

---

---

# МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ И КОСМОЛОГИИ

---

---

## МИФЫ И РЕАЛЬНОСТИ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Ю.С. Владимиров

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Данная статья пишется под впечатлением только что прошедшей 14-й Российской гравитационной конференции в Ульяновске (27 июня – 2 июля 2011 г.) (см. [1]). Начало этим конференциям было положено созывом в 1961 г. в МГУ им. М.В. Ломоносова 1-й Советской гравитационной конференции. Каждая из прошедших с тех пор конференций отражала соответствующие своему времени тенденции и взгляды в развитии идей общей теории относительности (ОТО) и гравитации. На первых трех советских гравитационных конференциях, проходивших в Москве, в Тбилиси (1965 г.) и в Ереване (1972 г.) после официального признания властями важности общей теории относительности, состоялся обстоятельный обзор и анализ основных проблем эйнштейновской теории гравитации. В этот период в нашей стране формировалось гравитационное сообщество физиков-теоретиков, активно работающее по настоящее время. В эти годы возлагались большие надежды на развитие гравитационных исследований. Обсуждался широкий круг проблем: возможности антигравитации, перспективы обнаружения и использования гравитационного излучения, проекты гравитационных экспериментов в неволновой зоне, а также вопросы квантования гравитации, космологии, описания и применения систем отсчета в ОТО, поиска точных решений уравнений Эйнштейна и многие другие (см. [2; 3]).

На 4-й конференции в 1976 г. в Минске в центре внимания находились проблемы обнаружения гравитационных волн. К этому времени уже была доказана необоснованность утверждений Вебера об обнаружении им гравитационных волн, однако в тот момент возлагались большие надежды на их обнаружение в ближайшее время. Но в целом оптимизм постепенно угасал. На следующей, 5-й, гравитационной конференции в 1981 г. в МГУ разгорелась острая дискуссия вокруг попыток замены общей теории относительности

сти А. Эйнштейна на релятивистскую теорию гравитации А.А. Логунова. Характерной была позиция Я.Б. Зельдовича, активно отстаивавшего теорию Эйнштейна. Он заявлял, что она справедлива на любых масштабах и что нет ни одного факта, свидетельствующего об отклонениях от ОТО. На следующей конференции в Москве в 1984 г. состоялся реванш сторонников школы Зельдовича и Ландау по данному вопросу.

Следует отметить, что перечисленные выше и ряд других проблем, обсуждавшихся на всесоюзных, а затем на российских гравитационных конференциях, имеют явно метафизический характер. Фактически обсуждались идеи и возможности геометрической парадигмы, сформированной в работах В. Клиффорда, А. Эйнштейна, Д. Гильберта, Г. Вейля и других авторов [4, с. 94–95], так или иначе производилось ее сравнение с принципами иной, теоретико-полевой парадигмы, доминировавшей в теоретической физике середины XX в. По сути, речь шла о выборе метафизической парадигмы, в рамках которой следует развивать наши представления о пространстве-времени и вообще о физическом мироздании.

В центре внимания прошедшей конференции в Ульяновске оказались вопросы объяснения так называемых темной энергии и темной материи во Вселенной, описываемой на базе эйнштейновской общей теории относительности. В настоящий момент здесь сложилась довольно серьезная ситуация. Если следовать выводам на основе ОТО, то получается, что вся наблюдаемая материя в виде звезд, галактик, межзвездной среды и известных видов излучений составляет всего 4% от всей материи во Вселенной. 70% составляет темная энергия, а 26% – темная материя в галактиках. А что представляют собой темная энергия и материя, нам совершенно не понятно.

Большинство пленарных и ряд секционных докладов были посвящены попыткам физически объяснить неизвестные виды материи. В одном из пленарных докладов предлагалось объяснить наличие темной энергии путем обобщения теории Эйнштейна на случай учета в плотности лагранжиана более высоких степеней тензора кривизны. В другом докладе предлагалось перейти от римановой геометрии, положенной в основание ОТО, к геометрии с кручением, кстати пока тоже не наблюдавшимся ни в одном эксперименте. В третьем выступлении высказывались надежды на объяснение неизвестных форм материи посредством учета неминимальных слагаемых в лагранжианах. Еще в одном пленарном докладе предлагалось обоснование неведомой материи на основе обобщений модели Вайнберга – Салама электрослабых взаимодействий с привлечением пока не обнаруженных хиггсовских бозонов. В секционных докладах предлагалось привлечь для этой цели гипотетические суперпартнеры из суперсимметричных моделей, аксионы или тахионы и т. д.

Фактически в упомянутых докладах предлагалось заменить одно непонятное на другое столь же гипотетическое. Трудности в описании Вселен-

ной в целом на основе ОТО переключались на физику микромира. Другими словами, проблемы из одного кармана переключаются в другой.

Спрашивается, как ко всему этому относиться? Если на прошлых конференциях Я.Б. Зельдович выступал с докладами типа «О неизбежности общей теории относительности» и страстно доказывал, что до сих пор не обнаружено никаких свидетельств об отклонениях от ОТО, то как воспринимать «необходимость» введения темных энергии и материи?

Имеются и другие проблемы современной космологии, строящейся на базе эйнштейновской ОТО. К их числу следует отнести проблему Большого взрыва или начала мира, проблемы черных дыр, кротовых нор и некоторые другие.

**Космологические решения уравнений Эйнштейна.** Одним из главных достоинств ОТО Эйнштейна считается то, что эта теория впервые позволила на языке физики ставить и решать задачи об устройстве и эволюции Вселенной в целом. А эти вопросы имеют сугубо метафизический характер.

В математическом плане описание Вселенной как целого основано на решении уравнений Эйнштейна, в правую часть которых нужно подставить тензор энергии-импульса всей материи мира: планет, звезд, межзвездной среды и всего прочего. В силу того что все это точно учесть невозможно, рассматриваются упрощенные модели.

Во-первых, предполагается, что всю материю мира можно представить в виде сплошной среды наподобие пыли, когда в качестве отдельных пылинок выступают не отдельные звезды и даже не отдельные галактики, а скопления галактик.

Во-вторых, полагается, что, пренебрегая рядом индивидуальных (пекулярных) движений пылинок, можно выбрать сопутствующую материи (скоплениям галактик) систему отсчета, то есть такую, в которой приборы системы отсчета движутся вместе с материей.

В-третьих, предполагается, что сопутствующая система отсчета является нормальной, то есть не вращается. Напомним, что подобные системы отсчета являются преимущественными в общей теории относительности и представляют собой своеобразный аналог инерциальных систем отсчета в ньютоновой механике. Важнейшим свойством нормальных систем отсчета является глобальное расщепление в них 4-мерного искривленного пространства-времени на 3-мерное пространство и ортогональное ему время (данной системы отсчета). В сопутствующей системе отсчета приборы вместе со средой как бы «вморожены» в пространство. Их движение описывается эволюцией самого пространства.

В-четвертых, когда уже определено глобальное 3-мерное пространство, полагается, что в нем распределение материи – пылинок однородно и изотропно, то есть материя распределена равномерно вдоль каждого направления и одинаково по всем направлениям. Очевидно, что эти условия не выполняются в масштабах Солнечной системы, отдельной галактики или даже

конкретного их скопления, однако полагается, что по мере увеличения масштаба распределение материи все более становится близким к однородному и изотропному.

Решения уравнений Эйнштейна (без космологического члена) при выполнении всех этих условий впервые нашел в 1921 г. наш соотечественник А.А. Фридман. В настоящее время найденные им так называемые *однородные изотропные космологические решения Фридмана* составляют основу космологии. Имеется три типа решений Фридмана, в которых пространственные сечения описываются геометриями Евклида, Лобачевского и Римана. Во всех этих решениях предсказывается наличие «начального» момента эволюции мира, обычно трактуемого как «рождение Вселенной» вследствие Большого взрыва.

В окрестности начала плотность материи должна стремиться к бесконечности. В связи с этим ряд исследователей обращают внимание на «золотое правило физики»: появление бесконечностей следует трактовать как «звонок сверху», предупреждающий о том, что в этих областях теория теряет силу. Подобные «звонки» звучат и в классической электродинамике, когда пытаются подсчитать собственную энергию точечной заряженной частицы. Аналогичная ситуация проявляется и в квантовой теории поля, а также в других разделах физики. В соответствии с этим «золотым правилом» следует утверждать, что в окрестности «начального момента» эволюции Вселенной закономерности общей теории относительности теряют силу и ею можно пользоваться лишь начиная с какого-то более позднего момента, если вообще можно говорить о понятии момента времени в этой области.

На основе уже известных в 1970–1980-х гг. свойств физических взаимодействий обсуждались возможные сценарии превращений материи из одних видов в другие на начальных стадиях эволюции Вселенной. Рассматривались процессы образования вещества и формирования из него звезд и галактик.

Уже тогда ставился вопрос метафизического характера, – с какой стадии развития Вселенной можно говорить о возможности пользоваться такими классическими понятиями, как время и пространство? Обсуждался также вопрос о том, что было до рождения Вселенной? И имеет ли смысл говорить об этом? Из чего образовалась Вселенная? Что означает рождение Вселенной из «ничего»? И т. д.

На проводившихся гравитационных конференциях активно дискутировались и другие принципиальные вопросы космологии: о возрасте Вселенной, уточнялись значения постоянной Хаббла и космологической постоянной. Чтобы не было противоречий с наблюдениями, космологическую постоянную предлагалось считать чрезвычайно малой по модулю. На этом основании долгое время полагали, что ее можно вообще исключить из рассмотрения. У нас в стране, видимо, один Д.Д. Иваненко на всех конференциях призывал ее учитывать. У многих тогда это вызывало усмешку, однако

в конце XX в. был сделан вывод о необходимости учета этого слагаемого в уравнениях Эйнштейна.

Интенсивно обсуждался вопрос, какой из трех фридмановских моделей описывается наша Вселенная?

Но в те годы возникли и новые проблемы. Они были связаны, во-первых, с открытием реликтового излучения. Это трехградусное излучение в то время, как и сейчас, интерпретировалось как излучение, оторвавшееся от вещества в эпоху его рекомбинации, когда все метагалактические расстояния были на три порядка меньше современных, а плотность на девять порядков выше, чем в настоящее время. А до этого плотность была еще на много порядков выше. Проблема заключалась в том, что при таких условиях уже нельзя пользоваться выводами общей теории относительности.

Другим важным обстоятельством в обсуждениях того времени было открытие пульсаров, которые отождествлялись с нейтронными звездами. Выдвигались идеи о возможности гиперонных звезд. Трудно было объяснить открытие квазаров – далеких космических источников невероятно мощного космического излучения.

Все эти вопросы оказались в центре внимания группы академика Я.Б. Зельдовича, переключившегося на вопросы релятивистской астрофизики после известных закрытых работ над ядерным оружием. Под его началом сложилась группа активных исследователей, объявивших о формировании нового направления исследований – релятивистской астрофизики, в основе которой лежали закономерности общей теории относительности Эйнштейна. Возможность применения ОТО для описания Вселенной в целом не подвергалась сомнениям.

**Было ли начало мира?** В статье Дж. Уилера, подготовленной к 100-летию со дня рождения А. Эйнштейна, отмечалось, что в первой космологической модели Эйнштейна мир представлялся в виде статической трехмерной гиперсферы. Чтобы получить этот результат, Эйнштейн должен был ввести в свои уравнения космологическую постоянную.

Первая реакция Эйнштейна на вскоре найденные А.А. Фридманом иные решения уравнений Эйнштейна (без космологической постоянной), которые соответствовали эволюционирующим моделям Вселенной, была резко отрицательной. Однако затем ему пришлось пересмотреть свою позицию и признать факт расширения Вселенной.

Дж. Уилер попытался объяснить первоначальную позицию Эйнштейна в этом вопросе. Она имела явно метафизический характер. Уилер писал: «Почему он думал, что Вселенная была и должна существовать вечно, хотя для каждого, кто рос в традициях иудейско-христианских представлений, акт первоначального творения должен был казаться вполне естественным. Я чрезвычайно благодарен профессору Гансу Кюнгу, обратившему мое внимание на то большое влияние, которое оказал на Эйнштейна пример Спинозы. Почему двадцатичетырехлетний Спиноза был в 1656 г. отлучен в Ам-

стердаме от синагогальной общины? Потому, что он отклонил учение о сотворении мира. В чем была слабость этого учения? Где во всем том «ничто», которое предшествовало творению, могли висеть часы, сказавшие Вселенной, когда она должна начать существовать?» [5].

Как известно, модель расширяющейся Вселенной на основе решений Фридмана была разработана бельгийским католическим священником астрономом и математиком Жоржем Леметром, тесно сотрудничавшим с А. Эддингтоном. Согласно представлениям Леметра, мир уподоблялся некому «космическому яйцу», взорвавшемуся в момент его творения Богом. Известно, что Эддингтон, как и Эйнштейн, с недоверием отнеслись к этой модели, поскольку она слишком сильно напоминала христианский догмат творения и, по их первоначальному мнению, была «непроверяемой с физической точки зрения». Однако после открытия Хабблом космологического красного смещения представления о расширяющейся Вселенной получили широкое признание и сейчас считаются твердо установленным научным фактом. Известно также, что ряд религиозных деятелей приветствовали модель расширяющейся Вселенной, особенно идею о ее происхождении в результате Большого взрыва, усматривая в этом научное подтверждение иудейско-христианского учения о творении мира Богом.

Отметим, что в восточных мировых религиях, например в даосизме и буддизме, представлена иная точка зрения на мироустройство, согласно которой Вселенная существовала всегда. Первоначальная позиция Эйнштейна фактически соответствовала именно восточной метафизической позиции. В настоящее время некоторые физики пытаются построить физическую модель, отвечающую восточным философско-религиозным представлениям, то есть без начальных и конечных стадий. В качестве примера можно привести релятивистскую теорию гравитации А.А. Логунова, которая опирается на теоретико-полевую метафизическую парадигму с использованием постулата об априорно заданном плоском пространстве-времени.

**Метафизический реализм в вопросах космологии.** Нельзя забывать, что при описании Вселенной как целого на основе уравнений Эйнштейна производится экстраполяция наших представлений о мире максимально далеко за пределы изученной области Вселенной. С позиций здравого физика это рискованный шаг. Всякий физик знает, что любая физическая теория имеет ограниченную сферу применимости, подтвержденную экспериментально. Всякий выход за ее пределы нуждается в тщательной проверке. В данном случае этого не сделано.

Однако, читая студентам лекции с изложением космологических решений уравнений Эйнштейна, считаю необходимым подчеркнуть, что подобную экстраполяцию выводов ОТО на Вселенную в целом делать необходимо, поскольку это может помочь ответить на вопрос, до каких пределов эта экстраполяция правомерна, и тем самым подсказать когда и каким образом следует изменить наши представления о природе мироздания.

Обо всем этом настойчиво говорили ведущие отечественные физики-гравитационисты в 1960–1970-е гг.

Прежде всего отметим **позицию академика В.А. Фока**. Он писал: «Вообще любая физическая теория – пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна – имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий, сообразных свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы» [6, с. 200]. В этой связи следует обратиться к изложению вопросов космологии в его книге «Теория пространства, времени и тяготения» [7]. Во-первых, этот материал занимает в книге довольно скромное место и, во-вторых, он постоянно обращает внимание на необходимость проявления осторожности при описании Вселенной в целом на основе уравнений Эйнштейна.

Далее следует напомнить **позицию А.Л. Зельманова**, крупнейшего нашего космолога того времени. Он писал: «В основе космологии лежат (в порядке возрастающей общности): во-первых, эмпирические, прежде всего, астрофизические сведения об охваченной наблюдениями области Вселенной; во-вторых, основные физические теории, прежде всего, теория тяготения; в-третьих, общие, по существу – философские, соображения» [8, с. 110]. (Заметим, что в то время пользоваться термином «метафизические соображения» было не принято.) Далее он продолжает: «Приняв в качестве физико-теоретической основы космологии наиболее общую из существующих теорию тяготения (эйнштейнову), не следует дополнять ее какими-либо упрощающими предположениями, в частности, основанными на экстраполяции идеализированных эмпирических данных на всю Вселенную, например, предположениями однородности и изотропии». «Проверкой истинности выводов, касающихся Вселенной как целого, может служить их сохранение или развитие при переходе от данной физико-теоретической основы к другой, более общей».

Позже, уже в начале 1970-х гг. Зельманов говорил и писал: «Несмотря на свою логическую стройность и безупречность, общая теория относительности не свободна от затруднений. Обычно думают, что в ней нет никаких проблем. Это заблуждение». После перечисления таких проблем, в числе которых он называл проблему гравитационных волн и проблему гравитационного излучения, он продолжил свою мысль: «Есть и проблемы, которые заведомо не могут быть решены в рамках общей теории относительности. Это относится, в частности, к релятивистской космологии» [9, с. 277].

Анализируя известные на тот момент астрофизические данные, которые большинством интерпретировались как рождение Вселенной в результате Большого взрыва, Зельманов писал: «Итак, весьма вероятно, что в прошлом наша Метагалактика, по крайней мере та ее часть, которую мы можем теперь наблюдать, прошла через состояние, описать которое современные фи-

зические теории не могут, состояние, подведомственное новой, еще неизвестной физической теории» [9, с. 276].

Одним из главных недостатков космологии, построенной на основе общей теории относительности, Зельманов считал то, что она не дает единственного решения: «Это показывает, что общая теория относительности не настолько обща, чтобы правильно решить вопрос о модели Вселенной. Если в упомянутой выше новой, более общей физической теории наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, возможно, что эта теория даст одну, а не множество космологических моделей» [9].

В какой-то степени с ожиданиями Зельманова пересекается **позиция, занятая Д.Д. Иваненко**, который писал: «Так или иначе нынешний период истории физики характеризуется все более настойчивыми и перспективными попытками построения новой, четвертой в исторической последовательности единой картины мира, которую разумно предварительно назвать «атомно-космической» [10, с. 56]. При этом он неоднократно выражал сомнения в правомерности распространения закономерностей ОТО на описание Вселенной в целом, полагая даже, что ОТО справедлива разве что в масштабах галактики.

Он говорил о построении «естественной картины мира в известном нам участке Вселенной», причем для этого следовало привлечь современные данные из физики элементарных частиц, такие как наблюдаемая преимущественность частиц над античастицами, вопросы СРТ-симметрии элементарных частиц, гиперзарядовые взаимодействия, возможную связь констант микромира с глобальными космологическими величинами и т. д.

В этой связи Иваненко указывал на неэйнштейновские теории гравитации, например, на «теорию стационарной и расширяющейся Вселенной (Хойл, Бонди), в которой постоянная плотность поддерживается за счет добавочного порождения материи, учитываемого дополнительным гипотетическим членом в уравнениях Эйнштейна».

Он обращал внимание также на махианские идеи «относительно обусловленности инерции влиянием масс Вселенной, игравшими роль при построении эйнштейновской гравитационной динамики, хотя, как известно, принцип Маха в обычной трактовке ОТО и не выполняется. Недавно подобные идеи стали рассматриваться с новых точек зрения (Уилер, Хенль-Денен, Станюкович, Дикке), более того, начали ставиться опыты по обнаружению влияния нашей галактики на возможную анизотропию масс и т. д. С нашей точки зрения, здоровое зерно в подобных попытках следует видеть в направлении поисков влияния не только гигантских масс, но и глобальных космологических обстоятельств на поведение земных объектов и атомноядерных элементарных процессов» [10, с. 56].

Другими словами, если Зельманов только ожидал решение ряда космологических проблем от некой новой теории будущего, то Иваненко обращал внимание на конкретные возможные пути их решения с учетом факторов

физики микромира. Конечно, он это делал в своем традиционном духе путем «жонглирования» идеями и результатами других авторов, не останавливаясь на какой-то своей собственной идее или своих оригинальных разработках. Безусловно, в науке необходим и такой метод сбора информации об идеях, которые можно было бы привлечь для решения актуальной проблемы.

Исходя из изложенного, с большой долей уверенности можно прогнозировать позицию этих авторов по современным проблемам космологии и релятивистской астрофизики, когда для согласования последних астрофизических данных с выводами общей теории относительности вводятся гипотезы о существовании «темной энергии» и «темной материи», которые должны составить 96% всей материи во Вселенной. Естественно, возникает вопрос: не является ли факт выдвижения подобных гипотез свидетельством ограниченной сферы применимости выводов общей теории относительности? Может быть, настало время для настойчивых поисков оснований новой теории, способной обобщить или даже заменить эйнштейновскую теорию гравитации?

**Какова арифметика больших чисел?** Еще раз следует подчеркнуть, что в настоящее время общая теория относительности является наиболее развитой и глубокой теорией классического пространства-времени. Ее справедливость достаточно подтверждена многочисленными экспериментами в масштабах Солнечной системы и в окрестностях других звезд и даже отдельных галактик. В качестве примера следует назвать наблюдения гравитационного линзирования лучей света. Однако изложенное выше ставит под сомнение экстраполяцию закономерностей ОТО на Вселенную в целом и, как нам представляется, говорит о необходимости поиска более совершенной теории. Но тут же возникает вопрос: какие принципы должны быть положены в основание искомой теории? Очевидно, что они должны иметь более фундаментальный характер, нежели принципы ОТО. Укажем ряд имеющихся в литературе соображений о путях поиска новых теорий, которые могут оказаться более пригодными для описания мироздания в гигантских масштабах.

Прежде всего обратим внимание на идею, высказанную П.К. Рашевским, о возможности построения *арифметики, отличающейся от общепризнанной при очень больших числах*. В своей статье «О догмате натурального ряда» он писал: «Натуральный ряд и сейчас является единственной математической идеализацией процессов реального счета. Это монопольное положение осеняет его ореолом некой истины в последней инстанции, абсолютной, единственно возможной, обращение к которой неизбежно во всех случаях, когда математик работает с пересчетом своих объектов. Более того, так как физик использует лишь тот аппарат, который предлагает ему математика, то абсолютная власть натурального ряда распространяется и на физику и — через посредство числовой прямой — предопределяет в значительной степени возможности физических теорий... Быть может, положение с натуральным рядом в настоящее время имеет смысл сравнивать с положением евклидовой геометрии в XVIII в., когда она была единственной геометрической

теорией, а потому считалась некой абсолютной истиной, одинаково обязательной и для математиков, и для физиков. Считалось, само собой понятным, что физическое пространство должно идеально точно подчиняться евклидовой геометрии (а чему же еще?). Подобно этому мы считаем сейчас, что пересчет как угодно больших расстояний в физическом пространстве и т. п. должны подчиняться существующим схемам натурального ряда и числовой прямой (а чему же еще?)» [11].

П.К. Рашевский поставил ряд вопросов и высказал гипотезы относительно обобщений координатного пространства, построенного на основе иной аксиоматики арифметики, а в работах В.Л. Рвачева [12] было показано, что *изменения в представлениях о свойствах натурального ряда уже воплощены в физике в виде закономерностей специальной теории относительности*. Основные результаты его работ касаются не координатного пространства, а пространства скоростей (или импульсного пространства).

Как известно, в множестве вещественных чисел определены две групповые операции: сложения (и обратной – вычитания) и умножения (и обратной – деления). При обычном понимании этих операций их многократное применение приводит к появлению неограниченно больших чисел. Оказывается, можно так изменить определения групповых операций, что в принципе не смогут появиться числа, большие некоторого предельного числа  $c$ .

В.Л. Рвачев разработал арифметику с такими свойствами. При этом пришлось переопределить операции сложения и умножения. Новая операция сложения (вычитания) двух чисел определяется через привычные операции сложения и умножения, причем оказалось, что она соответствует закону сложения скоростей в специальной теории относительности. По этой причине данная операция была названа *релятивистским сложением (вычитанием)*. Она удовлетворяет всем привычным групповым свойствам, то есть определенные здесь операции являются обратными и удовлетворяют свойствам коммутативности, ассоциативности, для них имеется нуль с обычными свойствами, но, главное, в результате релятивистских сложений не появляются числа, большие некоего числа, соответствующего скорости света в теории относительности.

В специальной теории относительности фактически ограничиваются одной операцией релятивистского сложения, тогда как в новой арифметике определена и вторая операция – *релятивистское умножение (деление)*, которая является коммутативной, обладает свойством ассоциативности, для нее определена обратная операция и имеется единица с обычными свойствами.

В рамках релятивистской арифметики [12] были определены известные функции: степенная, экспоненты, логарифмы, тригонометрические и др. Более того, в теории, опирающейся на релятивистскую арифметику, вводятся специфические *релятивистские производные и интегралы*, обладающие свойствами соответствующих операций в общепринятом математическом анализе.

Отметим, что в современной физике пока не нашла применение в полном объеме развитая Рвачевым релятивистская арифметика. Возможно, это будет сделано в будущем. Для физики (точнее, для метафизики) важное значение имеет сам факт существования релятивистской арифметики. «Классическому случаю, – отмечает В.Л. Рвачев, – соответствует значение константы, равное нулю, и только в этом случае возникает в математике бесконечность. Выходит, что появлению этой (потенциальной) бесконечности математика обязана именно «рукам человеческим» или точнее – пальцам, с помощью которых люди научились считать. В принципе же, как это следует из приведенных результатов, для построения математики (впрочем, мы вправе говорить только о прикладной математике) допустимы, как мы видим, и другие пути, без бесконечности с порождаемыми ею парадоксами и различного рода монстрами. Прав был П.К. Рашевский, когда выступал против догматического взгляда на натуральный ряд. Что же касается ответа на вопрос, к каким последствиям для физических теорий может привести разрушение “монопольного положения натурального ряда”, то его должны дать физики» [12].

В последних работах В.Л. Рвачева была предпринята попытка применить новую арифметику к координатному пространству и на этой основе дать иную интерпретацию известных наблюдений по космологическому красному смещению в спектрах излучения от далеких астрофизических объектов. Было показано, что в такой теории также имеет место космологическое красное смещение от источников, находящихся на очень больших расстояниях. Однако в приведенной Рвачевым формуле космологическое красное смещение оказалось пропорциональным квадрату расстояния до источника, тогда как в общей теории относительности красное смещение пропорционально расстоянию в первой степени. Этот результат подтвержден астрофизическими наблюдениями. Но тем не менее наличие эффекта красного смещения в этой теории представляет несомненный интерес и заставляет более детально проанализировать выводы автора.

Этот вопрос был рассмотрен в нашей работе [13], причем мы решили подойти к нему с другой стороны, минимально отклоняясь от общепринятой общей теории относительности. В качестве модели было использовано сферически симметричное решение Котлера уравнений Эйнштейна с космологическим членом. Это решение известно физикам-гравитационистам иногда под другим названием «метрика Шварцшильда – де Ситтера», поскольку объединяет в себе эти две метрики. Как известно, для метрики Шварцшильда в координатах кривизн ключевое значение имеет вид компоненты  $g_{00} = 1 - 2MG/c^2r$ , где  $M$  – масса гравитирующего тела,  $G$  – ньютонова гравитационная постоянная,  $r$  – радиальная координата. Именно на основе этого выражения ведутся рассуждения о черных дырах. Поскольку данная компонента метрики должна быть больше нуля, то из записанного выражения следует минимальное значение радиальной координаты  $rg = 2MG/c^2$ , называемое гравитационным радиусом.

В метрике Коттлера аналогичная компонента метрики имеет вид:  $g_{00} = 1 - 2MG/c^2r + \Lambda r^2/3$ , где  $\Lambda$  – космологическая постоянная, которая в принципе может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Очевидно, что на больших расстояниях доминирует последнее слагаемое. В случае отрицательного значения космологической постоянной возникает ограничение сверху на значение радиальной координаты. Это значение можно отождествить с выражением максимального значения координаты в работах Рвачева.

По известным формулам общей теории относительности было рассчитано космологическое красное смещение в метрике Коттлера. Было получено, что красное смещение пропорционально квадрату радиальной координаты, что соответствует выводам в работе Рвачева. В какой-то степени это отличается от экспериментальных данных, однако речь здесь идет не об окончательной теории, заменяющей ОТО, а лишь о модели, в некоем ограниченном смысле опирающейся на закономерности ОТО. Ее назначение состоит лишь в том, чтобы показать направление возможности поиска новой теории.

**Заключение.** Если соображения о существенном изменении пространственно-временных представлений на больших масштабах будут достаточно веско обоснованы, то это приведет к далеко идущим выводам. Может оказаться так, что никакого Большого взрыва, положившего начало существованию Вселенной, не было. Вселенная существовала всегда, а якобы наблюдаемое разбегание далеких галактик связано с изменением геометрии (арифметики по Рашевскому) или какими-то другими обстоятельствами на очень больших расстояниях. Естественно ожидать, что данный эффект должен наблюдаться любым наблюдателем, как бы далеко от нас он ни находился. Это аналогично тому, как, согласно специальной теории относительности, скорость света остается постоянной в любой системе отсчета, как бы быстро она ни двигалась относительно нашей системы отсчета.

Очевидно, доводы о необходимости более радикальных, нежели в ОТО, изменений наших представлений о пространстве и времени на больших расстояниях должны быть достаточно вескими. Например, в наших исследованиях изучается вопрос о замене субстанциального подхода к природе пространства-времени на реляционный, на котором настаивали Г. Лейбниц и Э. Мах и который затем развивался в работах Р. Фейнмана, Ф. Хойла и ряда других авторов. Известно, что сам Эйнштейн, приступая к построению общей теории относительности, пытался реализовать реляционные представления о мире Э. Маха. Некоторое время он даже полагал, что принцип Маха лежит в основе общей теории относительности. Однако оказалось, что это не так. Многие точные решения уравнений Эйнштейна имеют антимеховский характер. Например, наиболее важное сферически симметричное решение Шварцшильда соответствует островному распределению материи, тогда как, согласно принципу Маха, инерция должна определяться материей всей Вселенной, распределенной на больших расстояниях.

В настоящее время рано говорить о применении реляционной теории пространства-времени для объяснения космологических проблем. Можно лишь высказывать предварительные гипотезы и соображения. Более определенно можно будет говорить лишь тогда, когда на новой основе можно будет описывать множество наблюдаемых закономерностей, таких как космологическое красное смещение, необычные состояния вещества в центре галактик, реликтовое излучение и многие другие, которые сейчас довольно успешно описываются в рамках общепринятой общей теории относительности. В случае принятия иной точки зрения все нужно будет пересчитать и переинтерпретировать заново. Тем не менее нам представляется, что все это можно осуществить. Конечно, при этом встает множество новых вопросов, однако все они в сумме не могут перевесить кардинальную проблему метафизического характера, связанную с вопросами о том, что было до рождения Вселенной и, как выражался Спиноза, где висели часы, которые должны были отсчитать момент рождения мира?

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сб. тезисов 14-й Российской гравитационной конференции. – Ульяновск: Изд-во Ульяновского гос. пед. ун-та, 2011.
2. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 2: По пути Клиффорда–Эйнштейна. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011.
3. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 3: Геометрическая парадигма: испытание временем. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011.
4. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. – 2-е изд. – М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2010.
5. *Уилер Дж.* Эйнштейн: что он хотел // Проблемы физики: классика и современность. – М.: Мир, 1982. – С. 94–95.
6. *Фок В.А.* Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание. – М.: Мысль, 1969.
7. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Физматгиз, 1961.
8. *Зельманов А.Л.* Об основах космологии // Сб. тезисов докладов и сообщений на всесоюзном симпозиуме «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии». – Киев, 1964.
9. *Зельманов А.Л.* Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия: Труды Второго Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания, посвященного 100-летию со дня рождения В.И. Ленина (М., декабрь 1970 г.). – М.: Наука, 1973.
10. *Иваненко Д.Д.* Возможности единой теории поля // Сб. тезисов докладов и сообщений на всесоюзном симпозиуме «Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии». – Киев, 1964.
11. *Рашевский П.К.* О догмате натурального ряда // Успехи матем. наук. – 1973. – Т. XXVIII. – Вып. 4 (172). – С. 243–246.
12. *Рвачев В.Л.* Релятивистский взгляд на развитие конструктивных средств математики. – Харьков: Препринт института проблем машиностроения АН УССР, 1990.
13. *Владимиров Ю.С., Клепицкий А.Н., Кречет В.Г.* // Вестник ЯГПУ. – 2011.