
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ

Ю.С. Владимиров

*Физический факультет Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова,
Институт гравитации и космологии
Российского университета дружбы народов*

В работе рассмотрены состояние и перспективы исследований в рамках эйнштейновской теории гравитации и ее обобщений, то есть в рамках всего геометрического подхода к физике. Обсуждены достижения и проблемы в трех составляющих геометрической теории: фундаментальной (имеющей дело с основаниями теории), собственно общей теории относительности и экспериментальной (прикладной) составляющей. Делается вывод, что за прошедшее столетие принципы, заложенные в основание общей теории относительности и ее классических обобщений, в значительной степени выработаны и в настоящее время необходимо сосредоточиться на анализе теории пространства-времени и физических взаимодействий в рамках альтернативной, реляционной парадигмы.

Ключевые слова: общая теория относительности, геометрическая парадигма, геометризация взаимодействий, квантование гравитации, космология, реляционная теория пространства-времени.

Введение

Мнения относительно даты рождения общей теории относительности (ОТО) разнятся. Одни предлагают отсчитывать рождение ОТО от публикации статьи А. Эйнштейна и М. Гроссмана в 1913 г., в которой была высказана основополагающая идея о том, что гравитация описывается искривлением пространства-времени. Другие склонны вести отсчет от конца 1915 г., когда Д. Гильбертом и А. Эйнштейном были записаны уравнения Эйнштейна. Так или иначе, но уже есть достаточно оснований подводить итоги достижений и неудач 100-летнего развития идей общей теории относительности и сформированной на ее основе геометрической парадигмы в физике.

Поскольку мне посчастливилось близко наблюдать и участвовать в развитии гравитационных исследований в стране и мире в течение более полувека, участвуя в 1961 г. в организации 1-й Советской гравитационной конференции и всех последующих, а также в ряде международных гравитационных конференций (в Варшаве – 1962 г., в Лондоне – 1965 г., в Тбилиси – 1968 г., в Копенгагене – в 1971 г. и ряде других), пришлось быть ученым секретарем, а затем заместителем председателя секции гравитации Минвуза

СССР, то позволю себе высказать свое мнение о современном состоянии исследований в этой области теоретической физики и об их перспективах.

Прежде всего, напомним, что следует различать три составляющие теоретической физики и, в частности, данного её раздела – теории гравитации: 1) фундаментальная теоретическая физика, имеющая дело с анализом, обоснованием и возможными изменениями оснований и принципов теории, 2) собственно теоретическая физика, в сферу которой входит развитие уже сформулированных принципов и закономерностей данной теории, и 3) прикладная теоретическая физика, в задачу которой входят предсказания и расчеты возможных эффектов данной теории.

Отметим, что на отечественных и международных гравитационных конференциях, регулярно проводимых в течение более полувека, традиционно выделяются следующие пять секций:

- 1) классическая теория гравитации;
- 2) обобщения эйнштейновской теории гравитации;
- 3) космология и релятивистская астрофизика;
- 4) квантование гравитации;
- 5) гравитационный эксперимент.

С точки зрения данной выше классификации теоретических исследований по трем составляющим, к фундаментальным следует отнести, во-первых, обобщения эйнштейновской теории гравитации и, во-вторых, квантование гравитации вместе с сопутствующими этой тематике вопросами. Ко второй составляющей (к собственно общей теории относительности) следует отнести секции классической теории гравитации и космологии, основанной на решениях уравнений Эйнштейна. К третьей составляющей естественно отнести секцию «гравитационный эксперимент» и релятивистскую астрофизику, поскольку в настоящее время она базируется на реальных астрофизических наблюдениях. При этом следует иметь в виду, что современные исследования в рамках третьей составляющей (прикладная теоретическая физика) всегда неявно опираются на гипотезы в рамках фундаментальной составляющей.

Рассмотрим отдельно названные три составляющие общей теории относительности (ОТО) и даже шире – всей геометрической парадигмы, ядро которой составляет ОТО.

1. Фундаментальные (парадигмальные) проблемы ОТО и ее обобщений

Начнем обсуждение с фундаментальной составляющей общей теории относительности. Этот раздел исследований вплотную сомкнулся с метафизикой [1].

1.1. Главная метафизическая проблема геометрической парадигмы

Следует особо подчеркнуть, что ОТО является не только теорией одного из четырех видов физических взаимодействий – гравитационного, ее соз-

дание ознаменовало создание новой метафизической парадигмы – геометрической, согласно которой весь окружающий физический мир следует понимать в виде различных проявлений искривленности пространства-времени [2].

Строго говоря, эта идея была высказана английским математиком В. Клиффордом, скончавшимся в 1879 г. – в год рождения А. Эйнштейна. Однако Клиффорд тогда имел в виду искривленность лишь пространства, а данная идея, причем лишь частично, могла реализоваться в виде содержательной теории лишь в рамках 4-мерного пространства-времени, что можно было осуществить только после создания специальной теории относительности (СТО) в начале XX в. Лишь тогда сложились условия для создания общей теории относительности и тем самым была открыта дорога для формирования новой (метафизической) геометрической парадигмы в физике.

В рамках общей теории относительности идею Клиффорда удалось реализовать лишь для геометрического описания гравитационного поля. Однако как Эйнштейну, так и другим исследователям было ясно, что с точки зрения идеологии геометрической парадигмы в общей теории относительности остро ощущалась необходимость геометризации, по крайней мере еще одного взаимодействия, медленно убывающего с расстоянием, – электромагнитного. Для решения этой проблемы предпринимались настойчивые попытки обобщить эйнштейновскую теорию гравитации так, чтобы возникающие при этом новые характеристики пространственно-временного многообразия можно было использовать для описания компонент электромагнитного поля.

Назовем наиболее серьезные из них.

1. Попытки Германа Вейля решить эту проблему увенчались важным математическим результатом, сравнимым с открытием первой неевклидовой геометрии в первой трети XIX века, – уже в 1918 г. он открыл *первую неэрмитову геометрию (геометрию с неметричностью или с сегментарной кривизной)*. Суть этой геометрии состоит в том, что в ней, в отличие от римановой геометрии, векторы (тензоры) при параллельном переносе меняют свою длину. Вейль попытался связать это свойство геометрии с наличием электромагнитного поля. Получилась достаточно любопытная теория, в рамках которой были введены и другие важные для физики понятия, такие как конформные преобразования, тензор Вейля и др. Однако анализ этой теории показал ее непригодность для геометризации электромагнетизма, по крайней мере в рамках геометрической парадигмы. (Идеи Вейля оказались плодотворными при построении калибровочной теории взаимодействий в теоретико-полевого парадигме.)

Следует отметить, что Вейль использовал частный, так называемый *вырожденный* случай геометрии с неметричностью, когда обобщенная ковариантная производная от метрического тензора представляется в виде произведения тензора и вектора. Вскоре А. Эддингтоном было показано, что для данной цели можно использовать общий случай геометрии с сегментарной

кривизной, однако и это в принципиальном плане не помогло решить данную проблему.

2. В 1922 г. математик Эли Картан сделал другое важное открытие в геометрии, сравнимое с открытием второй неевклидовой геометрии Риманом, – была обнаружена *вторая нериманова геометрия – с кручением*. Она характеризуется антисимметричной частью коэффициентов связности, то есть к символам Кристоффеля добавляется антисимметричный по двум нижним индексам тензор кручения. В такой геометрии нарушается всем известное из школьной программы правило параллелограмма при сложении векторов.

Известно, что Эйнштейн перепробовал множество вариантов единых теорий гравитации и электромагнетизма. В последние годы жизни с этой целью он исследовал геометрию с *несимметричной метрикой*, когда обобщенный метрический тензор представляется в виде симметричной и антисимметричной частей, где последнюю было предложено отождествить с тензором напряженности электромагнитного поля. Эту теорию можно понимать как специальный случай геометрии с кручением.

Другой вариант геометризации электромагнетизма через тензор кручения развивался в работах В.И. Родичева. Однако ни один из этих вариантов не привел к желаемым результатам.

3. Схоутоном на рубеже 1920–1930-х гг. был произведен анализ возможных *обобщенных дифференциальных геометрий* и было показано, что в самом общем случае такие геометрии характеризуются тремя тензорными величинами: сегментарной кривизной, тензором кручения и третьим схоутоном – разностью коэффициентов связности, определяющих параллельный перенос ковариантных и контравариантных тензоров. Насколько нам известно, третий схоутен практически не использовался в физических исследованиях, вероятно, по той причине, что он существенен в теориях, где отсутствует метрика, которая является ключевым понятием в физике и геометрии.

4. Нельзя не упомянуть исследования так называемых *финслеровых геометрий*, в которых метрика определяется не квадратичным выражением, как это принято в римановой геометрии, а более сложными соотношениями, например, кубичными, четвертой степени или с учетом векторов из расслоенного пространства. Начало этим исследованиям положил сам Б. Риман в середине XIX в., затем важный шаг в этом направлении был сделан Финслером в 1918 г. С тех пор эти исследования то возрождаются, то затихают. Пока не было предъявлено веских оснований для использования подобных геометрий, тем не менее ряд авторов надеется на перспективность данных исследований.

5. Наиболее успешным *вариантом геометризации электромагнитных взаимодействий оказалась 5-мерная теория Калуцы*, опирающаяся на 5-мерную риманову геометрию (с определенными условиями на дополнительную пятую координату). В ней электромагнитный векторный потенциал

описывается дополнительными (смешанными) компонентами 5-мерного метрического тензора.

В наших работах было показано, что аналогичным образом можно геометрически описать электрослабые и даже сильные взаимодействия, если далее увеличить размерность пространственно-временного многообразия до восьми [2; 3]. Однако теории электрослабых и сильных взаимодействий уже были построены раньше в рамках доминировавшей в XX в. теоретико-полевой парадигмы. Таким образом, геометризация электрослабых и сильных взаимодействий не дала ничего существенно нового; было лишь показано, что на ранее полученные результаты можно взглянуть под новым углом зрения – с позиций геометрической парадигмы.

Важно отметить, что в рамках геометрической парадигмы удается описать лишь бозонные поля переносчиков взаимодействий: электромагнитное поле, поля Z - и W -бозонов, глюоны, – но не описываются фермионные частицы – источники взаимодействий. Их приходится либо вводить волевым образом в правую часть уравнений Эйнштейна (или в лагранжиан теории), либо использовать теории с суперсимметриями, где опять-таки фактически вводятся дополнительные размерности, описываемые своеобразными грасмановыми переменными.

В многомерных геометрических моделях физических взаимодействий дополнительные размерности существенно отличаются от четырех измерений, используемых в ОТО, – они компактифицированы, то есть замкнуты с чрезвычайно малым периодом. Это породило ряд новых принципиальных проблем типа: Сколько нужно использовать дополнительных размерностей? Почему в координатном пространстве «раскрылись» лишь четыре классические размерности, а остальные остались компактифицированными? Что является более первичным: многомерное импульсное пространство или координатное, частично «раскрытое», частично компактифицированное? и т. д.

Нельзя упомянуть ставшие в последнее время модными исследования многомерных теорий, где дополнительные размерности не являются компактифицированными. Эти теории исследуются не на предмет геометрического описания известных видов взаимодействий, а с целью найти какие-то новые физические проявления геометрических теорий.

Постепенно крепнет убеждение, что принципы, заложенные в основания общей теории относительности, а также ее классических обобщений в рамках геометрической парадигмы, за прошедшие годы уже в достаточной мере исчерпаны. Тем не менее ряд авторов пытается найти какие-то новые возможности, не учтенные классиками геометрической парадигмы. На наш взгляд, такие исследования имеют смысл поиска геометрической интерпретации тех или иных результатов, полученных в рамках иных метафизических парадигм.

1.2. На стыке двух метафизических парадигм: геометрической и теоретико-полевой

Другой круг принципиальных проблем оказался тесно связанным с принципиальной необходимостью совмещения принципов общей теории относительности с закономерностями квантовой теории. Трудно согласиться с тем, что эти две основополагающие теории современной физики никак не связаны друг с другом. На попытки решения этой проблемы в XX веке были затрачены огромные усилия. Над ее решением работали А. Эйнштейн, Дж. Уилер, Р. Фейнман, П.А.М. Дирак и многие другие классики теоретической физики прошедшего века. Но никому так и не удалось решить данную проблему. Главная причина неудач носит метафизический характер: дело в том, что общая теория относительности и квантовая теория построены в рамках разных метафизических парадигм. Первая из них (ОТО) – в рамках геометрической парадигмы, а вторая – в рамках теоретико-полевой, а решить проблему пытались в рамках одной из двух названных парадигм. Так, А. Эйнштейн, Дж. Уилер, Ю.Б. Румер и некоторые другие пытались это сделать в рамках геометрической парадигмы, тогда как П. Дирак, Р. Фейнман и многие другие пробовали это сделать в рамках теоретико-полевой парадигмы.

Напомним, что в теоретико-полевой парадигме материя описывается посредством полей, определенных на фоне готового пространства-времени, тогда как в геометрической парадигме, по образному определению Дж. Уилера, «пространство-время не есть арена для физики, это вся классическая физика» [4. С. 334].

Здесь физики столкнулись не с одной, а с комплексом из трех неразрывно связанных друг с другом проблем: законов сохранения энергии-импульса в искривленном пространстве-времени, определения гравитационных волн и проблемой квантования гравитации, причем сразу же следует отметить, что эти проблемы носят (метафизический) парадигмальный характер. Дело в том, что при рассмотрении этих проблем во главу угла ставят аналогию с теорией электромагнитного поля, а последняя была построена в рамках теоретико-полевой парадигмы, принципиально отличающейся от геометрической парадигмы.

Согласно аналогии с электромагнетизмом, гравитационная волна должна обладать энергией, которая передается ей при излучении и воспринимается детектором при ее поглощении. А раз так, то естественно постулировать, что в гравитационных процессах, как и в случае электромагнетизма, имеют место законы сохранения энергии-импульса. Однако оказалось, что в общей теории относительности невозможно корректно определить эти законы сохранения. Здесь возможны несколько позиций. Во-первых, законы сохранения связаны с симметриями пространства-времени, которые в общем случае не заложены в основания ОТО и других дифференциальных геометрий. Во-вторых, для определения сохраняющихся тензорных компонент их нужно снести в одну точку и только потом производить суммирование (ин-

тегрирование), однако в искривленном пространстве-времени результат переноса тензорных величин зависит от пути переноса и нет критерия выбора преимущественных путей переноса. В-третьих, законы сохранения следуют из равенства нулю частной дивергенции от тензора энергии-импульса, тогда как в ОТО частная дивергенция заменяется на ковариантную, которая уже не позволяет применить теорему Остроградского–Гаусса.

Отметим, что отсутствие законов сохранения энергии-импульса в ОТО не означает их нарушения. До сих пор никто не смог предъявить хотя бы проект эксперимента, способного показать нарушение законов сохранения. *Любую корректно поставленную задачу в рамках ОТО можно решить, не пользуясь законами сохранения*, Проблемы возникают лишь при попытках решать некорректно поставленные в рамках ОТО задачи, к каковым относятся попытки описания гравитационных волн или квантования гравитации.

Однако физики-теоретики, следуя вере в аналогию с электромагнетизмом и вообще в принципы теоретико-полевой парадигмы, предпринимали, вопреки логике ОТО, настойчивые попытки введения законов сохранения с помощью псевдотензорного подхода, который, во-первых, далеко неоднозначен и, во-вторых, приводит к ряду неизбежных недоразумений и проблем. Следует напомнить, что К. Меллер еще в 60-х годах сформулировал пять требований [5], которым должен удовлетворять псевдотензор гравитационного поля, и доказал теорему о невозможности построить из компонент метрического тензора выражение, удовлетворяющее этим требованиям.

Второй составляющей данной группы проблем является определение критерия волновых решений уравнений Эйнштейна. Эту проблему пытались решить многими способами [6]: посредством классификации Петрова пространств Эйнштейна, с помощью монадных методов задания систем отсчета (референционный подход), с помощью диадного метода и т.д. Однако ни один из этих способов не оказался состоятельным. Всегда оказывалось возможным предъявить заведомо неволновое решение, удовлетворяющее тому или иному волновому критерию.

В этих условиях большинство исследователей ограничивается случаем слабых гравитационных волн, то есть использованием линеаризованной гравитации. Однако в этом случае получают теорию тензорного поля второго ранга на фоне плоского пространства-времени, что фактически означает замену геометрической парадигмы на теоретико-полевую.

Третья составляющая блока парадигмальных проблем – квантование гравитации – также не была решена в XX в., несмотря на многочисленные предпринимавшиеся попытки, о чем уже было сказано выше. Здесь следует особо подчеркнуть тот факт, что фактически речь шла не о наличии волновых проявлений в гравитационных процессах, а о введении нового вида геометрической материи, обладающей свойствами электромагнитного излучения.

После многолетних неудач некоторые исследователи начали высказывать мысль, что для решения данной проблемы недостаточно использовать

понятия и закономерности привычных используемых парадигм, – необходимо использовать какие-то новые представления о свойствах физической реальности. Но какие? Ответ на этот вопрос опять имеет метафизический характер: необходимо перейти к некой новой метафизической парадигме, в рамках которой можно было бы вывести принципы и понятия как квантовой теории, так и общей теории относительности. Такая задача ставилась, например, в работах Р. Пенроуза [7], который для ее решения стал развивать свою твисторную программу. Однако и эта программа столкнулась с рядом не преодоленных Пенроузом трудностей, поскольку он фактически оставался в плену существующих парадигм.

2. Достижения и проблемы общей теории относительности

Несмотря на неудачи в решении ряда фундаментальных проблем общей теории относительности, нельзя сказать, что исследования в этой области оказались бесплодными.

2.1. Математические проблемы общей теории относительности

Прежде всего следует признать, что общая теория относительности адекватно описывает физическую реальность в рамках Солнечной системы. На ее основе можно решать задачи движения планет и других объектов в окрестности Солнца или других звездных систем. Здесь важное значение имеет поиск решений уравнений Эйнштейна с учетом всех источников искривления пространства-времени, а также исследования уравнений движения различных объектов в найденных метриках.

За прошедшее столетие здесь получено немало важных результатов, среди которых следует назвать получение ряда точных решений уравнений Эйнштейна: метрики Шварцшильда, Райсснера–Нордстрема, Керра и др. В этих метриках достаточно подробно изучены движения пробных материальных объектов. На их основе, в частности, объяснены классические эффекты ОТО.

Конечно, в этой составляющей ОТО имеется много нерешенных задач технического характера. Среди них следует назвать поиск решений для более сложных распределений материи, рассмотрение уравнений движения не только пробных тел, а объектов с более сложной структурой (протяженных, вращающихся) и т.д. Все эти задачи имеют нетривиальный характер и нуждаются в привлечении современных математических методов вычислений. Здесь можно ожидать немало новых результатов, однако они будут иметь специальный математический или прикладной характер.

2.2. Ключевая роль методов задания систем отсчета

При решении задач ОТО необходимо иметь в виду, что эта теория принимает смысл, заключенный в ее названии, лишь при использовании мето-

дов задания систем отсчета в ОТО, и прежде всего – монадного метода [2; 8; 9].

После построения теории относительности и перехода к 4-мерному пространству-времени оказалось необходимым вспомнить, что мы воспринимаем мир (его наблюдаем) в терминах именно старых понятий пространства и отдельно времени, причем длины, промежутки времени и соответствующие компоненты тензорных величин оказались существенно зависящими от характера движения наблюдателя. Это заставляет развить обратную процедуру 1+3-расщепления обобщенной 4-мерной теории на 3-мерное пространственное сечение и 1-мерное ортогональное к нему направление времени, что осуществляется методами задания системы отсчета.

В специальной теории относительности (СТО) принято использовать квазидекартовы координатные системы и ограничиваться классом инерциальных систем отсчета, а переход от одной инерциальной системы отсчета к другой принято описывать при помощи линейных координатных преобразований с участием координаты времени – преобразований Лоренца. Однако в общей теории относительности, где допускаются произвольные (допустимые) координатные преобразования и рассматривается поведение систем в произвольных системах отсчета, в общем случае нельзя отождествлять переход от одной системы отсчета к другой с координатными преобразованиями. Такое отождествление часто приводило к ряду недоразумений.

Так, академик В.А. Фок неоднократно подчеркивал: «Понятие физической системы отсчета (лаборатории) не равносильно, в общем случае, понятию системы координат, даже если отвлечься от всех свойств лаборатории, кроме ее движения как целого» [10]. То же самое утверждал Н.В. Мицкевич: «Часто путают понятие системы отсчета и понятие системы координат. Однако между этими понятиями нет ничего общего...» [11]. Точнее, координатные преобразования можно связать с переходами между системами отсчета, однако это делается с помощью специальных условий (соглашений). Наиболее естественным (экономным) является монадный метод задания систем отсчета, развитый в 1950–1960-х гг. в работах А.Л. Зельманова, Н.В. Мицкевича, Э. Шмутцера и ряда других авторов. В математическом плане монадный метод задания систем отсчета (1+3-расщепления 4-мерного пространства-времени) оказался родственным методу 1+4-расщепления 5-мерной геометрической теории, предложенному в 30-х гг. в работе А. Эйнштейна и П. Бергмана.

Однако следует заметить, что долгое время методам задания систем отсчета не уделялось должного внимания. Так, уже в 1980-х гг. академиком А.А. Логуновым была предпринята попытка заменить ОТО на развиваемую в его группе так называемую релятивистскую теорию гравитации (РТГ). Одним из доводов необходимости замены был следующий: поскольку компоненты тензорных величин, на базе которых формулируется ОТО, существенно зависят от выбора координатной системы, а последние можно выбирать произвольно, то встает вопрос, что на самом деле может измерять экс-

периментатор. Однако в этих рассуждениях не были учтены уже развитые к тому времени монадные и другие методы задания систем отсчета, согласно которым измеримыми могут быть лишь скалярные величины, независимые от выбора координатных систем. По этой причине данные претензии к ОТО оказались безосновательными.

2.3. Проблемы космологии

Одной из побудительных причин развития исследований в рамках эйнштейновской теории гравитации явилась представленная в ее рамках возможность построения теории происхождения и эволюции Вселенной. Ранее этой проблемой занимались в рамках религиозных и философских учений, и вот возникла возможность на основе физической теории приступить к постановке и поиску конкретных решений таких всеохватывающих проблем мироздания. Другими словами, физикам представилась возможность возвыситься над достижениями мировых философско-религиозных учений! Это не могло не окрылить и не вдохновить многих ученых на исследования глобальных вопросов мироздания на основе точных решений уравнений Эйнштейна.

Исследования такого рода стали доминирующими в конце XX – начале XXI в., когда существенно расширились возможности астрофизических наблюдений. Появились данные, которые можно было трактовать не только как свидетельства расширения Вселенной (таковые были получены уже в конце 20-х гг.), но даже и об ускорении расширения, о реликтовом излучении, о возможной анизотропии и т.д. Стали интенсивно исследоваться гипотезы о существовании во Вселенной «черных дыр» и «кротовых нор». Стала проявляться неограниченная вера во всеобщую справедливость общей теории относительности, причем вопреки предупреждениям ряда выдающихся мыслителей. Например, В.А. Фок настойчиво подчеркивал: «Вообще любая физическая теория – пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна – имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать её нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий, соответствующих свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы» [12]. Аналогичной позиции придерживался и профессор Д.Д. Иваненко. Однако в настоящее время об этих предупреждениях предпочитают не вспоминать.

Тем не менее попытки распространения выводов ОТО на Вселенную в целом имеют важное значение в том смысле, что они могут способствовать выявлению пределов применимости эйнштейновской теории в больших масштабах. Как нам представляется, следует с осторожностью относиться к получившим в последнее время широкое распространение гипотезам о существовании «темной энергии» и «темной материи», которые по приводимым оценкам составляют примерно 96 процентов от существующей в мире материи. Ведь эти данные можно также расценивать как уже проявившиеся

свидетельства неприменимости ОТО для описания мира в таких масштабах. Более того, в настоящее время все более настойчиво высказывается мысль о том, что гипотеза о «темной материи» в галактиках может свидетельствовать об отклонениях даже от ньютоновского закона тяготения. Не случайно стали развиваться различные варианты так называемой теории МОНД (модифицированной ньютоновской динамики).

3. Прагматические ожидания от исследований в области ОТО

В XX в. далеко не все на первое место в исследованиях в области общей теории относительности ставили решение мировоззренческих проблем. Многие, особенно власть имущие, ожидали от этих исследований решения именно практических задач. Как уже отмечалось, автору посчастливилось оказаться в числе организаторов (техническим секретарем оргкомитета) и участником 1-й Советской гравитационной конференции в МГУ летом 1961 г. Именно в то время в нашей стране официально было признано, что общая теория относительности не является буржуазным идеалистическим учением, а является важной составной частью фундаментальных физических исследований. Это произошло после двух международных конференций по гравитации в США и во Франции, в которых приняли участие несколько советских ученых (академик В.А. Фок, профессора Д.Д. Иваненко и А.З. Петров). Эти конференции были вызваны ожиданиями зарубежной общественности того, что после больших успехов в ядерной физике (атомное оружие, электростанции), радиолокации и других областях науки последуют столь же грандиозные открытия в других разделах физики. Каких? Поскольку ядерная энергетика основывалась на формуле $E = mc^2$ из теории относительности, а Эйнштейн поддержал идею создания атомного оружия, в поле зрения попала общая теория относительности. Вернувшись с этих конференций, профессор Д.Д. Иваненко развернул бурную деятельность, призывая высокие инстанции активизировать в стране гравитационные исследования, дабы не оказаться отстающими от грядущих важных практических достижений в этой области в западных странах. Его призывы были услышаны и в высоких инстанциях было принято решение о проведении в Москве всесоюзной гравитационной конференции, а спустя год была создана секция гравитации научно-технического совета Минвуза СССР, призванная координировать гравитационные исследования в масштабе всей страны (см. [13]).

3.1. Гипотезы о следствиях ОТО в неволновой зоне

На этой конференции [14] состоялся обстоятельный обзор состояния гравитационных исследований в стране и за рубежом и были сформулированы основные практические ожидания от этих исследований, а таковых было немало. Перечислим главные из них: 1) выражались надежды на получение новых источников энергии из гравитационного вакуума, 2) обсуждались идеи о возможной антигравитации и о частицах с отрицательными мас-

сами, 3) выражались настойчивые ожидания обнаружения гравитационных волн, 4) предлагались новые эксперименты в неволновой зоне.

Кратко охарактеризуем судьбу этих ожиданий.

1) **Вопрос о получении энергии из гравитационного вакуума**, как и другие ожидания, был связан с попытками вульгарно-материалистической трактовки сущности общей теории относительности. Если пространство-время искривлено и это искривление ответственно за возникновение различных видов материи, обладающей энергией, то оно само представляет собой особую гравитационную субстанцию, также наделенную энергией. А если это так, то должны быть способы искусственного извлечения этой энергии из так называемого гравитационного вакуума. Тем более что раньше уже были опубликованы работы Дирака по теории частиц как дырок в вакууме и вообще идея вакуума была чрезвычайно модной в квантовой теории поля.

Так случилось, что профессор К.П. Станюкович, известный в военно-промышленных кругах своими работами в области теории взрывов и магнитной гидродинамики, убедил соответствующие инстанции в возможности решения данной проблемы. На эти исследования ему были выделены немалые средства, на которые была организована единственная в стране большая группа сотрудников, состоящая как из теоретиков, так и экспериментаторов, которая активно попеременно работала при ВНИИМСе и ВНИИФТРИ в 1960–1970-х гг. Сотрудники этой группы получили некоторые результаты в ОТО математического характера, однако ожидаемого прогресса в получении энергии из гравитационного вакуума так и не достигли.

2) **Идею о частицах с отрицательной массой** и о возможности антигравитации активно поддерживал профессор Я.П. Терлецкий. Для него был характерен принцип отрицания общепринятых постулатов в физике. Если в статистической физике утверждалось о существовании абсолютного нуля температуры, то Терлецкий развивал идею об отрицательных температурах. Если в специальной теории относительности говорится о предельной скорости света, то он развивал теорию тахионов – частиц, движущихся со сверхсветовой скоростью. То же самое им утверждалось относительно значений масс частиц. На эту тему он делал доклад на 1-й Советской гравитационной конференции. Замечу, что во время конференции состоялось выездное заседание в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне. Сотрудники этого института выступили с опровержением этой гипотезы, поскольку она противоречила ряду принципов физики элементарных частиц.

Гипотеза отрицательных масс так и не нашла своего подтверждения ни у нас в стране, ни за рубежом, ни тогда, ни в последующие годы.

3.2. Проблема гравитационных волн

Проблема обнаружения гравитационных волн привлекала особо пристальное внимание как физиков-теоретиков, так и экспериментаторов. В экспериментальном плане также не удалось достичь положительных ре-

зультатов, несмотря на значительные усилия. Автору посчастливилось участвовать в 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве (1962 г.), на которой Дж. Вебер объявил о начале своих экспериментов по обнаружению гравитационных волн. Затем мы видели его в 1965 г. на 4-й Международной гравитационной конференции в Лондоне, куда он приехал утомленный из-за бессонных ночей, пытаясь на этой конференции объявить об открытии гравитационного излучения вездесущего происхождения. Но тогда ему это сделать не удалось. Наконец, мы видели его на 6-й Международной гравитационной конференции в Копенгагене в 1971 г., где Вебер объявил об открытии гравитационного излучения и даже говорил о направлении, откуда оно исходит, и о поляризации излучения. Тогда он ходил с высоко поднятой головой. Многие смотрели на него как на без пяти минут Нобелевского лауреата. Научный мир насторожился: ведь открытие гравитационных волн сулило человечеству необъятные перспективы. Во-первых, это сулило новый канал связи, не знающей преград, во-вторых, возник бы новый канал информации из космоса. Однако физики прекрасно знают, что открытие можно считать сделанным, если оно подтвердится независимыми экспериментами в ряде других лабораторий. Во многих лабораториях мира бросились повторять эксперимент Вебера. Первым на нужный уровень чувствительности вышел В.Б. Брагинский в МГУ, однако эксперимент показал отрицательный результат, – на этом уровне чувствительности гравитационные волны не наблюдаются. Затем необходимая чувствительность была достигнута в других лабораториях, и наблюдения дали также отрицательный результат. Открытие Вебера оказалось ложным.

В 1976 г. в Минске состоялась 4-я Всесоюзная гравитационная конференция, на которую приехали представители основных мировых экспериментальных групп по поиску гравитационного излучения. Выступавшие на конференции достаточно полно охарактеризовали сложившуюся на тот момент ситуацию в этой области. Все были согласны с тем, что гравитационное излучение пока не открыто. После одного из заседаний состоялась узкая дружеская встреча физиков-экспериментаторов и примкнувших к ним теоретиков. Завязался спор, когда будет открыто гравитационное излучение. Назывались разные цифры: через три года, через пять лет, через десять лет. Угадавшему правильную дату посулили ящик коньяка. А присутствовавший при этом профессор П. Бергман, сотрудничавший некоторое время с Эйнштейном, сказал: «А я думаю, – никогда!» Об этом мне рассказывал выступавший в этом споре в качестве рефери профессор М.Ф. Широков, причем он был полностью согласен с профессором Бергманом.

Примечательно, что и сам А. Эйнштейн, одним из первых заговоривший о гравитационных волнах, в конце жизни уже серьезно засомневался в их реальности. Об этом он писал в одном из своих писем Максу Борну: «Я вместе с одним молодым сотрудником получил интересный результат относительно того, что не существует волн гравитации, хотя в первом приближе-

нии все в этом были уверены. Это свидетельствует о том, что нелинейные общие релятивистские уравнения поля выражают или, наоборот, ограничивают значительно большее, чем об этом думали раньше. Если бы только не было столь гнусно искать строгие решения!» [15].

Таким образом, не оправдалось и это ожидание практических результатов от исследований в области общей теории относительности.

Заключение

Поскольку общая теория относительности признается как наиболее далеко развитая теория пространства-времени, то на конференциях и на других гравитационных форумах обычно рассматриваются идеи, касающиеся изменений общепринятых свойств классического пространства и времени не только в рамках геометрической, но также и в других парадигмах: теоретико-полевой и реляционной. Высказывалось немало идей. Среди них были различные варианты квантования пространства и времени, замена классических понятий на операторы, использование алгебры Галуа и т. д. На каком из вариантов остановиться?

Однако нельзя забывать, что на протяжении нескольких столетий продолжается дискуссия о выборе одной из двух концепций пространства и времени: субстанциальной или реляционной? Одни, в частности И. Ньютон, считали (и многие продолжают считать), что пространство и время являются самостоятельными сущностями (категориями), о которых можно говорить даже в отсутствии в них материальных объектов. Это фактически означает придание пространству-времени *субстанциальных* свойств с эфиром или без (плотности, упругости и т.д.).

Другой, *реляционный* подход к природе пространства-времени [16] состоит в том, что нет самостоятельной физической категории пространства-времени, оно представляет собой лишь удобную абстракцию от отношений (расстояний, промежутков времени, интервалов и т.д.) между событиями и материальными объектами. Такой позиции в разное время придерживались Г. Лейбниц, Р. Бошкович, Э. Мах, Ф. Хойл, Дж. Нарликар и ряд других естествоиспытателей.

Э. Мах писал: «Можно, пожалуй, сказать, что главным образом именно со времени Ньютона время и пространство стали теми *самостоятельными* и однако *бестелесными* сущностями, которыми они считаются по настоящее время... Для Ньютона время и пространство представляют нечто *сверхфизическое*; они суть *первичные*, независимые *переменные*, непосредственно недоступные, по крайней мере, точно не определяемые, направляющие и регулирующие все в мире. Как пространство определяет движение отдаленнейших планет вокруг Солнца, так и время делает *согласными* отдаленнейшие небесные движения с незначительнейшими процессами здесь на земле. <...> Этот взгляд лежит, как наследие Ньютона, в основе и современной физики, хотя, может быть, чувствуется некоторое нежелание открыто это признать»

[17]. Сделанное замечание не утратило своей актуальности и в наши дни. Так, общая теория относительности и весь геометрический подход к физическому мирозданию опирается на субстанциальную концепцию пространства-времени.

Реляционный же подход, согласно которому пространство и время имеют смысл системы отношений между событиями (телами), всегда был представлен в теоретической физике. Более того, нельзя забывать, что общая теория относительности была создана Эйнштейном на базе реляционных идей Э. Маха. Эйнштейн серьезно полагал, что, создавая ОТО, он реализует его взгляды. Несмотря на то что, создав ОТО, он отрекся от реляционных идей Маха, в конце жизни он высказывал сомнения относительно состоятельности общепринятых идей теории поля (а тем самым и всего субстанциального подхода). Так, в 1954 г. в письме к Бессо он писал: «Мне кажется вполне вероятным, что физику нельзя построить на полевой концепции, то есть на непрерывных структурах. В таком случае ничего не останется от всего моего воздушного замка, включая теорию гравитации, и от остальной физики» (цит. по [18. С. 347]).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2002 – первое издание; 2009 – второе издание.
2. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. (Второе издание) – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
3. *Владимиров Ю.С.* Пространство-время: явные и скрытые размерности. (3-е издание) – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
4. *Уилер Дж.* Гравитация, нейтрино и Вселенная. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962.
5. *Møller Ch.* Ann. Phys., 1961, v. 12, p. 118; Math. Fys. Skr. Danske vid. Selskab. – 1961. – V. 1. – № 10.
6. *Захаров В.Д.* Гравитационные волны в теории тяготения Эйнштейна. – М.: Наука, 1972.
7. *Пенроуз Р.* Структура пространства-времени. – М.: Мир, 1972.
8. *Владимиров Ю.С.* Системы отсчета в теории гравитации. – М.: Энергоиздат, 1982.
9. *Владимиров Ю.С.* Классическая теория гравитации. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014.
10. *Фок В.А.* Об основных принципах теории тяготения Эйнштейна // Современные проблемы гравитации: сб. – Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1967. – С. 5.
11. *Мицкевич Н.В.* // Физическая наука и философия: сб. – М.: Наука, 1973. – С. 303.
12. *Фок В.А.* Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание: сб. – М.: Мысль, 1969. – С. 200.
13. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Книга вторая «По пути Клиффорда-Эйнштейна». – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
14. Тезисы 1-й Советской гравитационной конференции. – М.: Изд-во МГУ имени М.В. Ломоносова, 1961.
15. *Эйнштейн А.* Переписка А. Эйнштейна и М. Бора / Эйнштейновский сборник. – 1972. – М.: Наука, 1974. – С. 26.

16. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
17. *Мах Э.* Познание и заблуждение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – С. 421.
18. *Визгин В.П., Кобзарев И.Ю., Явелов Б.Е.* Научное творчество и жизнь Альберта Эйнштейна // Эйнштейновский сборник 1984–1985. – М.: Наука, 1988. – С. 301–350.

GEOMETRIZATION OF THE UNOBSERVABLE AND THE GENERAL THEORY OF MECHANICS

Yu.S. Vladimirov

This article examines the present state of and future prospects for the development of research within the framework of the Einstein gravitation theory and its generalizations, i.e., within the framework of the entire geometric approach to physics. The achievements and problems in the three component parts of the geometric theory – its fundamental part, dealing with the foundations of the theory; the general relativity theory proper; and its experimental (applied) component part – are discussed. The conclusion is made that the principles underlying the general relativity theory and its classical generalizations have largely been worked out over the past hundred years, and today it is necessary to focus on the analysis of the theory of space-time and physical interactions within the framework of an alternative, relational paradigm.

Key words: general relativity theory, geometric paradigm, geometrization of interactions, quantization of gravitation, cosmology, relational theory of time-space.