

Десятая международная междисциплинарная конференция «Этика и наука будущего: Сознание как творящая сила космоса»

Есть ли жизнь после коллапса? (наблюдаемая Вселенная как вакуумный пузырь в состоянии инфляции)

Л.Б.Борисова, канд. физ-мат наук

Представлена стационарная модель Вселенной, описываемая пространством де Ситтера, заполненным λ -вакуумом в состоянии инфляции (де ситтеровский пузырь). Пузырь «плавает» внутри сферы, заполненной идеальной несжимаемой жидкостью и является коллапсаром. Вычисленные значения массы, плотности и радиуса пузыря соответствуют общепринятым в космологии. Внутри пузыря действует ньютоновская гравитационная сила отталкивания, рассматриваемая как проявление тёмной энергии. Её наличие объясняет «ускорение» галактик вблизи космического горизонта. Стационарность пузыря объясняется равновесием внутренней силы отталкивания и внешней силы притяжения, действующей внутри несжимаемой жидкой сферы, окружающей пузырь.

... и они увидели перед собой новый Мир, шар,
укреплённый в Пустоте, но ей не принадлежащий.

Д.Р.Р. Толкин. Сильмариллион.

В последнее время в космологии (науке о происхождении Вселенной) наметилась новая тенденция — учёные всерьёз заинтересовались вопросом: «Что было до Начала Вселенной?» В XX веке эта проблема практически не рассматривалась, зато проблема рождения Вселенной считалась практически решённой: из всех теоретически возможных моделей учёные выбрали расширяющуюся Вселенную, возникшую в результате взрыва первоначального сгустка праматерии, находящейся в особом (*сингулярном*) состоянии. Это катастрофическое явление назвали *Большой Взрыв*. Сгусток первичной материи (*сингулярность*) обладал чудовищной плотностью, так как вся материя была сконцентрирована в чрезвычайно малом объёме. С той поры и по настоящее время пространство Вселенной расширяется по инерции, вызванной первоначальным взрывом. Это модель названа *инфляционной*. Расширение пространства Вселенной связывается с его деформацией, следовательно инфляция в данном случае обусловлена деформацией пространства. Современная космология называется *релятивистской*, так как базовой теорией для построения математических моделей Вселенной служит Общая Теория Относительности (ОТО), основные идеи которой были сформулированы А.Эйнштейном. «Релятивистский» означает, что модель создана на основе ОТО («релятив» — *относительный*.) В настоящее время нерелятивистские модели, основанные, в частности, на ньютоновской теории тяготения, практически отсутствуют.

ОТО — не просто очередная теория, это *скачок* (на греческом — **катастрофа**) сознания современного человека на принципиально новый уровень, выход из трёхмерного пространства в четырёхмерное пространство-время, где время — не просто дополнительная координата, а активный участник мироздания. Время можно сравнить с океаном, в который мы все погружены. Эйнштейн создал свою теорию не на пустом месте. Само Время распорядилось таким образом, что нашлись люди, каждый из которых внёс свою лепту в строительство нового фундамента здания, состоящего из совокупности представлений об окружающем мире. Построение релятивистских моделей Вселенной осуществляется с помощью математического аппарата ОТО — римановой геометрии, разработанной немецким математиком Б.Риманом на основе теории искривлённых поверхностей. Космологические модели есть решения уравнений гравитационного поля (уравнений Эйнштейна) — системы

из 10 нелинейных уравнений гиперболического типа¹. Очевидно, такая сложная система в принципе имеет множество разнообразных решений, поэтому для получения класса нужных решений необходимо задать начальные условия и сформулировать математические ограничения, позволяющие выделить именно искомые. Эти ограничения должны базироваться на экспериментальных (наблюдательных) данных о Вселенной. Результат решения при заданных ограничениях — четырёхмерная метрика, описывающая геометрию исследуемого пространства-времени. С начальными условиями дело сложнее, так как при их задании неизбежно возникает проблема определения начального момента, точнее, движущей силы, создавшей наш мир.

Вначале Эйнштейн предположил, что Вселенная изначально является статической (не зависящей от времени), не акцентируя внимания на том, каким образом она возникла. В качестве конкретной модели он выбрал пространство постоянной кривизны де Ситтера, полученное в 1917 г. голландским астрономом Виллемом де Ситтером, специально изучившим математический аппарат новейшей тогда теории пространства-времени — ОТО. Пространство-время де Ситтера получается при условии, что в уравнения Эйнштейна вводится дополнительное поле, характеризующее космологической константой λ . Считается, что λ -поле описывает физический вакуум — невязкую (идеальную) однородную изотропную среду (*однородность* — равноправие всех точек, *изотропия* — равноправие всех направлений). Если $\lambda=0$, пространство-время де Ситтера стягивается в точку. Наличие λ -поля означает существование во Вселенной дополнительной гравитационной силы ньютоновского типа. Если $\lambda>0$, во Вселенной существует сила отталкивания, а четырёхмерное пространство (пространство-время) обладает положительной кривизной. Если $\lambda<0$, существует сила притяжения, а пространство-время обладает отрицательной кривизной. Размерность λ — $1/\text{см}^2$, тогда $1/\sqrt{\lambda}$, имеющая размерность длины, характеризуется как радиус кривизны пространства де Ситтера. Эйнштейн полагал $\lambda\sim 10^{-56}$ $1/\text{см}^2$. При $\lambda>0$ радиус четырёхмерной кривизны вещественный, при $\lambda<0$ — мнимый. Вещественность означает, что пространство-время является эллиптической (закрытая модель), мнимость — его гиперболичность (открытая модель). Теоретически оба знака равноправны, а их выбор должен быть связан с результатами астрономических наблюдений, касающихся исследования пространственного распределения галактик, в частности, триангуляции. Измерения образованных галактиками треугольников в разных направлениях позволило бы прояснить вопрос о знаке четырёхмерной кривизны, следовательно, о знаке ньютоновской силы, так как в евклидовом пространстве сумма углов треугольника равна 180° , в эллиптическом она больше, а в гиперболическом — меньше 180° . Однако вопрос о знаке кривизны до настоящего времени остаётся открытым.

Модель де Ситтера не стала общепринятой. Дело в том, что большую роль в становлении релятивистской космологии сыграл советский математик Александр Фридман. Он живо интересовался проблемами теории относительности, переписывался с Эйнштейном по некоторым вопросам. В частности, между Эйнштейном и Фридманом возник спор по поводу возможности существования нестационарной модели Вселенной. Эйнштейн утверждал, что нестационарных решений уравнений поля, пригодных для описания Вселенной, не существует. В ответ на это в 1922 г. Фридман представил целый класс решений, полученных в предположении, что пространство Вселенной является однородным и изотропным, что вполне соответствовало наблюдательным данным. В настоящее время этот класс решений называется *фридмановскими моделями*. Они описывают расширяющуюся, сжимающуюся и осциллирующую Вселенную, при этом λ может быть положительной, отрицательной и нулевой. Эйнштейн признал математическую корректность решений Фридмана. Их нестационарность даёт теоретическую возможность исследовать вопрос о начале и конце

¹ Уравнения Эйнштейна имеют вид: $R_{\alpha\beta} - (R/2)g_{\alpha\beta} = -\kappa T_{\alpha\beta} + \lambda g_{\alpha\beta}$, где $R_{\alpha\beta}$ — тензор Риччи, R — риманова кривизна, $g_{\alpha\beta}$ — фундаментальный метрический тензор (метрика), $T_{\alpha\beta}$ — тензор энергии-импульса материи, $\kappa = 8\pi G/c^2$ — постоянная Эйнштейна, G — гравитационная постоянная, c — скорость света, λ — космологическая константа, $\alpha, \beta = 0, 1, 2, 3$.

Вселенной. Действительно, если экстраполировать в прошлое расширяющуюся модель, можно вычислить время существования Вселенной. Если экстраполировать в будущее сжимающуюся модель, можно узнать дату «конца Вселенной». Соответственно, осциллирующая модель оптимистично указывает на то, что вслед за концом Вселенной будет и новый цикл её развития.

Теория расширяющейся Вселенной тесно связана с теорией *горячей Вселенной* Георгия Гамова, созданной им в 1947 г. Согласно Гамову, наша Вселенная (по крайней мере, её наблюдаемая часть) возникла в результате сгустка первичной материи, обладающей чудовищной плотностью. Фактически считается, что всё будущее пространство-время вместе с будущей материей было сжато в крошечном объёме, который по какой-то причине взорвался. Осколки первоначального сгустка трансформировались, образуя при взаимодействии различные структуры, что привело к созданию современной материи, а наблюдаемое красное смещение² — следствие расширения пространства по инерции, обусловленной первоначальным взрывом. В 1950-е гг. произошло объединение теории Гамова с математическим фундаментом, заложенным Фридманом, что дало релятивистской космологии мощный импульс развития. Иными словами, из всего класса моделей Фридмана предпочтение было оказано Вселенной, родившейся в результате взрыва первоначальной сингулярной структуры, названного *Большой Взрыв*. С той поры Вселенная расширяется по инерции.

Эффект красного смещения был получен как побочный результат проблемы определения протяжённости пространства, основанной на результатах измерений расстояний до галактик, начатых астрономом Э.Хабблом в 10–20-е гг. прошлого века и продолжающихся в настоящее время. Хаббл оценивал расстояния до удалённых галактик по их яркости. Он предполагал, что яркость галактик убывает по мере удаления от наблюдателя. Поскольку это правило применялось к огромному количеству галактик, то, в соответствии с законами статистики, полученные результаты можно считать вполне удовлетворительными. Было примерно установлено предельное расстояние $a=10^{28}$ см, которое было принято за радиус Вселенной. Его называют также *космический горизонт*. Заметим, что эта величина, имеющая размерность длины, совпадает с $1/\lambda$ при условии $\lambda=10^{-56}$ $1/\text{см}^2 > 0$, что является условием существования пространства постоянной положительной кривизны де Ситтера. Таким образом, наблюдательные данные Хаббла вполне можно трактовать в пользу существования сферической модели Вселенной.

Сотрудники, работающие под руководством Хаббла, исследовали спектры звёзд в галактиках, когда это было возможно. (Очевидно, что в очень удалённых галактиках невозможно изучать отдельные звёзды). Они установили, что спектральные линии звёзд смещены в сторону более низких частот (*красное смещение*). Эффект красного смещения имеет место, когда источник света удаляется от наблюдателя. Оказалось, что, начиная с некоторого расстояния, галактики «удаляются» от наблюдателя со скоростью, пропорциональной расстоянию от него. Слово *удаляются* взято в кавычки потому, что в принципе эффект красного смещения может иметь и другое объяснение, о чём будет сказано ниже. Необходимо также отметить, что результатом исследований Хаббла является эмпирическая формула $H=ca$, где H — постоянная Хаббла. Согласно современным данным, $H=(2,3 \pm 0,3) \times 10^{-18}$ 1/сек, тогда $a=1,3 \times 10^{28}$ см. Так как H имеет размерность частоты 1/сек, обратная ей величина T , была названа *временем существования* наблюдаемой части Вселенной. Тогда $a=cT$, которую космологи интерпретируют как выражение для предельного радиуса наблюдаемой Вселенной: a равно расстоянию, пробегаемому светом за время существования Вселенной. Легко вычислить $T=17,6 \times 10^{17}$ сек. Так как астрономический год содержит 365,25 астрономических суток, а в сутках 86400 секунд, находим, что с момента Большого Взрыва прошло 14 млрд лет.

Результаты многолетних астрономических наблюдений Хаббла были опубликованы им в

2 Красное смещение — смещение линий в спектрах удалённых космических объектов в сторону более низких частот.

1929 г. Из них следовало, что спектральные линии галактик смещены в сторону более низких частот (*красное смещение*), которое учёные объяснили эффектом Доплера: *частота света, испускаемого удалённым источником, уменьшается или увеличивается в зависимости от того, растёт или уменьшается расстояние между источником света и наблюдателем*. Если источник удаляется, траектория распространения света растягивается, следовательно, растёт длина волны (уменьшается частота), поэтому свет выглядит более красным, чем свет от неподвижного относительно наблюдателя источника. Аналогично, если источник приближается, траектория света сжимается, длина волны уменьшается, и спектральные линии смещены в сторону более высоких частот (*фиолетовое смещение*). Этот вариант впоследствии вошёл во все учебники как единственно верный, несмотря на то, что Хаббл возражал против него до последних лет жизни. Он писал: «Я верю в то, что теория пространства-времени в будущем найдёт другое объяснение красного смещения, отличное от эффекта Доплера, возникающего в расширяющейся Вселенной.»

Теория Большого Взрыва с последующим расширением пространства позволяет найти время существования Вселенной и её предельный радиус. Однако эта концепция не позволяет найти массу Вселенной, что не даёт возможность теоретически оценить величину плотности. Кроме того, все фридмановские решения содержат неизвестную функцию времени $R(t)$, изменение которой со временем характеризует деформацию пространства Вселенной. Отсутствие конкретного выражения для этой функции не позволяет определить геометрию Вселенной, в частности, узнать, каков знак кривизны пространства Вселенной: положительный или отрицательный? Или же её пространство вообще является плоским, что также допустимо в классе этих моделей.

В последнее время для некоторых космологов теория расширяющейся Вселенной перестаёт быть непреложной истиной. К ним относится известный физик-теоретик, профессор Оксфорда, Роджер Пенроуз. Он обратил внимание на результаты исследований учёного из Армении Вахе Гурзадяна (Ереванский институт физики). Гурзадян исследовал карты температурных колебаний микроволнового фонового излучения (МФИ), обнаруженного Пензиасом и Уилсоном в 1965 году. Эти карты получены на основании данных, полученных в течение 7 лет с помощью космического зонда WMAP, запущенного NASA. МФИ, существующее всюду во Вселенной, вызвано фотонами микроволнового диапазона. Сторонники теории Большого Взрыва, опираясь на теорию горячей Вселенной Гамова, утверждают, что оно возникло вскоре после Большого Взрыва, в силу чего его называют *реликтовым*. Считается, что МФИ хранит в себе информацию о физическом состоянии Вселенной, начиная с раннего периода её существования по настоящее время. В силу этого предположения, в картах температурных колебаний МФИ должна отразиться эволюция Вселенной от древнейших времён до настоящего этапа. Пенроуз и Гурзадян обнаружили на этих картах наличие структуры, состоящей из концентрических кругов, где диапазон температур меньше, чем вне их. Авторы поместили свои результаты на сайт бесплатных приложений ArXiv.org в виде статьи, где они изложили свои взгляды на эволюцию Вселенной. Учёные предположили, что Вселенная развивается циклически, и каждый круг характеризует конец предыдущей Вселенной, который одновременно есть начало новой Вселенной. И этот процесс может длиться бесконечно. Одним из этапов этого цикла является наша Вселенная. Причиной смены Вселенных является процесс образования чёрных дыр (объектов с чудовищной плотностью, образовавшихся в результате сжатия массивных тел).

Известные космологи Андрей Линде (Стэнфордский Университет, США) и Александр Виленкин (Университет Тафтса, Бостон, США) высказали идею ветвящейся Вселенной: в этом подходе одна Вселенная вырастает из другой подобно мыльному пузырю. В общем, идей много, в том числе и таких экзотических, где наличие потока удалённых галактик порядка 1400 единиц со скоростью 1000 км/сек объясняется тем, что они притягиваются чёрной дырой, существующей в параллельной Вселенной. Все эти факты свидетельствуют о приближении нового этапа изучения Вселенной, который неизбежно приведёт к смене

существующих парадигм. Эта смена обусловлена постоянным притоком новых наблюдательных данных, поставляемых приборами, установленными на разноудалённых от Земли космических аппаратах. Однако новое строится не на пустом месте, а на обломках старых представлений. Поэтому необходимо взглянуть на эти обломки по-новому. В новых гипотезах присутствуют такие понятия, как *чёрная дыра*, *тёмная энергия*, *тёмная материя*. И для того чтобы эти понятия вошли в новую, пока не созданную космологическую концепцию, необходимо детально рассмотреть эти понятия в рамках классической теории пространства-времени — Общей Теории Относительности.

Начнём с чёрной дыры — материального объекта, находящегося в состоянии коллапса. *Коллапс (обрушение* — англ.) — состояние, в которое материальный объект переходит при реализации некоторых условий, специфических именно для этого класса объектов. Это означает, что при теоретическом исследовании условий коллапса необходимо чётко определить физические и геометрические характеристики исследуемого объекта. К физическим характеристикам относится агрегатное состояние вещества объекта, (плазма, газ, жидкость, твёрдое вещество), к геометрическим — форма объекта (сфера, диск, ...). Но эти вроде бы очевидные правила не всегда соблюдаются, поэтому необходимо заострить внимание на корректной постановке проблемы коллапса материального объекта в ОТО, непосредственно связанной с работой немецкого астронома Карла Шварцшильда [1]. В ней было построено гравитационное поле, создаваемое точечной массой, находящейся вдали от других тел в пустом (не заполненным какой-либо материей) пространстве-времени. Слово *точечная* означает, что вся масса данного тела сосредоточена в его центре тяжести. Сам Шварцшильд не считал, что полученное им поле содержит особенности (*сингулярности*), однако его метрикой всерьёз заинтересовался известный математик Дэвид Гильберт. Он преобразовал полученное Шварцшильдом выражение для метрики таким образом, что оно содержало в явном виде физическую характеристику, имеющую размерность длины $r_g = 2GM/c^2$, получившую впоследствии название *радиус Гильберта*, или *гравитационный радиус*. Здесь M — масса тела, порождающая гравитационное поле. Гильберт считал, что гравитационное поле на поверхности $r=r_g$ находится в состоянии коллапса. Эта поверхность позднее была названа *сферой Шварцшильда*. На ней физически для внешнего наблюдателя время останавливается, и пространство-время превращается в трёхмерное пространство. Его невозможно наблюдать, так как пространственные промежутки внутри сферы Шварцшильда являются мнимыми. (В обычном пространстве-времени они вещественны). Таким образом, сфера Шварцшильда — *сингулярное* (особое) состояние пространства-времени.

Особенное развитие идея Гильберта получила в 1960-е гг., когда американский физик Джон Уиллер отождествил гравитационное поле в состоянии коллапса с материальным объектом в этом состоянии, который он назвал *чёрной дырой* (ч.д.). Гипотеза ч.д. получила широкое применение сначала в *релятивистской* (основанной на идеях ОТО) астрофизике, позднее — в релятивистской космологии. Одной из задач релятивистской астрофизики является исследование заключительного этапа эволюции массивных звёзд, когда ядерные реакции в них прекращаются. Считается, что звёзды, массы которых превышают массу Солнца, по одним оценкам, в 3 раза, по другим — на 2–3 порядка, в конце жизненного пути сжимаются до очень маленьких размеров, так как световое давление угасающих звёзд не может противостоять силе гравитационного сжатия. Очевидно, что плотность звёзд при этом становится очень большой. Когда радиус сжимающейся звезды становится равным r_g , она становится ч.д. Структура пространства-времени внутри ч.д. исследована на базе пространства-времени, создаваемого массивным телом, обладающим весьма специфической структурой: 1) вся его масса сосредоточена в центре; 2) ничего неизвестно о материи, из которой тело состоит. Тем не менее, проблема описания внутренности ч.д. как сколлапсировавшей звезды была рассмотрена на базе решения именно для массивной точки, состоящей неизвестно из чего. Было установлено [2]: 1) время на поверхности ч.д. останавливается; 2) пространственная (радиальная) координата внутри ч.д. есть временная координата вне её, а временная координата внутри ч.д. есть пространственная (радиальная)

координата вне её; 3) свет не может преодолеть поверхность сколлапсировавшего объекта, из-за чего он и был назван «чёрной дырой».

В релятивистской космологии понятие сколлапсировавшего объекта в качестве модели наблюдаемой Вселенной было предложено впервые Кириллом Станюковичем [3]. Однако им не было рассмотрено исходное тело, коллапс которого породил Вселенную. Тем не менее, если предположить, что предельный радиус наблюдаемой Вселенной $a=1,3 \times 10^{28}=2GM/c^2$ и вычислить массу Вселенной по формуле $M=ac^2/2G$, мы получим $M=8,7 \times 10^{55}$ г, что соответствует массе Вселенной, полученной по данным о пространственном распределении галактик и оценке их суммарной массы. Тогда величина плотности Вселенной $\rho=M/V=9,4 \times 10^{-30}$ г/см³, где объём $V=4\pi a^3/3$. Таким образом, если ч.д. является такой протяжённый объект как наблюдаемая Вселенная, её плотность вовсе не является огромной: напротив, она чрезвычайно мала. В дальнейшем будем называть протяжённый сколлапсировавший объект *коллапсаром*. Использование коллапсара в качестве модели Вселенной теоретически позволяет вычислить её массу и плотность. Из данных наблюдений галактик следует, что они равномерно распределены по всему пространству, но на расстояниях $r \sim a$, их количество резко убывает. Кроме того, из наблюдений следует, что пространство Вселенной заполнено разреженным газом. С учётом вышесказанного, представляется целесообразным рассмотреть модель Вселенной, заполненной веществом, и исследовать условия, при которых она становится коллапсаром. Для этого следует обратиться к другой работе Шварцшильда.

Помимо гравитационного поля, созданного уединённым точечным телом, он построил гравитационное поле внутри сферы, заполненной идеальной несжимаемой (плотность $\rho_0=const$) жидкостью [4]. Шварцшильд нашёл точное решение уравнений гравитационного поля такой сферы при дополнительном условии: искомое пространство-время не должно иметь особенностей (*сингулярностей*). Поскольку состояние коллапса является именно сингулярным, это условие в принципе исключает возможность коллапса этой сферы. В [5] получено обобщение решения Шварцшильда для указанной сферы путём простого отказа от дополнительного условия, исключающего наличие сингулярности. Полученное решение было применено к модели Солнца [5,6] и к наблюдаемой части Вселенной [7]. Пространство-время внутри сферы радиуса a , заполненной невязкой несжимаемой жидкостью, имеет два сингулярных состояния: 1) коллапс при $r_{колл}=a\sqrt{9-8a/r_g}$; 2) разрыв пространства при $r_{разр}=a\sqrt{a/r_g}$. Применяя условие коллапса к модели жидкой сферической Вселенной, находим два решения: 1) если $r_g=a$, то $r_{колл}=a$; 2) если $r_g=8a/9$, то данная модель свёртывается в точку [7]. Поскольку исследовать физико-геометрические свойства второго решения бессмысленно, остановимся на первом.

Если радиус сферы $a=r_g=2GM/c^2$, то пространства-время внутри коллапсара есть пространство постоянной кривизны де Ситтера с $\lambda=3/a^2>0$ [7]. При этом выполняется условие $r_g=a=r_{колл}=r_{разр}$, то есть поверхность коллапсара a одновременно является поверхностью разрыва пространства и поверхностью Шварцшильда. Таким образом, жидкая несжимаемая сфера в состоянии коллапса одновременно есть ч.д. Однако, в отличие от ч.д., образовавшейся в результате коллапса точечной массы, в данном случае сколлапсировал протяжённый объект (сфера), заполненный **несжимаемой жидкостью**. Таким образом, **коллапс жидкой несжимаемой сферы не является сжатием. Коллапс — это обрушение, в результате которого объект трансформируется в другое состояние.** Трёхмерное пространство жидкой сферы до коллапса обладает постоянной отрицательной кривизной $C=-6r_g/a^3$, а четырёхмерная кривизна не является постоянной [7]. После коллапса четырёхмерная кривизна $K=1/a^2=\lambda/3=const>0$, а $C=-6/a^2=-6K<0$. Поскольку $K>0$, полученное пространство-время есть замкнутое многообразие — четырёхмерная вещественная сфера (пузырь), радиус кривизны которой: $R=1/\sqrt{K}=a$. Поскольку при построении гравитационного поля внутри сферы не вводилось никаких ограничений на её размеры, положим $a=1,3 \times 10^{28}$ см, тогда $\lambda=3/a^2=1,3 \times 10^{-56}$ 1/см², т.е. $\lambda \sim 10^{-56}$, что соответствует оценке Эйнштейна.

Исследование физических свойств де ситтеровского пузыря показало [7], что он заполнен материей особого типа: её плотность $\rho_0>0$, а давление $p<0$ отрицательно и удовлетворяет

уравнению состояния $p = -\rho_0 c^2 = \text{const}$. Оно описывает материю в состоянии *инфляции*, поэтому называется *инфляционным уравнением*. Очевидно, данная материя является однородной и изотропной. Пространство **стационарно** (не зависит от времени), следовательно не расширяется, несмотря на отрицательное давление. Давление среды связано с наличием некоторой силы. Для её вычисления была применена теория физических наблюдаемых величин А.Зельманова [8]. Согласно [8], пространство наблюдателя может деформироваться, вращаться и гравитировать. Пространство де Ситтера не деформируется и не вращается, но гравитирует. Гравитационно-инерциальная сила в отсутствии вращения равна $F_i = [c^2/(c^2 - w)]dw/dx^i$, $i=1,2,3$, где w — трёхмерный гравитационный потенциал, связанный с временной компонентой g_{00} четырёхмерного гравитационного потенциала $g_{\alpha\beta}$ ³ (метрики) соотношением $w = c^2(1 - \sqrt{g_{00}})$ [8]. Поскольку пространство де Ситтера не вращается, а компонента $g_{00} = 1 - r^2/a^2$, легко вычислить единственную ненулевую компоненту силы $F_1 = c^2 r/(a^2 - r^2) > 0$, т. е. Является силой отталкивания. В искривлённых пространствах, в отличие от плоского, компоненты вектора с нижними и верхними индексами имеют различные значения, при этом аналогами обычных векторов служат именно компоненты с верхними индексами. Вычисляя $F^1 = -g^{11}F_1$, $g^{11} = -1/(1 - r^2/a^2)$, находим $F^1 = c^2 r/a^2$. Максимальное значение $F^1 = c^2/a$ при $r = a$. Если w равен ньютоновскому потенциалу $w = GM/r$, легко вычислить $F = -GM/r^2 \times 1/(1 - GM/c^2 r)^2$. Если $w \ll c^2$, получаем выражения для ньютоновской силы притяжения $F = -GM/r^2$. Плотность среды в пространстве де Ситтера $\rho_0 = \lambda/k = 3/\kappa a^2$, где $\kappa = 18,6 \times 10^{-27}$ см/г [7]. Поскольку она находится в состоянии инфляции, давление $p = -\lambda c^2/\kappa = -3c^2/\kappa a^2$. Тогда $F^1 = \lambda c^2 r/3 = -\kappa p r/3$, т.е. сила выражается через давление среды, называемой *λ-вакуум*, или *физический вакуум*. Таким образом, **неньютоновская сила отталкивания при $\lambda > 0$ обусловлена отрицательным давлением λ-вакуума**.

В конце 1990-х гг. было обнаружено, что измеренные расстояния до наиболее удалённых галактик намного больше, чем рассчитанные по закону Хаббла. Поскольку в настоящее время господствует теория расширяющейся Вселенной, был сделан вывод: Вселенная расширяется с ускорением. Для объяснения экспериментального факта, состоящего в нарушении закона Хаббла для самых удалённых объектов, возникло понятие *тёмной энергии* (ТЭ), ускоряющей расширение Вселенной. В современной космологии приняты два объяснения: 1) ТЭ обусловлена наличием плотности вакуума (ненулевая энергия вакуума), источником которого является λ -поле; 2) ТЭ — динамическое поле, энергетическая плотность которого меняется в пространстве-времени. Из вышесказанного следует, что в исследованном пространстве де Ситтера справедливы оба объяснения, так как они взаимосвязаны. Действительно, λ -вакуум обладает ненулевой плотностью, а динамическое поле (сила F^1) зависит от расстояния от наблюдателя. Таким образом, «тёмная сила» отталкивания, ответственная за инфляцию, есть физически наблюдаемая величина — *неньютоновская гравитационно-инерциальная сила*.

Закон Хаббла — один из краеугольных камней, положенных в основу теории расширяющейся Вселенной. Стационарная модель Вселенной де Ситтера была отклонена в пользу расширяющейся модели Фридмана, трактующей закон Хаббла как следствие расширения (деформации) пространства Вселенной. При этом строгий расчёт изменения частоты света не производился, а делались лишь качественные оценки в предположении, что закон Хаббла обусловлен именно эффектом Доплера, вызванным расширением пространства. В действительности, существует строгая теория, позволяющая рассчитать изменение частоты источника света, определяемое физическими и геометрическими свойствами пространства: ускорением, вращением, деформацией и криволинейным характером траекторий световых лучей. Известно, что *свободные* (не подверженные действию негравитационных сил) частицы, как досветовые, так и светоподобные (фотоны), движутся вдоль геодезических линий, или *линий неизменного направления*. В плоском пространстве таковыми линиями являются прямые. Траектории света в ОТО — геодезические нулевой четырёхмерной длины,

3 Метрика де Ситтера имеет вид: $ds^2 = (1 - r^2/a^2)c^2 dt^2 - 1/(1 - r^2/a^2) dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$, где r, θ, ϕ — сферические координаты.

или изотропные геодезические⁴. Уравнения изотропных геодезических являются чисто кинематическими и описывают лишь форму траекторий. Зельманов [8] получил систему динамических уравнений изотропных геодезических, позволяющих найти не только форму траекторий, но и зависимость наблюдаемой частоты фотона от физических характеристик исследуемого пространства: деформации и гравитационно-инерциальной силы⁵. Наблюдаемая частота Ω зависит от обеих упомянутых характеристик и остаётся постоянной в недеформирующемся негравитирующем пространстве. В недеформирующемся гравитирующем пространстве де Ситтера частота фотона в точке излучения Ω_0 связана с частотой фотона Ω в точке наблюдения соотношением $\Omega = \Omega_0 a / \sqrt{a^2 - r^2}$. Тогда относительная разность частот в месте излучения и месте приёма $\Delta\Omega/\Omega = (\Omega_0 - \Omega)/\Omega = [\sqrt{a^2 - r^2} - a]/a < 0$, т.е. имеет место **красное смещение** спектральных линий удалённых объектов. Выражая Ω_0 через Ω находим, что при $r \rightarrow a$ величина $\Omega_0 \rightarrow 0$. Иными словами, с точки зрения наблюдателя свет, испускаемый источником, находящимся на поверхности $r=a$, **«останавливается»**. Это неудивительно, поскольку $r=a$ есть поверхность коллапсара, где, согласно современным представлениям, время **«останавливается»** [2]. В действительности, останавливается наблюдаемое время τ , интервал которого в невращающемся пространстве связан с интервалом координатного (эфмеридного) равномерно текущего времени t соотношением [8]: $d\tau = \sqrt{g_{00}} dt$. Легко видеть, что $\Omega_0/\Omega = d\tau = \sqrt{g_{00}}/dt$. На поверхности коллапсара $g_{00} = 0$ [2], следовательно, наблюдаемое «ускоряющееся» расширение Вселенной при приближении к горизонту вызвано замедлением темпа наблюдаемого времени вблизи поверхности коллапсара. Этот эффект проявляется как уменьшение наблюдаемой частоты удалённых объектов, вызванных неньютоновской силой отталкивания, интерпретируемой как проявление ТЭ. Итак, применение **стационарного** пространства де Ситтера в качестве модели наблюдаемой части Вселенной позволяет объяснить нелинейный характер красного смещения дальних объектов и резкое уменьшение их количества при $r \rightarrow a$.

Остаётся пока необъяснённым вопрос: *почему наличие отрицательного давления, непосредственно связанного с неньютоновской силой F^1 , не приводит к расширению де ситтеровского пузыря, заполненного инфляционным вакуумом?* Проще всего объяснить это наличием среды с положительным давлением, окружающей наблюдаемую часть Вселенной — инфляционный вакуумный пузырь. Исток этого объяснения заложен в задаче о коллапсе сферы, заполненной идеальной несжимаемой жидкостью⁶ [5], где было показано, что данная жидкая сфера при условии $r_g = a$ трансформируется в пространство де Ситтера. Полученный результат допускает следующую трактовку: сфера с поверхностью $r_g = a$ лежит внутри сферы, радиус которой больше r_g . Иными словами, коллапсар (де ситтеровский пузырь) реально существует внутри жидкой несжимаемой сферы, радиус которой больше $9r_g/8$, или, в другой форме: $M > 4ac^2/9G$. Очевидно, это условие выполняется не для всех объектов. Так, внутри Солнца, представленного несжимаемой жидкой сферой, ($a = 7 \times 10^{10}$ см, $r_g = 3 \times 10^5$ см, $M = 2 \times 10^{33}$ г), и аналогичной модели Галактики ($a = 4 \times 10^{22}$ см, $r_g = 4,5 \times 10^{16}$ см, $M = 1,6 \times 10^{44}$ г) подобный пузырь невозможен. Однако внутри этих объектов могут существовать обычные гильбертовские ч.д., радиус которых равен r_g .

Пространство жидкой несжимаемой сферы, моделирующей Вселенную, допускает существование внутри неё инфляционного вакуумного пузыря, который не расширяется, несмотря на наличие отрицательного давления. Дело в том, что снаружи он окружён идеальной жидкостью, для которой $\rho_0 = \text{const} > 0$ и давление⁷ $p > 0$ [5]. При условии $a = r_g$ эта

4 Уравнения изотропных геодезических имеют вид: $d^2x^\alpha/d\sigma^2 + \Gamma^\alpha_{\mu\nu} dx^\mu/d\sigma dx^\nu/d\sigma = 0$, где $\Gamma^\alpha_{\mu\nu}$ — символы Кристоффеля 2-го рода, σ — параметр.

5 Уравнение для определения наблюдаемой частоты света в терминах физических наблюдаемых Ω имеет вид: $(1/\Omega)d\Omega/d\tau + (1/c^2)D_{ik}dx^i/d\tau dx^k/d\tau - (1/c^2)F_i dx^i/d\tau = 0$, D_{ik} — тензор скоростей деформации, τ — наблюдаемое время [8].

6 Метрика пространства-времени внутри сферы из идеальной несжимаемой жидкости имеет вид [5]: $ds^2 = [3\sqrt{(1-r_g/a) - \sqrt{(1-r_g/a)^2 - r^2/a^3}}]c^2 dt^2 - dr^2/(1-r^2/a^2) - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2)$.

7 Внешнее давление на коллапсар определяется по формуле $p = -\rho_0 c^2 [\sqrt{(1-r_g/a)^2 - r^2/a^3} - \sqrt{(1-r_g/a)}] / [3\sqrt{(1-r_g/a) - \sqrt{(1-r_g/a)^2 - r^2/a^3}}]$ [5].

среда трансформируется в инфляционный вакуум ($p = \text{const} < 0$). Таким образом, сферическая поверхность $a = r_g$ одновременно есть: 1) поверхность инфляционного коллапсара; 2) граница двух сред — идеальной несжимаемой жидкости и инфляционного вакуума. Очевидно, вакуумный пузырь остаётся стационарным до тех пор, пока эти среды находятся в равновесии. Нарушение равновесия может быть вызвано, в частности, взаимодействием этих сред. Например, взаимные превращения жидкой среды в вакуум и, наоборот, при некоторых условиях могут привести к нарушению равновесия между ними. При этом вакуумный пузырь может как сжиматься, так и расширяться в зависимости от направленности процесса взаимных превращений. Возможно, подобные пузыри существуют также внутри некоторых объектов Вселенной, представляющих собой сферы из конденсированной материи. В этом случае их массы и радиусы должны удовлетворять соотношению $M/a > 4c^2/9G$. А гипотетическая тёмная материя и есть инфляционный вакуум, заполняющий эти пузыри.

Таким образом, ответ на вопрос, есть ли жизнь после коллапса, можно считать положительным в рамках предложенной концепции. Наблюдаемая Вселенная (инфляционный вакуумный пузырь) есть внутреннее пространство коллапсара (сингулярного образования). Данная модель напоминает яйцо, «желток» которого есть инфляционный вакуумный пузырь, «белок» — окружающая его идеальная несжимаемая жидкость «мировой океан», а «скорлупа» — граница, отделяющая Вселенную от Пустоты. Возможно, что Пустота — на самом деле ещё более тонкая, пока явно не проявившаяся материя, а скорлупа — поверхность сколлапсировавшей сферы, заполненной «Пустотой». Экспериментальным доказательством такой концепции может служить вышеупомянутая система концентрических сфер Пенроуза–Гурзадяна. Смена вселенных происходит в результате «съедания» желтком окружающей защитной среды, сопровождающейся трансформацией всех структур внутри него. Это приводит к разрушению скорлупы и выходу «цыплёнка» в Пустоту, где начнётся новый виток бесконечных трансформаций. Особыми моментами здесь являются точки остановки (коллапс и выход), представляющие собой сингулярности. В остальное время идёт длительный процесс эволюции, в процессе которой новорождённая Вселенная сгущает вокруг себя окружающую материю (отделяет себя от «Пустоты»), Затем материя коллапсирует, образуя «желток» ... Предложенная концепция, описывает процесс создания Вселенной как один из этапов бесконечной эволюции, в отличие от Большого Взрыва, где её возникновение и развитие случайны.

Литература

1. Schwarzschild K. Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie. Sitzungberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften. 1916, 189–196.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. Москва, «Наука», 1973.
3. Станюкович К.П. К вопросу о существовании устойчивых частиц в Метагалактике. В сб. «Проблемы теории гравитации и элементарных частиц», Москва, Атомиздат, 1966, с.267.
4. Schwarzschild K. Über das Gravitationsfeld einer Kugel aus incompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie. Sitzungberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften. 1916, 424–435.
5. Borissova L. The gravitational Field of the Condensed Matter Sun: The Space Singularity Break meets the Asteroid Strip. The Abraham Zelmanov Journal. 2009, v.2, p.224.
6. Борисова Л.Б. Конденсированная материя в космологии и астрофизике. Дельфис №1, 2010.
7. Borissova L. De Sitter Bubble as a Model of the Universe. The Abraham Zelmanov Journal. 2009, v.3, p.3.
8. Зельманов А.Л. Докл. АН СССР, т.107, №6, с.815, 1956.