

Мифы “темной энергии”

Д. Е. Бурланков

14 апреля 2008 г.

1 Кризис Общей теории относительности

Общая теория относительности (ОТО), давшая физике исключительно плодотворные идеи о кривизне и динамичности пространства, зашла в тупик. Этот тупик отчетливо виден в *квантовой теории гравитации*, суррогаты которой, выросшие из ОТО, – *петлевая теория гравитации* и теория струн – т. наз. *двумерная гравитация* (не имеющая никаких точек соприкосновения с физикой ОТО, кроме схожих математических проблем, связанных с общей ковариантностью), продемонстрировали полную несостоятельность в решении проблем пространства и времени при переходе в квантовую область. В этих теориях успешно решаются проблемы, возникшие внутри них самих, но никакого выхода в квантовую физику пространства и времени не видно в сколь-нибудь обозримой перспективе.

Однако квантовая теория гравитации – это область работы узкого круга теоретиков, многие из которых даже с гордостью заявляют, что вряд ли следует ожидать в ближайшем будущем каких-либо экспериментальных данных, связанных с этой областью физики. Но напрямую с Общей теорией относительности связан один из самых бурно развивающихся разделов науки – *динамика Космоса*. Космические обсерватории, оснащенные самой современной аппаратурой, получающие сигналы из космоса и в широком оптическом диапазоне (видимом, инфракрасном, ультрафиолетовом), и в радио- и рентгеновском диапазонах, непрерывно посылают информацию на Землю, обрабатываемую затем мощнейшими компьютерами. И вот это обилие наблюдаемых данных однозначно приводит к выводу о неспособности ОТО служить теоретической базой динамики Космоса.

Об этом, прежде всего, говорят “*самые выдающиеся открытия XX века*”: *темная материя* и *темная энергия*. Это придуманные для объяснения непонятных с точки зрения стандартной физики явлений дополнительные субстанции. В отличие от теории тяготения Ньютона – Лапласа, оперирующей только одной функцией – *гравитационным потенциалом*, – ОТО содержит 10 переменных (10 потенциалов) (подробности далее), так и лежащих не востребованными, а выдумываются некие новые “темные” субстанции.

2 Темная энергия: мифы

По мере того, как какая-то область науки заходит в тупик, она постепенно скатывается в *мистику*. Будучи не в состоянии, стоя на тупиковой базе, дать ответ на все возрастающее количество вопросов, корифеи этой области науки начинают все более и более “наводить тень на плетень”, привлекать все более и более экзотические модели, чтобы *простой смертный*, понял, что он не в состоянии что-либо понять, и не приставал бы с наивными вопросами. Яркой демонстрацией этого положения является статья в мартовском номере журнала УФН В.Н. Лукаша и В.А. Рубакова “Темная энергия: мифы и реальность.” Вместо описания проблемы на основе ОТО, статья представляет из себя набор прорицаний с нарисованными рядом какими-то формулами, якобы что-то проясняющими.

Запутывание начинается с самого начала. Традиционно в УФН в начале статей приводится указание на используемую систему единиц. Этого в рассматриваемой статье нет, и авторы изначально ориентируют читателя, чтобы он и не пытался понимать их утверждения, а принимал их только на веру: “. . . оказалось, что темная энергия характеризуется масштабом $E_V \sim 10^{-3}$ эВ, определяемым тем, что плотность темной энергии равна $\rho_V = E_V^4$.” Стоит именно знак равенства, а не пропорциональности. Конечно, можно представить, что суперспециалисты по элементарным частицам измеряют расстояния в обратных электрон-вольтах, но вряд ли эту лихость нужно понимать учителю физики, инженеру по нанотехнологиям, преподавателю физики в вузе, для которых и предназначен журнал Успехи физических наук¹. Речь ведь идет об астрономии, где расстояния измеряются в астрономических единицах, парсеках, световых годах, но уж никак не в обратных электрон-вольтах. И что это за мистический масштаб энергий? И почему плотность темной энергии равна именно $\rho_V = E_V^4$? Хотя для рассматриваемой статьи это является стилем: делается какое-то утверждение, а где-то потом приводится его *как бы доказательство*, но для данного утверждения *как бы доказательство* так и не приводится до конца статьи.

Далее откуда-то из рукава достается формула (1): $\rho_V \approx \rho_D \approx \rho_B$, хотя о том, что такое ρ_V читатель пока знает лишь выше приведенные утверждения. Но сознание читателя должно быть уже полностью отключено, что закрепляется новыми лихими утверждениями: “Подчеркнем, что приближенное соотношение $\rho_D \approx \rho_B$ справедливо в каждый момент космологической эволюции после образования барионной асимметрии и генерации темной материи, поскольку ρ_D и ρ_B одинаковым образом – и довольно быстро – уменьшаются при расширении Вселенной. С другой стороны, ρ_V очень слабо зависит или вообще не зависит от времени. . .” Очевидно, что последние 14 млрд лет авторы статьи стояли рядом с Творцом и внимательно следили, чтобы Он что-то не перепутал. И как-то странно звучит

¹В обращении Редакционной коллегии, УФН т. 169, N 1, 1999 подтверждаются цели и задачи журнала, заявленные еще в 1918 году: “Журнал этот ставит своею целью ознакомление русских физиков и всего интересующегося вопросами физической науки общества с выдающимися успехами и достижениями физики.”

закключение раздела 5: “Поиск зависимости темной энергии от времени, а в перспективе детальное исследование этой зависимости – важнейшая задача наблюдательной космологии, которая должна в конечном итоге позволить выяснить физическую природу темной энергии,” – ведь уже из Введения ясно, что о темной энергии авторы знают все.

Но все-таки во втором разделе статьи читатель может хоть что-то понять, откуда взялось это понятие – “темная энергия”: “. . . полная плотность массы нерелятивистской материи. . . не превышает 30% от критической плотности ρ_c ”. Так как плотностей уже много, появление еще какой-то *критической* должно только закрепить покорность читателя (если он еще в состоянии читать статью). На самом деле это очень серьезный момент, и нам придется пройти по базису космологии – Общей теории относительности, – так как авторы не удосужились проследить за истоками понятия *критическая плотность*.

3 Общая теория относительности

Идеи о возможной неевклидовости пространства в XIX веке – начале XX-го выдвигались рядом ученых: Лобачевским, Риманом, Клиффордом, Шварцшильдом. При этом речь велась о геометрии трехмерного пространства.

Общая теория относительности, двигаясь в направлении реализации этих идей, исторически выросла как обобщение Специальной теории относительности (СТО), так как основным ее разработчиком является Альберт Эйнштейн – один из создателей СТО. Как подчеркивал неоднократно сам Эйнштейн, в ОТО в бесконечно малой области действует СТО. Но принципы СТО – важнейшим из которых является равноправие времениподобных направлений, – были автоматически распространены на ОТО: раз в бесконечно малом нет выделенного направления времени, значит и в глобальном пространстве – времени никакого глобального времени быть не может (за деревьями не видно леса).

Математически это было оформлено как положение об *общей ковариантности* уравнений: любые невырожденные преобразования четырех координат (трех пространственных и времени) являются физически допустимыми – и как следствие, время, в котором развивается Мир в целом, исчезло в клубке четырех переменных. Хотя следует подчеркнуть, что в процессе создания ОТО Эйнштейн допускал временность создаваемой им конструкции [2]: “Мы прекрасно сознаем, что постулаты 2 – 4 похожи скорее на научный символ веры, нежели на надежный фундамент. Мы также далеки от того, чтобы утверждать, что оба изложенные в дальнейшем обобщения теории Ньютона являются единственно возможными; однако все же осмелюсь сказать, что при современном состоянии наших знаний они являются наиболее естественными.”

Однако вычисление на основе ОТО без каких-либо дополнительных гипотез поворота перигелия Меркурия, прекрасно совпавшее с 300-летними наблюдениями, а затем экспериментальная проверка отклонения луча све-

та в гравитационном поле Солнца привели к восторженным декларациям об ОТО “как самой совершенной теории в истории науки”, к представлению о ней как без сомнения абсолютно верной теории. В статье Лукаша и Рубакова ОТО даже не упоминается, а ее следствия (в частности, о критической плотности) принимаются как просто несомненная абсолютная истина.

Основным объектом ОТО является десятикомпонентный метрический тензор $g_{\alpha\beta}(x^\mu)$ четырехмерного пространства - времени: индексы α, β, μ принимают по четыре значения (0 – 3). Зависимость этого тензора от четырех координат определяются десятью уравнениями Эйнштейна:

$$G_{\alpha\beta} = \frac{8\pi k}{c^4} T_{\alpha\beta}, \quad (1)$$

где k – ньютоновская гравитационная постоянная, замеренная Генри Кэвендишем.

Наиболее значительное для науки решение уравнений Эйнштейна было получено в 1922 году Александром Александровичем Фридманом, представившего модель Мира как трехмерную сферу (закрытая модель) радиус которой меняется с течением времени. Представление о динамически изменяющемся Мире, появившееся одновременно с астрономическими наблюдениями “разбегания галактик” (Эдвин Хаббл), имеет исключительно важное мировоззренческое значение.

Вскоре Фридман нашел решение и для т. наз. *открытой модели* – Мир представляет из себя пространство Лобачевского с переменным во времени масштабом $r(t)$, а в 1925 году Эйнштейн и Де Ситтер нашли граничное между открытой и закрытой моделями Фридмана решение, где пространство является евклидовым с глобальным масштабом $r(t)$, зависящим от времени. Метрика в этой модели

$$ds^2 = c^2 dt^2 - r^2(t) (dx^2 + dy^2 + dz^2). \quad (2)$$

Эти три типа однородных и изотропных моделей характеризуют параметром m , принимающем три значения $m = +1, 0, -1$ для закрытой модели, модели Эйнштейна - Де Ситтера (плоской) и открытой модели, соответственно.

Но решение Фридмана заложило под философские идеи ОТО бомбу. В модели Фридмана время уникально, глобально, а потому также глобально и пространство. Любые преобразования, затрагивающие время, сразу же приводят метрику к исключительно сложному виду. Более того, в этих моделях возрождается ньютоновское понятие *движения относительно пространства*. Как утверждают авторы статьи (и мы с этим не будем спорить), видимо, мировое пространство – глобально плоское, поэтому крупномасштабная его метрика – метрика Эйнштейна - ДеСиттера (2). Движение тел в пространстве с такой метрикой, как учит ОТО, определяется связностями. Для этой метрики

$$\Gamma_{ij}^0 = \frac{\dot{r}}{c} \delta_{ij}; \quad \Gamma_{0j}^i = \frac{\dot{r}}{cr} \delta_j^i; \quad i, j = 1..3.$$

Тела движутся по геодезическим, определяемым этими связностями:

$$\frac{du^i}{dt} + c\Gamma_{0j}^i u^j u^0 = F^i; \quad \frac{du^i}{dt} + \frac{\dot{r}}{r} u^i u^0 = F^i.$$

(u^i – пространственные компоненты четырехмерного вектора скорости, F^i – компоненты внешних сил, действующих на тело.) В частности, если свободное тело ($F^i = 0$) покоится относительно пространства ($u^i = 0$, $u^0 = 1$), то оно и дальше будет покоиться. Это *Первый закон Ньютона*. Здесь речь идет об одном теле: есть ли другие тела, или их нет – на уравнение геодезических линий не влияет, описывается движение именно относительно пространства. В моделях Фридмана рассматривалось вещество, покоящееся относительно пространства, при этом расстояния между покоящимися телами изменяются пропорционально изменению масштаба.

Чтобы определить зависимость масштаба от времени, нужны некоторые уравнения, определяющие динамику масштаба. В ОТО такими уравнениями являются уравнения Эйнштейна. При высокой симметрии моделей Фридмана из десяти уравнений Эйнштейна нетривиальными оказываются два:

$$G_1^1 = G_2^2 = G_3^3 = -\frac{8\pi k}{c^4} p; \quad G_0^0 = \frac{8\pi k}{c^4} \epsilon,$$

где p – давление, а ϵ – плотность энергии. Материя в модели Фридмана неподвижна относительно пространства, поэтому тензор энергии - импульса диагонален. Явный вид уравнений Фридмана выражается через зависимость радиуса Мира от времени:

$$2\frac{\ddot{r}}{r} + \frac{\dot{r}^2}{r^2} + \frac{m}{r^2} = -\frac{8\pi k}{c^4} p; \quad (3)$$

$$\left(\frac{\dot{r}}{r}\right)^2 + \frac{m}{r^2} = \frac{8\pi k}{3c^4} \epsilon. \quad (4)$$

В этих уравнениях константа m определяет тип модели (закрытой, плоской, открытой). Вследствие равноправия всех точек пространства в этих моделях, температура одинакова во всех точках пространства, отсутствует теплопередача, энергия и давление в объеме V в окрестности любой точки связаны первым законом термодинамики:

$$E = \epsilon V; \quad dE + p dV = 0; \quad d\epsilon = -(\epsilon + p) \frac{dV}{V}. \quad (5)$$

Так как во всех вариантах объем (некоторой выделенной части вещества) пропорционален r^3 , это определяет связь между плотностью энергии, давлением и масштабом:

$$\frac{dV}{V} = 3 \frac{dr}{r}; \quad r \frac{d\epsilon}{dr} = -3(\epsilon + p). \quad (6)$$

Для нахождения явного вида нужно конкретизировать уравнение состояния – зависимость давления от плотности энергии. Например, для пылевидной материи ($p = 0$) $\epsilon \sim r^{-3}$, для ультрарелятивистской материи ($p = \epsilon/3$) $\epsilon \sim r^{-4}$. С ростом масштаба плотность энергии, естественно падает.

Модели Фридмана позволяют увидеть слабое место в уравнениях Эйнштейна. И описание движения перигелия Меркурия, и вычисление отклонения светового луча Солнцем, и динамическая фридмановская картина Мира говорят о том, что ОТО правильно схватила некоторую важную сущность. Однако из этого не следует, что *все положения ОТО абсолютно верны*.

Уравнение (3) – дифференциальное уравнение второго порядка, динамическое. Его первый интеграл допускает произвольную константу интегрирования E :

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \epsilon - \frac{c^2}{2k} r \dot{r}^2 - m \frac{c^4}{2k} r = E. \quad (7)$$

Однако уравнение (4) – требует, чтобы эта константа равнялась нулю. Собственно, только эту роль – утверждение о равенстве нулю константы интегрирования E и играет в теории Фридмана это уравнение, так как функциональная его часть оказывается константой вследствие динамического уравнения (3).

Уравнение (4) более жесткое, чем уравнение (3), а кроме того, оно является дифференциальным уравнением первого порядка, с которым несравненно удобнее работать, поэтому космология базируется на уравнении (4), которое и именуется *уравнением Фридмана*.

Мы уже согласились, что Мир в среднем плоский, то есть параметр $m = 0$, и уравнение (4) после введения параметра Хаббла $H = \dot{r}/r$ и выражения плотности энергии через плотность вещества $\epsilon = \rho c^2$ принимает совершенно простой вид

$$\frac{3}{8\pi k} H^2 = \rho. \quad (8)$$

Если обозначить

$$\frac{3}{8\pi k} H^2 \equiv \rho_c \quad (9)$$

– *критическая плотность*, то уравнение Фридмана принимает совсем простой вид:

$$\rho_c = \rho. \quad (10)$$

Наиболее примечательным свойством уравнения Фридмана в виде (8) является то, что и в левой и в правой частях этого уравнения стоят измеряемые (ценой огромного труда астрофизиков) величины: параметр Хаббла и средняя плотность энергии вещества.

И вот именно с этим уравнением разыгралась драма, выход из которой был найден лишь на средневековом пути, введением различных *флюидов*. Как пишут Лукаш и Рубаков, наблюдения говорят о том, что правая часть уравнения (10) составляет лишь 30% от левой. Казалось бы вывод ясен:

наблюдения показали, что ОТО в чем-то неверна. Есть два пути в науке: либо подгонять наши знания под результаты наблюдений, либо подгонять результаты наблюдений под наши знания. Возьмем да и обозначим 70%-ю невязку уравнения величиной ρ_V и назовем ее *плотностью темной энергии*. Мало того, что уравнение (10) теперь выполнится точно на 100%. Кроме того еще сделано выдающееся открытие – открыто новое вещество – *темная энергия*.

4 Миф о “темной энергии”

Но может ли “темная энергия” спасти ситуацию? В правую часть уравнения (8) нужно что-то добавить, чтобы

1. в настоящий момент левая и правая части были равны;
2. по мере роста радиуса правая часть возрастала.

Конечно же это и есть плотность темной энергии. Уравнение (8) связывает параметр Хаббла с плотностью энергии, а связь плотности энергии с радиусом определяет уравнение (6). Чтобы $\frac{d\epsilon}{dr}$ была больше нуля, сумма $\epsilon + p$ должна быть отрицательной. Не равной нулю, как в некоей мифической “квинтэссенции” а отрицательной, причем еще нужно компенсировать убывание плотности обычной материи.

Вблизи равновесия уравнение состояния связывает давление p , плотность энергии ϵ , плотность вещества ρ и энтальпию μ :

$$dp = \rho d\mu; \quad d\epsilon = \mu d\rho; \quad \frac{dp}{d\epsilon} = \frac{\rho d\mu}{\mu d\rho}. \quad (11)$$

Если уравнение состояния $p = k\epsilon$ с постоянным k , то

$$\frac{\rho d\mu}{\mu d\rho} = k; \quad \mu = b(k+1)\rho^k.$$

интегрируя соотношения (11), находим зависимость плотности энергии и давления от плотности вещества:

$$\epsilon = b\rho^{k+1}; \quad p = kb\rho^{k+1}; \quad \epsilon + p = (k+1)b\rho^{k+1} = (k+1)\epsilon. \quad (12)$$

Равновесному состоянию соответствует однородное распределение давления и отсутствие поля скоростей. Малые возмущения описываются плотностью $\rho = \rho_0 + \delta\rho(t, \vec{r})$ и полем скоростей $\vec{v}(t, \vec{r})$ того же порядка малости.

Уравнения неразрывности и уравнения Эйлера в первом порядке

$$\frac{\partial \delta\rho}{\partial t} + \rho_0 \mathbf{div} \vec{v} = 0; \quad \rho_0 \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -\mathbf{grad} p = -k(k+1) \frac{\epsilon}{\rho} \mathbf{grad} \delta\rho.$$

Продифференцировав первое уравнение по времени и вычтя из него дивергенцию второго, получим дифференциальное уравнение на $\delta\rho$:

$$\frac{\partial^2 \delta\rho}{\partial t^2} = k(k+1) \frac{\epsilon}{\rho} \Delta \delta\rho.$$

Формально это волновое уравнение со скоростью звука

$$a^2 = k(k+1) \frac{\epsilon}{\rho}. \quad (13)$$

Любителей “квинтэссенции” в этом уравнении соблазняет значение $k = -1$, при котором скорость звука равна нулю: никакие возмущения не распространяются. Более того, уравнение неразрывности для тензора энергии - импульса приводит к неизменным по пространству и времени плотности энергии и давлению: $p = -\epsilon = \text{const}$. Вещество с таким уравнением состояния не может состоять из каких-то атомов или кварков, которые можно было бы в какой-то начальный момент расположить как-то произвольно.

Но мы уже выяснили, что для объяснения наблюдаемого увеличения параметра Хаббла $\epsilon + p$ должно быть отрицательным, следовательно в соответствии с (12) $k + 1$ должно быть отрицательным. При этом величина $k(k+1)$ оказывается положительной, что приводит к обычному волновому уравнению на распространение возмущений. Вещество может “сгущиваться”, по нему могут бежать волны.

Вместо простого и наглядного анализа уравнений в статье Лукаша - Рубакова звучат опять-таки голословные заявления о неких “фантомных полях”, “инфлатонах”, “наблюдательном ограничении $|w_V + 1| < 0.1$ ” ($w_V \equiv k$). В области $-1 < k < 0$ скорость звука мнимая и малые возмущения без колебаний экспоненциально нарастают.

Никакая экзотическая жидкость спасти уравнение (10) не способна.

5 Λ -член

Один из вариантов спасения теории многие авторы (например А.Д. Чернин [3]) видят в восстановлении прав *космологической постоянной*, введенной Эйнштейном в 1917 году. Если в основные уравнения Эйнштейна $G_\beta^\alpha = \kappa T_\beta^\alpha$, хорошо зарекомендовавшие себя в проблемах движения перигелия Меркурия и отклонения светового луча Солнцем, добавить слагаемое $\Lambda \delta_\beta^\alpha$, то тождества Гильберта $\nabla_\alpha (\Lambda \delta_\beta^\alpha) = 0$ требуют, чтобы Λ была константой. При этом модифицируются основные уравнения динамики изотропного Мира:

$$2 \frac{\ddot{r}}{r} + \frac{\dot{r}^2}{r^2} + \frac{m}{r^2} = -\frac{8\pi k}{c^4} p + \Lambda; \quad (14)$$

$$\left(\frac{\dot{r}}{r}\right)^2 + \frac{m}{r^2} = \frac{8\pi k}{3c^4} \epsilon + \frac{1}{3} \Lambda. \quad (15)$$

В частности, Эйнштейн искал решение с постоянным радиусом (при $m = 1$), откуда получил для пылевидной материи ($p = 0$)

$$\Lambda = \frac{1}{r^2}; \quad \epsilon = \frac{c^4}{4\pi k} \Lambda.$$

А другим важнейшим результатом наблюдательной астрономии является экспериментальное установление увеличения параметра Хаббла по мере расширения Мира.

Но модификация уравнения (8)

$$H^2 = \frac{8\pi k}{3} \rho + c^2 \Lambda$$

никак не спасает ситуацию: с ростом радиуса плотность вещества ρ падает, а Λ не меняется, так что суммарно правая часть, а следовательно, и параметр Хаббла H , убывает и при наличии Λ -члена.

6 Динамика пространства

Известно, что когда Фридман опубликовал свою работу, Эйнштейн заявил об ошибочности этой работы. Эйнштейн знал, что в такой модели нужно решать два уравнения: (3) и (4), Фридман же решал только одно (4). В статике эти два уравнения независимы, в динамике же, как уже было показано, динамическое уравнение (3) имеет первый интеграл (7), совпадающий с уравнением (4) при обращении в нуль константы интегрирования E , так что вскоре Эйнштейн признал правомерность решения Фридмана.

Рассмотрим уравнение (7) более подробно, выделив множитель r^3 , которому пропорционален объем:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \left(\epsilon - \frac{3c^2}{8\pi k} \left(\frac{\dot{r}}{r} \right)^2 - m \frac{3c^4}{8\pi k} \frac{1}{r^2} \right) = E. \quad (16)$$

Здесь первое слагаемое равно энергии вещества (плотность энергии на объем), второе же и третье слагаемые определяются динамикой геометрии пространства: второе слагаемое, пропорциональное квадрату производной масштаба по времени, можно трактовать как кинетическую энергию пространства, а последнее слагаемое, зависящее только от радиуса – как его потенциальную энергию. Таким образом уравнение (16) может трактоваться как естественный закон сохранения энергии для динамического уравнения (3) и динамики вещества. При произвольном выборе начальных данных, как и в любой задаче механики, эти данные определяют энергию E , которая в дальнейшем не меняется. При $m = 0$ (плоская модель), некотором (наблюдаемом сегодня) значении параметра Хаббла и наблюдаемой плотностью материи уравнение динамики (3) определяет дальнейшее расширение Мира. Однако значение энергии E при этом оказывается не нулевым, в то время как Общая теория относительности требует нулевого значения.

Именно об этом и говорит наблюдательная космология: энергия Мира в целом не равна нулю, как этого требует уравнение ОТО (4). *Наблюдения показали неверность Общей теории относительности.* Если же описывать динамику Мира только уравнением (3) или его первым интегралом (16), никаких проблем, связанных с критической плотностью просто не возникает.

Более того, мы до сих пор не оспаривали цифру 70%, однако если вспомнить, что львиную долю от 30% составляет не менее мистическая “темная материя”, а реальное вещество составляет около 4%, ничтожно мало, то можно рассмотреть динамику *пустого пространства*, положив в уравнении (16) $\epsilon = 0$:

$$\left(\frac{\dot{r}}{c}\right)^2 = -\frac{2kE}{rc^2} - m. \quad (17)$$

При $m = 0, +1$ энергия может быть только отрицательной, однако при $m = -1$ (динамическое пространство Лобачевского) энергия может быть положительной и решение вообще не имеет сингулярности (см. [4]).

Но можно ли из замкнутой, самосогласованной теории выбросить уравнение? Нет, конечно. Нужно строить другую самосогласованную теорию на других физических основах, однако включающую в себя то положительное, что выработано Общей теорией относительности. Модель Фридмана описывает *динамику трехмерного пространства в глобальном времени*. От динамики трехмерного пространства с высокой симметрией нужно перейти к динамике произвольного трехмерного пространства. Такая теория – *Теория глобального времени* – разработана и опубликована, в частности в УФН [5], а также в трех монографиях [6, 7, 4].

В этой теории пространство является динамическим объектом, а время глобально, равномерно само по себе, поэтому сдвиг по времени приводит к хорошо определенному понятию энергии, которая для пространства не является положительно определенной.

Именно энергия динамического пространства приводит к наблюдаемому балансу энергий в Космосе. Именно нетривиальный гамильтониан пространства позволяет строить квантовую динамику пространства, квантовую теорию гравитации.

Список литературы

- [1] В.Н. Лукаш, В.А. Рубаков, УФН т. **178**, 301 – 308, 2008.
- [2] А. Эйнштейн. *Собрание научных трудов* т. **1**, 267-298, М.: Наука, 1966.
- [3] А.Д. Чернин. УФН т. **178**, 267 – 300, 2008.
- [4] Д.Е. Бурланков *Пространство, время, космос, кванты*. Нижний Новгород: ННГУ, 2007.
- [5] Д.Е. Бурланков, УФН **174**, вып. 8, 899-910, 2004.
- [6] Бурланков Д.Е. *Динамика пространства*. Нижний Новгород: ННГУ, 2005.
- [7] Бурланков Д.Е. *Время, пространство, тяготение*. Москва-Ижевск: РХД, 2006.