

© М.Х. Шульман, 2009 (shulman@dol.ru)

Космология и метаболизм

(08.01.2010. Обновлено 01.11.2010)

Nihil est sine ratione
(Ничего не происходит без причины)

Лейбниц

1. Предисловие

Что представляет собой Время? Почему Вселенная расширяется со временем? Оба этих фундаментальных вопроса до сих пор все еще остаются без окончательного ответа. В настоящей публикации автор предлагает новое понимание этой проблемы.

Космологическая концепция, которой посвящена данная публикация, к настоящему времени выглядит как синтез нескольких нетривиальных отдельных направлений мысли различных исследователей, в том числе:

- Общие представления о времени А.П. Левича, связывающие изменчивость с процессами обобщенного метаболизма для систем произвольного типа.
- Теория черных дыр и ее модификации, космологический “естественный отбор” черных дыр.
- Представления о ходе времени Н.А. Козырева: время в конечном счете “превращается” в энергию.
- Теория шаровой расширяющейся Вселенной (М.Х. Шульман)

Еще недавно связи между ними не были видны, но сегодня, как мне кажется, эти подходы могут быть с определенным успехом объединены в единое целое. Именно это я попытаюсь показать далее в настоящей публикации.

2. Время, изменчивость и метаболизм

Первое направление уже несколько десятилетий развивает основатель и руководитель междисциплинарного семинара проблем исследования времени, работающего на площадке МГУ, профессор биофака МГУ А. П. Левич (<http://www.chronos.msu.ru/rindex.html>). Оно имеет общенаучный, в большой степени философский характер. Только в 2009 году я обнаружил, что некоторые основополагающие идеи, которые были мной независимо сформулированы для конкретного космологического применения, в самом общем виде были высказаны Александром Петровичем много лет назад, в начале 80-х.

В его работах (см., например, [Левич, 1989, 2003, 2004]) была исследована возможность сконструировать фундаментальное представление о времени на основе обобщенной связи между изменчивостью и метаболизмом для систем произвольного типа.

С одной стороны, ранее многократно высказывались интуитивно понятные идеи, что для каждой эволюционирующей системы можно ввести характерную единицу времени, которая позволяет разумным образом выразить “возраст” системы. Например, в эмбриологии – это интервал между двумя последовательными делениями клетки, в экологии, генетике и этнографии – это

время между сменами поколений. В геологии – это продолжительность одной геологической эпохи, в физике газа – это среднее время между соударениями частиц, в астрономии – период орбитального движения небесного тела или системы, в истории – длительность той или иной исторической формации, и т.п.

С другой стороны, для каждого произвольного эволюционирующего объекта Левич предложил ввести некоторое абстрактное время в качестве *линейной* меры его изменчивости, в том или ином варианте принять его равным количеству меняющихся элементов. При этом отмечается возможная неравномерность такого времени, поскольку его промежутки, измеренные по “часам” двух различных эволюционных процессов, могут не совпадать. Время, измеряемое по “часам” той или иной динамической системы, Левич предлагает именовать “параметрическим” и понимать его как индикатор при отображении процесса изменчивости в линейно упорядоченное, метризованное множество.

Левич указывает, что любые изменяющиеся системы потребляют некоторый *ресурс*. Этот ресурс характеризуется набором числовых характеристик системы, которые: 1) с необходимостью сопровождают изменчивость системы; 2) растут монотонно с изменением системного времени и, тем самым, 3) могут служить для параметризации изменений. Количество “потребленного” ресурса и определяет так называемое “*метаболическое время*” системы. Использование понятия *внешнего* ресурса приводит как к идее течения и необратимости времени, так и к представлению об открытом и усложняющемся Мире.

3. Черные дыры и их типы

Оказывается, что понятия метаболизма и параметрического (метаболического) времени могут быть применены не только к вышеперечисленным “обычным” системам, но и к таким астрофизическим объектам, как черные дыры. Для них все вышеизложенное имеет нетривиальный смысл: черные дыры (ЧД) поглощают объекты своего окружения и *необратимо* расширяются именно вследствие и по мере этого. ЧД возникают в результате коллапса материи под действием сил тяготения. Возникшая таким образом область пространства причинно не связана со своим окружением, т.к. никакой сигнал не может выйти за ее пределы и перенести информацию о ее природе и состоянии.

Большинство физиков стали принимать черные дыры всерьез лишь в конце 60-х годов. Оказалось что черная дыра в некотором смысле допускает очень простое описание: оно определяется (подобно описанию элементарной частицы) всего тремя (!) степенями свободы – массой, моментом вращения и электрическим зарядом. Впервые математическое описание статичной невращающейся черной дыры дал Карл Шварцшильд в 1916 году. Затем в 1916 – 1918 г.г. Ханс Райсснер и Гуннар Нордстрём получили решение, учитывающее наличие у невращающейся ЧД электрического заряда. Далее, в 1963 году Рой Керр нашел стационарное осесимметрическое решение для вращающейся ЧД, но без заряда. И наконец, к 1965 г. было получено наиболее полное решение Керра – Ньюмена, учитывающее все три фактора.

Сейчас астрофизики выделяют три основных типа черных дыр: первичные ЧД (возникшие в момент рождения Вселенной), ЧД звездной массы (до десятков солнечных масс) и сверхмассивные черные дыры (СМЧД) в центрах галактик с массой в миллионы солнечных масс.

4. “Естественный отбор” черных дыр

Вернемся к концепции эволюции на основе метаболизма. Черные дыры возникают и эволюционируют, поглощая материю и энергию из внешней среды. В своей работе [Смолин, 1994] ее автор напоминает гипотезу Дж. Уилера о том, что каждая ЧД – это новая расширяющаяся вселенная, подобная нашей¹, причем каждый вновь родившийся экземпляр Вселенной может немного отличаться от “родителя” значениями фундаментальных физических констант. Смолин относит к их числу массы протона, нейтрона, электрона и нейтрино, а также константы связи слабых, сильных и электромагнитных взаимодействий. Делая ряд правдоподобных допущений, Смолин на примере конкретных процессов эволюции звезд в спиральных галактиках анализирует, как вариации этих констант могут повлиять на “численность потомства” ЧД (по его оценке, в нашей Вселенной рождается сотни черных дыр в секунду). Оказывается, что подобного рода спонтанные малые вариации должны в общем случае приводить к *уменьшению* числа рождающихся ЧД. Таким образом, возникает некий механизм эволюции, стабилизирующий параметры фундаментальных физических законов во Вселенной: он обеспечивает максимум производства черных ЧД. Считаю важным добавить, что ЧД – это объекты с максимальной энтропией, поэтому максимум их производства соответствует *максимальному* темпу роста энтропии во Вселенной. С другой стороны, в моей недавней работе было показано, что “энтропийные” свойства ЧД, отражаемые обобщенным вторым началом термодинамики Бекенштейна и так называемым “голографическим пределом” для энтропии системы, являются продолжением свойств обычного гравитирующего тела ([Шульман, 2010б]).

Интересно также отметить, что различные дочерние черные дыры возникают в разные моменты времени и растут с различной скоростью. Гипотетически возможно, что некоторые из этих дыр могут расширяться столь стремительно, что в конечном счете могут поглотить всю материнскую вселенную.

5. Свойства черных дыр: взгляд внешнего наблюдателя

Практическую космологию интересует, прежде всего, описание ЧД с точки зрения внешнего наблюдателя. В 70-х годах 20-века был предложен новый для теории черных дыр “мембранный” подход. В соответствии с ним горизонт событий (граничная поверхность) ЧД выглядит для внешнего наблюдателя как *двумерная физическая мембрана из вязкой жидкости* с определенными механическими, электрическими и термодинамическими свойствами, пишут авторы статьи [Новиков, Фролов, 2001].

Площадь горизонта событий в общем случае математически выражается всего через три независимых параметра: массу, заряд и момент вращения черной дыры. Поэтому можно выразить малое приращение *массы* в виде суммы трех слагаемых, обусловленных приращениями *площади горизонта, углового момента и заряда*. В этом соотношении, по форме аналогичном первому началу термодинамики, особый интерес представляет первое слагаемое, т.е. частное приращение

$$\delta M = (\theta/8\pi) \delta A,$$

¹ Я пришел к этой гипотезе самостоятельно, пытаюсь обосновать выдвинутую мной концепцию времени, и лишь в 2010 году узнал (надо отметить, с большой радостью и облегчением), что и здесь не был первым.

где δA – приращение площади горизонта событий, θ – поверхностный гравитационный заряд ЧД. Это слагаемое можно сопоставить “тепловому” слагаемому $\delta Q = T\delta S$ в обычной форме первого начала, где T – температура, а δS – приращение энтропии обычного объекта². Оказывается, что площадь A горизонта событий (неквантовой) ЧД обладает тем же свойством, что и энтропия S – она никогда не уменьшается в процессе эволюции, в том числе – при слиянии нескольких ЧД (теорема Хокинга)³. Таким образом, эволюция ЧД носит в общем случае необратимый характер, т.е. доля внутренней энергии, которую нельзя из нее извлечь, возрастает со временем. Более того, возрастает (или не убывает) со временем и суммарная энтропия ЧД и ее окружения (обобщенный второй закон термодинамики Бекенштейна).

С другой стороны, множитель перед δA , пропорциональный *поверхностному гравитационному заряду*, играет роль эффективной температуры T . Последняя характеризует процесс “теплого” излучения ЧД вследствие квантовых эффектов вблизи горизонта событий. Эта температура оказывается *обратно пропорциональной массе* ЧД, поэтому они (как звезды и другие сильно гравитирующие объекты) обладают *отрицательной* теплоемкостью.

6. Что происходит внутри черной дыры?

Вообразим смельчака, приближающегося на ракете к далекой черной дыре. Земным наблюдателям будет казаться, что по мере приближения к ЧД время для него будет замедляться до бесконечности, так что по земным часам он никогда не пересечет горизонт событий ЧД. Посылаемый им на Землю световой сигнал с точки зрения земного наблюдателя будет испытывать все более сильное (в пределе – бесконечное) “синее” смещение. Однако по собственным часам ракеты он пересечет горизонт событий ЧД за конечное время и, пока его не разорвет на части продольный градиент приливной силы, казалось бы, сможет наблюдать внутреннюю область дыры.

Первые попытки теоретически описать то, что происходит внутри черной дыры Шварцшильда, относятся к концу 70-х годов. Представление о ЧД как о мембране, абсолютно справедливое для *внешнего* наблюдателя, в современной общей теории относительности (ОТО) считается непригодным для наблюдателя, проникающего в ЧД через ее горизонт событий, т. е. для *внутреннего* наблюдателя.

При этом ОТО исходит из решений уравнений Эйнштейна, *продолженных* внутрь черной дыры. Популярное описание различных известных решений можно найти в [Kaufman, 1977], где обсуждаются крайне экзотические их особенности – интригующая внутренняя структура ЧД, центральная сингулярность, связь с бесконечно удаленными во времени состояниями нашей Вселенной и даже с другими вселенными.

Все эти решения принципиально основываются на сохранении в произвольной *внутренней* точке ЧД *зависимости решения от расстояния до ее центра*. Вследствие этого возникают некоторые фундаментальные проблемы (см. [Новиков и Фролов, 2001]). Во-первых, в решении обязательно возникает

² Температура излучения Хокинга $T_H = (\hbar/2\pi ck)\theta$ совпадает с температурой Унру $T_U = (\hbar/2\pi ck)a$, где a – эффективное ускорение, создаваемое полем поверхностного гравитационного заряда. Иными словами, именно этим зарядом определяется напряженность гравитационного поля.

³ Отметим, что энтропия, например, Солнца на 20 порядков меньше, чем энтропия черной дыры с такой же массой. Этот факт объясняют тем, что при образовании черной дыры вся информация о ее структуре полностью утрачивается внешним наблюдателем (см. [Bekenstein, 2003]).

начальная сингулярность внутри черной дыры (это отчасти напоминает сингулярность для гравитационного или электростатического потенциала точечного заряда в классической физике):

Вблизи от этой сингулярности, где кривизна пространства-времени приближается к планковской величине, общая теория относительности неприменима... , поэтому обсуждение физики в этой области было бы в высшей степени умозрительным **[Новиков и Фролов, 2001]**.

Во-вторых, возникают парадоксы, связанные с направлением течения времени и причинностью. Оказывается, например, что:

... положение горизонта [событий] и его расширение до пересечения с [падающей на ЧД тонкой материальной] оболочкой зависят от событий в будущем (коллапса массивной оболочки)... Это поведение выглядит так, как если бы мембрана дыры жила во времени, которое течет в противоположном направлении: из будущего в прошлое.

... внутренняя структура типичной вращающейся черной дыры ... решающим образом зависит от условий на горизонте событий в очень удаленном будущем внешнего наблюдателя, ... например, от конечного состояния испарения черной дыры, от возможных столкновений черной дыры с другими черными дырами и от судьбы самой Вселенной. Ясно, что теоретики чувствуют себя весьма неуютно в таких обстоятельствах... **[Новиков и Фролов, 2001]**.

7. Новый подход для области внутри ЧД

Указанные проблемы, с моей точки зрения, обусловлены неверной посылкой о том, что внутреннее решение для ЧД является продолжением внешнего решения.

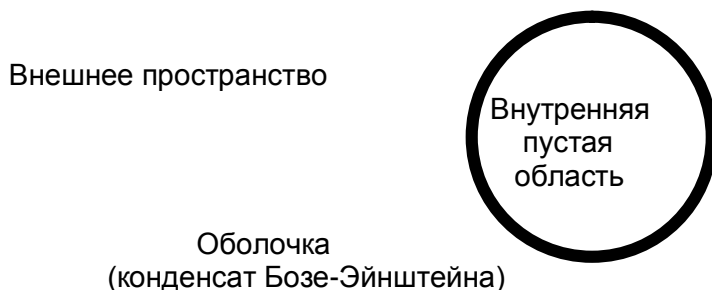


Рисунок 1. "Гравастар".

Отказ от такой стандартной концепции внутренней структуры ЧД и новое решение для конечной точки гравитационного коллапса были предложены, например, в работе **[Mazur and Mottola, 2002]**. В ней предлагается модель ЧД с не содержащей материи обычной внешней областью, однако вместо поверхности горизонта событий вводится граничная область, содержащая конденсат Бозе-Эйнштейна и обладающая малой, но конечной толщиной (не более, чем на несколько порядков превышает планковскую длину). Наконец, внутренняя область ЧД представляет собой пустое пространство-время де Ситтера. Новое решение не имеет ни сингулярностей, ни горизонтов событий, и характеризуется единым глобальным временем. Энтропия граничной фазы соответствует стандартной гидродинамической энтропии, так что информационный парадокс также исчезает. В отличие от черных дыр, коллапсирующая звезда такого типа (авторы

предложили для нее название “гравастар”, см. рис. 1) термодинамически устойчива.

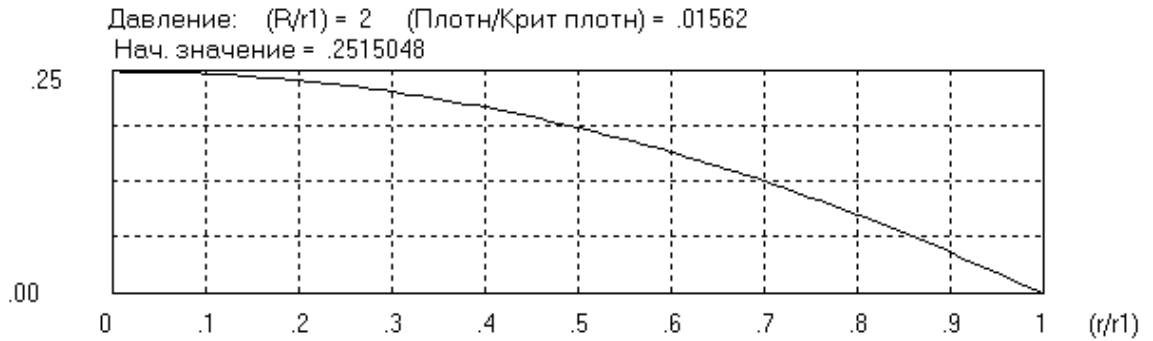


Рисунок 2. Распределение давления вдалике от режима коллапса

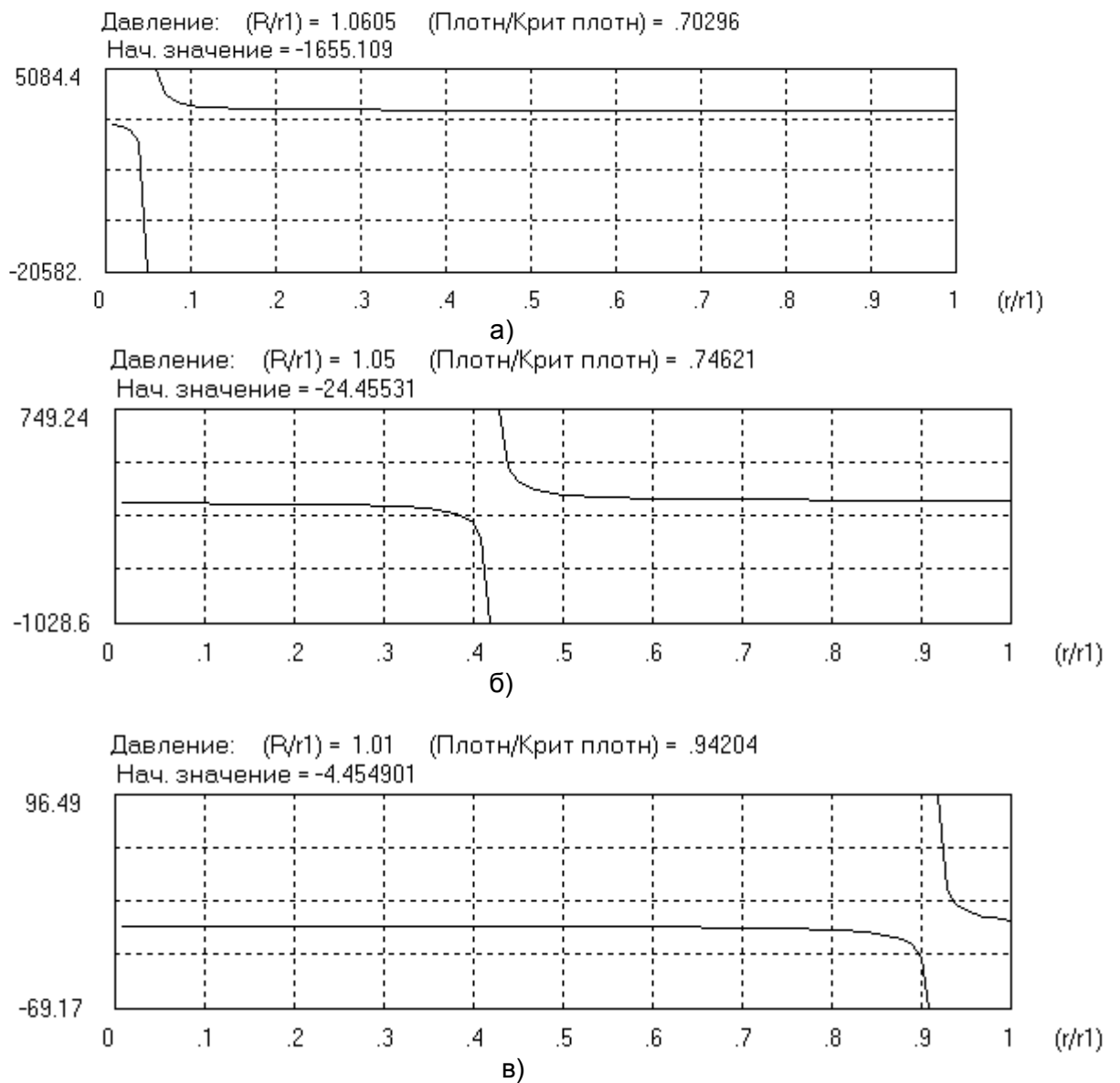


Рисунок 3. Переход к разрывному поведению давления при приближении к режиму коллапса

Данная модель очень близка к представлению о мембране для внешнего наблюдателя. С другой стороны, она опирается на картину фазового перехода обычной материи в конденсат Бозе-Эйнштейна, которая в данном случае содержит достаточно много допущений, а фигурирующая в модели оболочка имеет хоть и очень малую (близкую к “планковской”), но все же конечную толщину.

Мое собственное исследование [Шульман, 2007а], основанное на известных результатах ОТО, выявило не менее интригующую картину того, что происходит при образовании черной дыры с объектом конечных размеров (т.е. не точечного). Если в режиме, далеком от коллапса, распределение давления внутри объекта положительно и монотонно убывает от центра шара к его границе (рис.2), то при приближении к режиму коллапса в его центре возникает *точка разрыва давления*, которая постепенно вытесняется к его границе (рис. 3). По обе стороны этой точки давление бесконечно по величине, но имеет разные знаки.

Это побудило меня предложить еще более радикальную концепцию для описания ЧД в нашей Вселенной, которая также может послужить основой для объяснения свойств самой Вселенной. Данная концепция предполагает, что мембранная оболочка *действительно возникает* на горизонте событий ЧД, но в результате гравитационного коллапса там происходит *изменение топологии пространства* – само физическое пространство исчезает, как таковое, внутри ЧД, а *граница между внешней и внутренней областями приобретает размерность, на единицу меньшую чем размерность внешнего пространства* (т.е. в данном случае граница будет двумерной).

При таком подходе представление о двумерности граничной мембраны оказывается не приближенным, а абсолютно точным. Вся масса черной дыры окажется сосредоточенной в этой двумерной области⁴ вполне однородным образом, поскольку различий, зависящих от удаленности относительно центра, не будет. Становится также понятным, почему энтропия в окружающей *внешней* среде в среднем пропорциональна *объему* элемента среды, а в мембране – *площади* элемента поверхности мембраны.

8. Наша Вселенная в роли ЧД во внешней супер-вселенной

Согласно моей точке зрения, в момент гравитационного коллапса происходит понижение на единицу размерности граничной области, а внутри ЧД нет вообще ничего (ни пространства де Ситтера, ни какого либо иного пространства в физическом и математическом понимании этого термина). При дальнейшем поглощении материи и энергии поверхность горизонта событий *растет*. Эта *поверхность растет быстрее массы* ЧД, так что плотность поверхностного гравитационного заряда уменьшается.

С точки зрения гипотетического 2-мерного наблюдателя, находящегося на этой поверхности, его 2-мерная вселенная *растет*, причем реальной мерой изменчивости этого мира будет изменчивость полной массы и, соответственно, его радиуса кривизны. Если такой наблюдатель располагает способом сравнивать радиус кривизны с некоторым фиксированным эталоном, то он может *определить в качестве меры изменчивости своей вселенной величину – интервал параметрического времени, пропорциональный приращению ее радиуса*. Добавим, что для этого наблюдателя в его вселенной не будет выполняться закон сохранения энергии (полная масса и энергия непрерывно растут).

⁴ В качестве аналогии рассмотрим зависимость от центра для потенциала электрически заряженного шара в классической физике. Вне шара поле совпадает с полем эквивалентного точечного заряда. В то же время поле внутри шара зависит от того, как расположены заряды в шаре – если распределены только на его поверхности, то поле внутри шара будет равно нулю.

Сравнивая с этой ситуацией поведение нашей собственной Вселенной, мы, прежде всего, обращаем внимание на то, что она также расширяется. В 1993 году, размышляя над идеями Н.А. Козырева о ходе времени, я пришел к концепции Вселенной в виде сферической 3-мерной оболочки 4-мерного евклидова шара ([Шульман, 2007б]). Увеличивающийся радиус шара я отождествил с возрастом Вселенной, придав ему простой и ясный смысл *параметрического времени*. Скорость света в такой модели обрела статус эмпирически определенного коэффициента для перехода от измерения длины вдоль 3-мерной *поверхности* шара к измерению длины вдоль *нормали* к этой поверхности. С другой стороны, статус скорости света как *предельно возможной скорости* простым образом отвечает предельному углу (90°) возможного наклона 4-мерной мировой линии движения тела относительно пространственного сечения Вселенной, т.е. 3-мерной сферической поверхности. Такая модель может быть выведена из предположения, что *наша Вселенная является 3-мерной черной дырой, т.е. 3-мерной мембраной – горизонтом событий, отделяющим некоторую внутреннюю 4-мерную область от 4-мерного окружающего пространства.*

9. Решение стандартной космологической модели (без Λ)

Напомним, какие решения были получены в общей теории относительности до того, как их удалось подвергнуть сравнению с данными наблюдений, т.е. без учета космологической постоянной Λ (рис. 4).

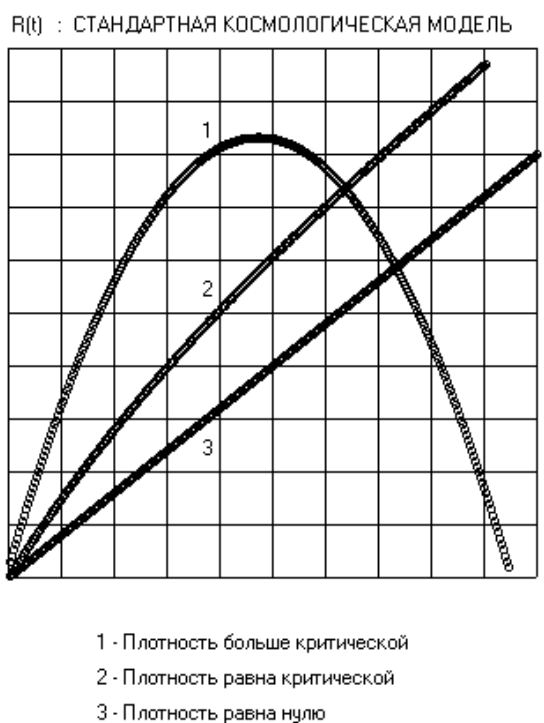


Рисунок 4. Модели эволюции Вселенной в ОТО без учета Λ .

Такое решение было получено при двух фундаментальных допущениях:

- Давление полагается равным нулю.
- Полная масса (и энергия) Вселенной сохраняется постоянной

10. Геометрия пространственной Вселенной и время

Заметим, что по мере приближения к коллапсу геометрия внутри и на поверхности коллапсирующего объекта становится все более отличной от геометрии плоского евклидова пространства, и при наступлении коллапса оказывается сферической, замкнутой на себя. Это вступает в противоречие с утверждением стандартной космологической модели, что пространственная геометрия нашей Вселенной может быть “плоской”.

Итак, согласно предлагаемой мной гипотезе (теория шаровой расширяющейся Вселенной – ТШРВ), пространственная геометрия, рассматриваемая в каждый конкретный момент времени, является сферой определенного конечного радиуса. Само время мы согласились считать параметром, пропорциональным массе и радиусу Вселенной, так что локально время можно рассматривать как вектор, направленный перпендикулярно 3-мерной пространственной Вселенной, в каждой точке Вселенной это направление уникально и, вообще говоря, не совпадает с направлением вектора в других точках.

С глобальной геометрической точки зрения время можно представить себе в виде образующей 4-мерного конуса. Чтобы было понятнее, о чем идет речь, рассмотрим три простейшие модели космологической эволюции, представленные на рис. 5 в виде конусов. Вершина каждого конуса соответствует Большому Взрыву, а нижнее основание конуса – *текущему* пространственному сечению, т.е. схематическому изображению Вселенной в современную эпоху. Ось времени на верхних элементах рис. 5 направлена (в сопутствующей системе отсчета) вдоль образующей (меридиана) конуса от его вершины вниз к основанию, тогда как “мгновенным” состояниям Вселенной соответствуют “параллели”, перпендикулярные меридианам.

Из этого рисунка видна необходимость отличать тип геометрии для чисто пространственного сечения 4-мерного конуса (т.е. для Вселенной в фиксированный момент времени) от типа геометрии для пространственно-временного сечения (т.е. глобального графика эволюции во времени применительно к выбранной 3-мерной пространственной точке Вселенной). Действительно, для всех трех моделей на нашем рисунке Вселенная в каждый фиксированный момент времени упрощенно изображается замкнутой окружностью. Это означает, что расширяющаяся Вселенная в каждый момент времени (*независимо от модели, т.е. от значения плотности*) представляет собой замкнутое на себя 3-мерное многообразие, т.е. конечную 3-мерную неевклидовую гиперповерхность 4-мерного конуса. А вот когда мы рассматриваем пространственно-временное сечение этого конуса, содержащее его образующую, мы получаем право говорить о различных возможных моделях эволюции Вселенной, зависящих от соотношения между фактической и критической плотностью. В нижней части рис. 5 отражена соответствующая “неравномерность” расширения Вселенной.

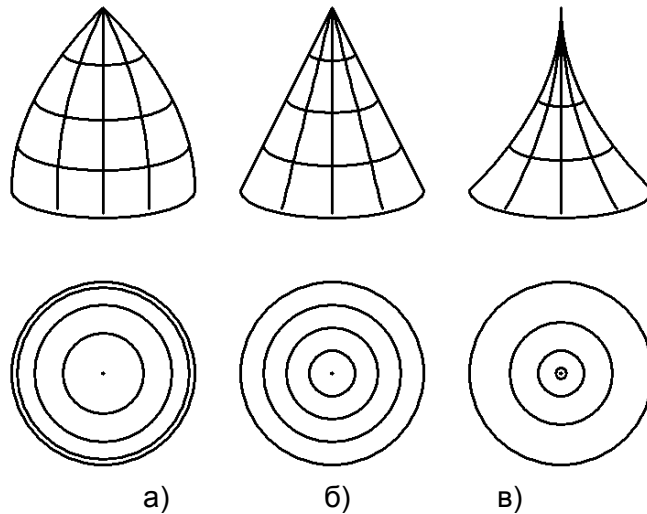


Рисунок 5.
 Геометрическое представление расширяющейся Вселенной
 (а) с замедляющимся расширением
 (б) с равномерным расширением
 (в) с ускоряющимся расширением

Возникает фундаментальный вопрос: а каким образом течение времени “воспринимается” каждым объектом во Вселенной (об этом свидетельствует наш повседневный опыт)? Ответ, как я считаю, дает квантовая механика. Действительно, каждый микрообъект характеризуется собственной волной де Бройля и поэтому снабжен “встроенными” часами и линейкой – это период и длина указанной волны.

Волновой процесс является нелокальным феноменом, т.е. охватывает всю Вселенную. При изменении радиуса 4-мерного шара изменяется число волн, укладывающихся по его периметру. Можно говорить о двух “квантовых числах” – об отношении возраста Вселенной к периоду волны де Бройля и об отношении пространственного радиуса Вселенной к длине волны де Бройля. Поразительный факт состоит в том, что первое квантовое число оказывается энергией частицы, а второе – ее импульсом (математическое выражение для них точно соответствует принятым в физике). Законы сохранения энергии и импульса утрачивают характер таинственных аксиом и приобретают простой и ясный смысл: в течение небольших по космологическим масштабам интервалах времени размер Вселенной можно считать неизменным (за год – с относительной точностью порядка 10^{-10}), поэтому практически неизменна энергия. С той же точностью оказывается справедливым утверждение об однородности времени – предпосылка известной теоремы Нётер.

11. Формализм ТШРВ

Математически формализм ТШРВ основан на тех же общерелятивистских уравнениях Эйнштейна – Фридмана, что и стандартная космологическая модель (СКМ). Однако при *решении* этих уравнений вводятся два принципиальных отличия. Следует отказаться от двух общепринятых космологических допущений, а именно:

- Статическое давление материи не полагается априорно тождественно равным нулю, а ищется при решении уравнений.
- Закон сохранения энергии не используется в качестве аксиомы, поскольку в общем случае неприменим для Вселенной в масштабе времени ее существования.

Первым столкнулся с проблемой давления сам Эйнштейн: в своей модели Вселенной он (по не вполне непонятным для меня причинам) не нашел места для отрицательного давления, хотя без него статическая модель Вселенной вообще не могла существовать. Пришлось придумать “космологическую постоянную”, т.е. по существу то же давление (и отвечающую ему энергию), которая и до сих пор, с моей точки зрения, вводит в заблуждение космологов и побуждает их к поиску безуспешных и фантастических объяснений. В действительности, как мы видели, еще в преддверии коллапса материального объекта давление может становиться отрицательным (и даже бесконечным по абсолютной величине). Более того, отрицательное давление в точности отвечает отрицательной энергии гравитационного поля, заставляя тела взаимно *притягиваться* (а не отталкиваться).

Что же касается закона сохранения энергии, то, как уже было сказано, для *расширяющейся* Вселенной, “питающейся” материей и энергией за счет внешней среды, этот закон не может выполняться *точно*, хотя в настоящую эпоху справедлив с относительной погрешностью всего лишь порядка 10^{-10} за год.

Отказавшись от двух допущений, необходимо что-то принять вместо них. Новое допущение состоит в том, что в явном виде вводится *параметрическое* время, строго *равное возрасту* Вселенной (если скорость света принять равной единице). Как уже говорилось, такое время просто параметризует состояние Вселенной как черной дыры при данной ее массе, подобно тому, как годовые кольца параметризуют состояния дерева.

Тогда из обычных космологических уравнений Эйнштейна – Фридмана для модели эволюции Вселенной в параметрическом времени давление и энергия находятся уже как решение этих уравнений. Это решение, как и должно быть, определяет (отрицательное) давление функцией, в точности отвечающей величине гравитационной энергии и массе Вселенной, которая изменяется во времени линейно. Такое решение позволяет объяснить очень многие космологические характеристики наблюдаемой Вселенной.

В частности, становится ясным физический смысл Большого Взрыва – он оказывается началом гравитационного коллапса⁵ некоторого объекта, наблюдаемым “изнутри”, т.е. наблюдателем из 3-мерной мембраны. Возраст этой мембраны строго пропорционален ее текущему 3-мерному радиусу. *Масса каждого объекта (как и масса всей Вселенной) растет линейно во времени и, таким образом, неожиданно и своеобразно оказывается справедливым тезис Н.А. Козырева о преобразовании времени в энергию.*

На рис. 6 показаны ([Шульман и Рэффел, 2008]) безразмерные зависимости масштабного фактора Вселенной от ее возраста для различных моделей эволюции: красная линия соответствует ТШРВ (SEUT), тогда как зеленая и синяя кривые – двум версиям СКМ. При этом синяя кривая отвечает ненулевой космологической постоянной, численное значение подобрано космологами из соображения наилучшего совпадения с данными наблюдений. Заметим, что

⁵ См. выше сноску¹: аналогичная гипотеза со ссылкой на Дж. Уилера приводится в публикации [Смолин, 1994].

введение космологической постоянной заведомо определяет *нелинейную* эволюцию синей кривой.

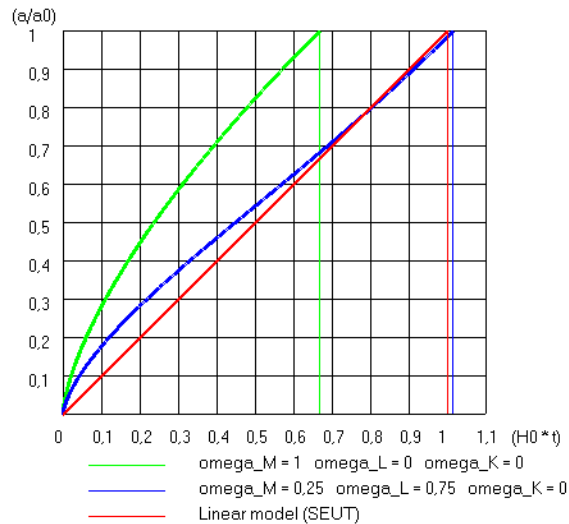


Рисунок 6. Изменение размера Вселенной с возрастом

12. Аргументы в пользу ТШРВ

К настоящему времени накопился ряд серьезных доводов, побуждающих отдать предпочтение ТШРВ, а не СКМ. Рассмотрим их.

Существование предельной физической скорости. В ТШРВ 3-мерная скорость объекта соответствует синусу угла наклона мировой линии относительно нормали к 3-мерной поверхности (рис. 7). Поскольку существует предельный угол отклонения (90°), постольку существует и предельная скорость (синус угла наклона равен 1).

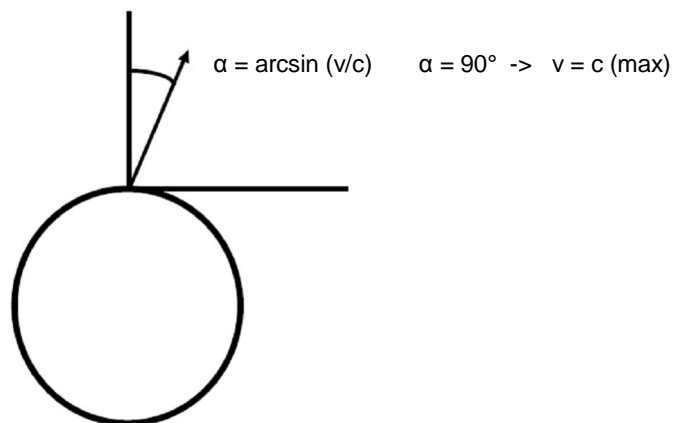


Рисунок 7. Геометрическое объяснение существования предельной скорости

Вселенная как черная дыра. В пользу гипотезы о том, что наша Вселенная является черной дырой, свидетельствует, прежде всего, взаимосвязь между ее размерами и средней плотностью материи. Интересно взглянуть на следующую таблицу ([Шульман, 20106]):

Отношение $(\rho/\rho_{кр})$ для различных астрофизических объектов

Объект	Масса M (кг)	Радиус R (м)	Гравитационный радиус R_G (м)	$(\rho/\rho_{кр}) = (R_G/R)^3$
Земля	$6 \cdot 10^{24}$	$6 \cdot 10^6$	10^{-2}	$\sim 10^{-26}$
Солнце	$2 \cdot 10^{30}$	$7 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^3$	$\sim 10^{-16}$
Млечный Путь	$3 \cdot 10^{42}$	$\sim 10^{19}$	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^{-12}$
Вселенная	$\sim 10^{53}$	$\sim 10^{26}$	$\sim 10^{26}$	~ 1

Эта гипотеза также дает внятный ответ на вопрос, каким образом возникла нашей Вселенной, или что собой представляет “Большой Взрыв”. Она, собственно, объясняет сам факт замкнутости Вселенной как единой сущности, ее отделенность от чего бы то ни было более глобального. Наконец, она позволяет конструктивно изучить выполнимость закона сохранения энергии: наша гипотеза говорит о том, что в настоящее время этот закон выполняется лишь с относительной точностью порядка 10^{-10} в год.

Трудности с космологической постоянной, проблема энергии вакуума.

Чтобы добиться согласия с данными наблюдений, СКМ была вынуждена ввести в уравнения Эйнштейна-Фридмана так называемую космологическую постоянную Λ и подобрать ее численное значение подходящим образом. Это противоречит известному принципу – не изобретать лишних сущностей (“бритва Оккама”), приводит к оценке энергии вакуума на 122 порядка меньше, чем дают квантово-механические расчеты. Кроме того, как я считаю, энергия “нулевых” колебаний вакуума не может быть извлечена и использована ни для гравитационного расширения Вселенной, ни для чего бы то ни было еще, поскольку отвечает состоянию с наименьшей возможной энергией. И, наконец, размер Вселенной менялся и меняется с течением времени, а величина Λ полагается (во всяком случае, при “подгонке” космологической модели к астрофизическим данным) неизменной. Что касается ТШРВ, в ней космологическая постоянная просто отсутствует, а степень согласия с данными наблюдений та же, что и в СКМ.

Анализ спектра микроволнового фонового космического (реликтового) излучения (РИ). Прежде всего, речь идет о так называемой дипольной анизотропии РИ. Общепринятого объяснения этого эффекта нет, а он, между прочим, находится в принципиальном 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, приходящего 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.

Есть и еще один любопытный аспект. И на спектре мощности температуры, и на спектре кросс-корреляции между температурой и поляризацией реликтового излучения имеется пик для момента, приблизительно равного 4. СКМ не может 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° [Шульман и Рэффел, 2008].

Достижением СКМ считается также правильное определение положения основного пика спектральной мощности РИ. Обосновывая это значение, СКМ приписывает геометрии Вселенной *евклидовый* характер. Однако в работе [Шульман, 2010а] показано, что правильное значение соответствующего угла (0.6°) может быть найдено совершенно независимо от гипотезы о евклидовости метрики Вселенной, а вывод СКМ содержит всего лишь необходимое, но не достаточное условие для получения правильного результата.

Наблюдение галактик. Важным космологическим тестом является зависимость от красного смещения углового размера наблюдаемых галактик. Опубликованы работы, в которых показано, что экспериментальные данные не соответствуют предсказаниям СКМ. Нами проделаны теоретические исследования, где фактически удалось добиться неплохого совпадения предсказаний ТШРВ с данными наблюдений при определенных допущениях.

Совпадение фактической зависимости углового размера галактик от красного смещения получается только при условии *линейной пропорциональности между размером галактик и текущим значением масштабного фактора*. В СКМ размер галактик принимается неизменным (расширение Вселенной происходит только в самом крупном масштабе расстояний, размер галактик стабилизируется условием гравитационной устойчивости), т.е. это условие не может быть выполнено. В то же время в ТШРВ и размер, и масса галактик и любых других объектов увеличивается в той же мере, что и размер Вселенной, при этом гравитационное равновесие в процессе расширения не меняется ([Шульман и Рэффел, 2010]).

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 ([Шульман, 2007б]) именно такое ($\rho = 2\rho_{кр}$) соотношение между фактической и критической плотностями!

Пониженная светимость Сверхновых типа Ia. В стандартной космологической модели тот факт, что при данном красном смещении далекие сверхновые кажутся темнее, чем ожидалось, приписывается положительному космологическому члену $\Lambda \approx 0.73$ и, соответственно, ускоренному расширению Вселенной в настоящую эпоху (значение 0.73 и подобрано так, чтобы предсказание теории совпало с результатом наблюдений). В ТШРВ не требуется использовать “свободный” параметр, она непосредственно дает результат, который в пределах погрешности наблюдений совпадает с предсказанием СКМ при $\Lambda \approx 0.73$ и результатами наблюдений ([Шульман, 2007г]). Ускоренного же (или замедленного) расширения Вселенной в ТШРВ не может быть по определению, так что наша эпоха в этом смысле ничем не отличается от любой другой.

Выделенная система отсчета. В теории относительности постулируется равноправие инерциальных систем отсчета и отсутствие какой-либо выделенной системы отсчета. Между тем, на вращающиеся системы отсчета это явно не распространяется, что подтверждается хорошо и давно известными опытами с гироскопами и др. Недавно появилась работа [Gron and Braeck, 2009]), авторы которой основывают этот феномен именно на существовании выделенной системы отсчета, связанной с космическим горизонтом вокруг нашей Вселенной. Более того, в работе [Шульман, 2009г] я утверждаю, что в действительности при полном облете замкнутой Вселенной различие между прямолинейным и

вращательным движением вообще исчезает. И это не только теоретическое рассуждение: как указано выше, в работе [Шульман и Рэффел, 2008] показано, что подобный облет Вселенной реликтовыми фотонами должен приводить к пику в начале температурного спектра мощности (при $l \approx 5$) космического фонового излучения, который реально наблюдается (рис. 8), но не имеет никакого общепринятого объяснения в современной космологии.

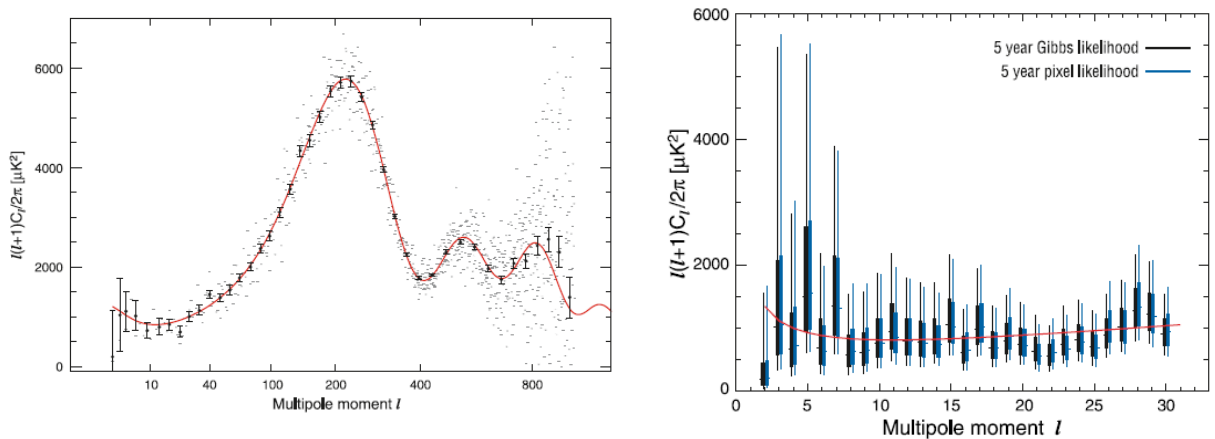


Рисунок 8.

Спектр мощности температурных флуктуаций фонового излучения [Dunkley et al., 2008]

Таким образом, ТШРВ согласуется с данными наблюдений, хотя по результатам некоторых тестов эффективно разделить модели не удастся. Вместе с тем ТШРВ предлагает еще один тест, который мог бы оказаться решающим. Речь идет о возможном объяснении дипольной анизотропии космического фонового излучения и о предсказании различия в величине красного смещения солнечного излучения в течение годового обращения Земли вокруг Солнца ([Шульман, 2007в]).

13. Космология и энтропия

Современная космология де-факто рассматривает Вселенную как замкнутую систему, в частности – при интегрировании уравнений Эйнштейна – Фридмана. Это вызывает ряд трудностей при объяснении реально наблюдаемой картины, в том числе полного несоответствия состоянию равновесия. Поэтому де-юре космология ссылается на общую теорию относительности, согласно которой мир как целое должен рассматриваться не как замкнутая система, а как система в переменном гравитационном поле, для которой второе начало термодинамики может и не выполняться.

Моя модель предлагает новую точку зрения на термодинамику нашей Вселенной. В этой модели энтропия Вселенной *уменьшается*, а не возрастает, поскольку, подобно рабочему телу тепловой машины, она получает энергию извне при относительно высокой температуре, а отдает ее собственным (“внутренним”) сверхмассивным черным дырам⁶ практически при нулевой температуре по шкале Кельвина. Поэтому космологическая стрела времени в нашей Вселенной имеет термодинамическое происхождение и первична по отношению к трем другим стрелам времени – биологической (направление эволюции), термодинамической и психологической. Именно это обуславливает непрерывную дифференциацию

⁶ Сверхмассивные черные дыры в центрах галактик вносят доминирующий вклад в энтропию нашей Вселенной ([Egan and Lineweaver, 2009]).

структуры Вселенной и все большее отклонение от состояния ее равновесия на протяжении 13,7 млрд лет параметрического времени [Шульман, 2009в].

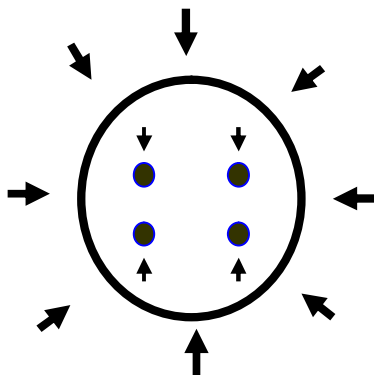


Рисунок 9. Вселенная как тепловая машина: потоки энергии извне и во внутренние ЧД

Такая эволюция, несомненно, связана с тем, что как ЧД, так и сформировавшиеся звезды галактики, являясь сильно гравитирующими физическими системами, обладают *отрицательной* теплоемкостью. Иными словами, звезды излучают свою энергию и *нагреваются*, а ЧД поглощают эту энергию и *охлаждаются*. Таким образом, различие температур и удаленность от равновесного состояния в галактиках в течение миллиардов лет должны не уменьшаться, а нарастать.

Уместно коснуться вопроса о *белых дырах*. Для внешнего наблюдателя ЧД предстает своей ограничивающей поверхностью горизонта событий. Если предложенная нами гипотеза верна, то размерность внешней среды на единицу больше внутреннего пространства ЧД. Иными словами, 3-мерная сферическая поверхность, представляющая собой нашу Вселенную, *в каждой своей точке контактирует с внешней супер-Вселенной*, т.е. материя, энергия и информация “рождается” (поступает извне) в каждой точке нашей Вселенной. Поэтому, в отличие от ЧД, такая *белая дыра* по отношению к ней должна мыслиться как *абсолютно глобальный и вечный объект*.

Ссылки:

[Bekenstein, 2003] Jacob D. Bekenstein. Black holes and information theory. ArXiv:quant-ph/0311049v1 9 Nov 2003

[Dunkley et al., 2008] Dunkley et al. Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Likelihoods and Parameters from the WMAP data. ArXiv:astro-ph/0803.0586v1 5 Mar 2008

[Egan and Lineweaver, 2009] Ch. Egan and Ch. Lineweaver. A larger estimate of the entropy of the universe. ArXiv:0909.3983v1 [astro-ph.CO] 22 Sep 2009. См. русский перевод “Увеличенная оценка энтропии Вселенной” по ссылке

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_translation/Universe_entropy.pdf

[Gron and Braeck, 2009] Gron O. and Braeck S. A cosmic solution to the twin paradox. arXiv:0909.5364v1 [gr-qc] 29 Sep 2009. См. русский перевод “Космическое решение парадокса близнецов” по ссылке

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

[Kaufman, 1977] William Kaufman. The cosmic frontiers of General Relativity. Little Brown & Co (T), 1977. Русский перевод: Уильям Кауфман. Космические рубежи теории относительности. М., "Мир", 1981. Главы из книги доступны по ссылке :

<http://www.astronet.ru/db/msg/1174703/kaufman-toc.html>

[Komatsu et al., 2010] Komatsu et al. Seven-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Cosmological Interpretation. ArXiv: 1001.4538v2 [astro-ph.CO] 12 Feb 2010

[Mazur and Mottola, 2002] Pawel O. Mazur and Emil Mottola. Gravitational Condensate Stars: An Alternative to Black Holes. ArXiv:gr-qc/0109035v5 27 Feb 2002

[Smolin, 1994] Lee Smolin. The fate of black hole singularities and the parameters of the standard models of particle physics and cosmology, arXiv:gr-qc/9404011v1 7 Apr 1994

[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.

[Левич, 1989] Левич А.П. Метаболическое время естественных систем. Академия наук СССР. Всесоюзный НИИ системных исследований. Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1988. Издательство "Наука", М., 1989. Доступно по ссылке:

http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/levich_sistemnye.djvu

[Левич, 2003] Левич А.П. Метаболический и энтропийный подходы в моделировании времени. Доступно по ссылке:

http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/levich_metabolichesky/levich_metabolichesky.htm

[Левич, 2004] Левич А.П. Почему выполняются экстремальные принципы для энтропии и времени? В сб.: Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое. М.: КЦ "Акрополь". 2004. С. 87-94. Доступно по ссылке:

http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/levich_pochemu.htm

[Новиков и Фролов, 2001] Новиков И.Д., Фролов В.П. Черные дыры во Вселенной. УФН, том 171, № 3. Март 2001 г. С. 307-324

[Шульман, 2007а] Шульман М.Х. Коллапс обычный и необычный. 2007. Доступно по ссылке: http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Collapse.pdf

[Шульман, 2007б] Шульман М.Х. Космология: новый подход. Доступно по ссылке: http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/New_approach.pdf

[Шульман, 2007в] Шульман М.Х. О реальности существования выделенной системы отсчета. 2007. Доступно по ссылке:

www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/selected_frame_rus.pdf

[Шульман, 2007г] 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:

www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Oldest_photons_rus.pdf

[Шульман, 2009а] Шульман М.Х. Время и космологический метаболизм. Доступно по ссылке: http://www.timeorigin21.narod.ru/Time_and_metabolism_rus.pdf

[Шульман, 2009б] Шульман М.Х. Время и черные дыры. Доступно по ссылке: http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Time_and_BH_rus.pdf

[Шульман, 2009в] Шульман М.Х. Время, энтропия и Вселенная. Доступно по ссылке: http://www.timeorigin21.narod.ru/Time_and_entropy_rus.pdf

[Шульман, 2009г] Шульман М.Х. Парадокс близнецов и абсолютная система отсчета. Доступно по ссылке:

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

[Шульман и Рэффел, 2010] Шульман М.Х., Рэффел Г. Об эволюции угловых размеров галактик. Доступно по ссылке:

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

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

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

[Шульман, 2010а] Шульман М.Х. Расширение Вселенной и главный пик спектра фонового космического излучения. Доступно по ссылке:

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

[Шульман, 2010б] Шульман М.Х. Энтропия источника поля тяготения. Доступно по ссылке:

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