доступно по ссылке: [http://www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_time/Collapse.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Collapse.pdf)
- [Шульман, 2007б] Шульман М.Х. *О проблеме пониженной светимости сверхновых*. 2007. Доступно по ссылке: [http://www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_time/svetimost.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/svetimost.pdf)
- [Шульман, 2007с] Шульман М.Х. *О реальности существования выделенной системы отсчета*. 2007. Доступно по ссылке: [http://www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_time/selected\\_frame\\_rus.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/selected_frame_rus.pdf)

**[Рэффел и Шульман, 2008]** Г. Рэффел, Шульман М.Х. *О феномене старейших реликтовых фотонов.* Доступно по ссылке:  
[http://www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_time/Oldest\\_photons\\_rus.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Oldest_photons_rus.pdf)