

2016, № 1 (19)

МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

МЕТАФИЗИКА

В этом номере:

- Современное состояние и проблемы космологии
- Альтернативные варианты космологии
- Космология в мифах
- Из наследия прошлого

2016, № 1 (19)

МЕТАФИЗИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2016, № 1 (19)

Основан в 2011 г.

Выходит 4 раза в год

- **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ КОСМОЛОГИИ**
- **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ КОСМОЛОГИИ**
- **КОСМОЛОГИЯ В МИФАХ**
- **ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО**

Журнал «Метафизика» является периодическим рецензируемым научным изданием в области математики, механики, астрономии, физики, философских наук, входящим в *список журналов ВАК РФ*

Цель журнала – анализ оснований фундаментальной науки, философии и других разделов мировой культуры, научный обмен и сотрудничество между российскими и зарубежными учеными, публикация результатов научных исследований по широкому кругу актуальных проблем метафизики

Материалы журнала размещаются на платформе РИНЦ Российской научной электронной библиотеки

Индекс журнала в каталоге подписных изданий Агентства «Роспечать» – 80317

METAFIZIKA

SCIENTIFIC JOURNAL

(Metaphysics)

No. 1 (19), 2016

Founder:
Peoples' Friendship University of Russia

Established in 2011
Appears 4 times a year

Editor-in-Chief:

Yu.S. Vladimirov, D.Sc. (Physics and Mathematics), Professor
at the Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State University,
Professor at the Academic-research Institute of Gravitation and Cosmology
of the Peoples' Friendship University of Russia,
Academician of the Russian Academy of Natural Sciences

Editorial Board:

- S.A. Vekshenov*, D.Sc. (Physics and Mathematics),
Professor at the Russian Academy of Education
- P.P. Gaidenko*, D.Sc. (Philosophy), Professor at the Institute of Philosophy
of the Russian Academy of Sciences,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
- A.P. Yefremov*, D.Sc. (Physics and Mathematics),
Professor at the Peoples' Friendship University of Russia,
Academician of the Russian Academy of Natural Sciences
- V.N. Katasonov*, D.Sc. (Philosophy), D.Sc. (Theology), Professor,
Head of the Philosophy Department of Sts Cyril and Methodius'
Church Post-Graduate and Doctoral School
- Archpriest Kirill Kopeikin*, Ph.D. (Physics and Mathematics),
Candidate of Theology, Director of the Scientific-Theological Center
of Interdisciplinary Studies at St. Petersburg State University,
lecturer at the St. Petersburg Orthodox Theological Academy
- V.V. Mironov*, D.Sc. (Philosophy), Professor at the Department of Philosophy
at Lomonosov Moscow State University,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
- V.I. Postovalova*, D.Sc. (Philology), Professor, Chief Research Associate
of the Department of Theoretical and Applied Linguistics at the Institute
of Linguistics of the Russian Academy of Sciences
- A.Yu. Sevalnikov*, D.Sc. (Philosophy), Professor at the Institute of Philosophy
of the Russian Academy of Sciences, Professor at the Chair of Logic
at Moscow State Linguistic University
- V.I. Yurtayev*, D.Sc. (History), Professor at the Peoples' Friendship University
of Russia (Executive Secretary)
- S.V. Bolokhov*, Ph.D. (Physics and Mathematics), Associate Professor
at the Peoples' Friendship University of Russia, Scientific Secretary
of the Russian Gravitational Society (Secretary of the Editorial Board)

ISSN 2224-7580

МЕТАФИЗИКА НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2016, № 1 (19)

Учредитель:
Российский университет дружбы народов

Основан в 2011 г.
Выходит 4 раза в год

Главный редактор –

Ю.С. Владимиров – доктор физико-математических наук,
профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
профессор Института гравитации и космологии
Российского университета дружбы народов, академик РАЕН

Редакционная коллегия:

С.А. Векишев – доктор физико-математических наук,
профессор Российской академии образования

П.П. Гайдено – доктор философских наук,
профессор Института философии РАН, член-корреспондент РАН

А.П. Ефремов – доктор физико-математических наук,
профессор Российского университета дружбы народов, академик РАЕН

В.Н. Катасонов – доктор философских наук, доктор богословия, профессор,
заведующий кафедрой философии Общецерковной аспирантуры и докторантуры
имени Святых равноапостольных Кирилла и Мефодия

Протоиерей Кирилл Конейкин – кандидат физико-математических наук, кандидат
богословия, директор Научно-богословского центра
междисциплинарных исследований Санкт-Петербургского
государственного университета,

преподаватель Санкт-Петербургской православной духовной академии

В.В. Миронов – доктор философских наук, профессор философского
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, член-корреспондент РАН

В.И. Постовалова – доктор филологических наук, профессор,
главный научный сотрудник Отдела теоретического
и прикладного языкознания Института языкознания РАН

А.Ю. Севальников – доктор философских наук,
профессор Института философии РАН, профессор кафедры логики
Московского государственного лингвистического университета

В.И. Юртаев – доктор исторических наук, профессор
Российского университета дружбы народов (ответственный секретарь)

С.В. Болотов – кандидат физико-математических наук,
доцент Российского университета дружбы народов,
ученый секретарь Российского гравитационного общества
(секретарь редакционной коллегии)

ISSN 2224-7580

CONTENTS

EDITORIAL NOTE	6
CURRENT STATE AND PROBLEMS OF COSMOLOGY	
<i>Sazhin M.V., Sazhina O.S.</i> Modern Cosmology.....	10
<i>Vizgin V.I.P.</i> Metaphysical aspects of the cosmology in the Ya.B. Zeldovich's scientific school.....	31
<i>Polishchuk R.F.</i> Hypothesis of friedmons and of the cosmological term dissociation.....	62
<i>Levin S.F.</i> Cosmological distances scales on red shift: statistical issues and error analysis.....	69
ALTERNATIVE VERSIONS OF COSMOLOGY	
<i>Vladimirov Yu.S.</i> Mach's Principle and Cosmology.....	80
<i>Panov V.F., Vnutskikh A.Yu.</i> The Universe in Various Metaphysical Paradigms.....	96
<i>Vekshenov S.A., Beshenkov A.S.</i> Mathematics of the Cosmological Principle.....	103
<i>Siparov S.V.</i> Cosmology, Physics and Metaphysics.....	113
<i>Krechet V.G., Rodichev S.V.</i> Variant of a Multidimensional Cosmological Model....	124
<i>Chechin L.M.</i> On the Way to Metaphysics or Forms of the Anthropic Principle in Modern Astronomy	134
COSMOLOGY IN MYTHS	
<i>Poroikov S.Yu.</i> Cosmological Systems of the "Axial Age" Period According to Jaspers.....	147
<i>Vladimirova T.Ye., Yakovleva S.V.</i> Cosmogonic Concepts in the Myths of the Peoples of the World.....	162
FROM THE LEGACY OF THE PAST	
<i>Otto Heckmann.</i> Einstein and Cosmology.....	174
OUR AUTHORS	182

© Metafizika. Authors. Editorial Board.
Editor-in-Chief Yu.S. Vladimirov, 2016
© Peoples' Friendship University of Russia, Publishing House, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ	6
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ КОСМОЛОГИИ	
<i>Сажин М.В., Сажина О.С.</i> Современная космология	10
<i>Визгин Вл.П.</i> Метафизические аспекты космологии в научной школе Я.Б. Зельдовича.....	31
<i>Полищук Р.Ф.</i> Гипотеза фридмонов как частиц темной материи и гипотеза начальной космологической постоянной.....	62
<i>Левин С.Ф.</i> Шкалы космологических расстояний по красному смещению: статистические проблемы и анализ погрешностей.....	69
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ КОСМОЛОГИИ	
<i>Владимиров Ю.С.</i> Принцип Маха и космология.....	80
<i>Панов В.Ф., Внутских А.Ю.</i> Вселенная в разных метафизических парадигмах.....	96
<i>Векишенов С.А., Бешенков А.С.</i> Математика космологического принципа.....	103
<i>Сипаров С.В.</i> Космология, физика и метафизика.....	113
<i>Кречет В.Г., Родичев С.В.</i> Вариант многомерной космологической модели.....	124
<i>Чечин Л.М.</i> На пути к метафизике, или Формы антропного принципа в современной астрономии.....	134
КОСМОЛОГИЯ В МИФАХ	
<i>Поройков С.Ю.</i> Космологические системы периода «Осевого времени» по Ясперсу.....	147
<i>Владимирова Т.Е., Яковлева С.В.</i> Космогонические представления в мифах народов мира.....	162
ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО	
<i>Отто Гекман.</i> Эйнштейн и космология.....	174
НАШИ АВТОРЫ	182

© Коллектив авторов, редколлегия журнала «Метафизика»,
отв. ред. Ю.С. Владимиров, 2016

© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2016

ОТ РЕДАКЦИИ

Настоящий выпуск журнала, как и прошлые, имеет тематический характер, – на этот раз он посвящен метафизическим вопросам космологии – науки о Вселенной в целом. Этот раздел современной науки, по своему определению, носит метафизический характер, поскольку имеет дело с физической реальностью в масштабах, где о действиях прочно установленных физических законов можно судить лишь на основе косвенных, более или менее правдоподобных данных. В космологических исследованиях вырисовываются два пути, о которых писал академик Я.Б. Зельдович в одной из своих статей [1], – это развитие космологии на основе уже твердо установленных физических закономерностей либо на основе неких обобщений или даже замены общепринятых физических теорий на случай чрезвычайно больших масштабов. Первый путь построения космологии ныне опирается на закономерности, описываемые общей теорией относительности, точнее, на космологические модели А.А. Фридмана и некоторые их обобщения. Сам Зельдович решительно выступал за выбор первого пути. Он писал: «Есть огромный пафос в задаче описания всего разнообразия наблюдаемых явлений на основе существующих законов физики, установленных лабораторным экспериментом и теоретическим анализом» [1. С. 58]. В ряде своих работ он критиковал предлагавшиеся варианты второго пути развития космологии.

Статьи данного выпуска журнала составляют четыре раздела. В первом разделе «Современные представления о космологии и ее проблемах» представлены статьи, в которых обсуждаются состояние, достижения и проблемы космологии, полученные на первом пути исследований. Этот раздел открывается обстоятельной статьей М.В. Сажина и О.С. Сажинной «Современная космология», в которой дан достаточно полный обзор современных представлений о космологии.

Материал первой статьи тесно пересекается с содержанием статьи Вл.П. Визгина «Метафизические аспекты космологии в научной школе Я.Б. Зельдовича», в которой дана не только информация о составе, стиле научной работы и результатах деятельности ведущей в нашей стране космологической школы академика Зельдовича, но и выделено отношение ее руководителя и участников к ключевым метафизическим аспектам космологии: понимание природы Большого взрыва, вопросы о том, что предше-

вало взрыву, какова роль квантовых закономерностей на начальных стадиях развития Вселенной, гипотеза множественности вселенных и т.д. В статье также показана эволюция этих представлений в процессе работы школы.

В статье Р.Ф. Полищука основное внимание сосредоточено на проблемах современной космологии и обсужден ряд гипотез о путях их преодоления, в частности, предложена трактовка фридмонов в качестве гипотетических частиц темной материи, а также обсуждены роль и значения космологической постоянной на начальных стадиях развития Вселенной.

Этот раздел завершается статьей С.Ф. Левина «Шкалы космологических расстояний по красному смещению: статистические проблемы и анализ погрешностей», в которой обсуждены проблемы и трудности экспериментального подтверждения ряда утверждений о характере расширения Вселенной. Отмечается значительный разброс наблюдательных данных.

В статьях второго раздела «Альтернативные модели космологии» фактически обсуждаются идеи по развитию второго пути построения космологии – на основе изменения общепринятых теорий. Подкреплением естественности этого пути являются позиции ряда видных физиков-гравитационистов, в частности Д.Д. Иваненко и В.А. Фока. Так, академик В.А. Фок писал: «Прежде всего, неправильно видеть в нем (в решении Фридмана-Лобачевского. – Ю.В.) какую-то «модель мира в целом», такая точка зрения представляется неудовлетворительной в философском отношении. Пространство Фридмана–Лобачевского может, самое большее, служить фоном для ограниченного числа галактик, подобно тому, как галилеево пространство служит фоном для объектов, подобных Солнечной системе. Сама применимость уравнений Эйнштейна в их классическом виде к таким огромным пространствам не является столь бесспорной, как их применимость в более ограниченных масштабах. Не исключено, что для космических масштабов эти уравнения потребуют изменения или обобщения» [2. С. 495].

В работе Ю.С. Владимирова «Принцип Маха и космология» отмечается, что в современной фундаментальной теоретической физике следует различать три подхода к физическому мирозданию: теоретико-полевой, геометрический, основу которого составляет общая теория относительности, и реляционный, основы которого были заложены в работах Г. Лейбница и Э. Маха. В статье подчеркивается, что для получения наиболее полного представления о физической реальности необходимо умение смотреть на нее с позиций всех трех названных подходов. В данной статье обсуждается реляционный подход к космологии, отличный от традиционного геометрического. Показано, что на этом пути открывается иной взгляд на природу гравитации, а также своеобразное понимание природы космологического красного смещения.

В статье В.Ф. Панова и А.Ю. Внутских (Пермь) «Вселенная в разных метафизических парадигмах» выражена аналогичная точка зрения на космологию и даже предлагается ввести принцип относительности космологиче-

ских представлений от выбора одной из возможных метафизических парадигм.

В работе С.В. Сипарова (Санкт-Петербург) «Космология, физика и метафизика» обсуждены трудности общепринятых космологических представлений и предложен путь построения космологии на базе финслеровых геометрий.

В статье В.Г. Кречета (Ярославль) и С.В. Родичева (Москва) «Вариант многомерной космологической модели» предлагается путь построения космологии на базе 5-мерной теории типа Т. Калуцы. Обсуждены вопросы размерности пространственно-временного многообразия, в котором мы живем.

В заключительной статье этого раздела Л.М. Чечина (Алма-Ата) «На пути к метафизике, или Форма антропного принципа в современной астрономии» обсужден антропный принцип в астрофизике и космологии, выдвинутый Г.М. Иддисом во время его работы в Казахстане.

Редакция журнала сочла целесообразным включить в данный выпуск журнала две статьи (С.Ю. Поройкина и Т.Е. Владимировой с С.В. Яковлевой), в которых рассмотрены древние космогонические представления разных народов мира. Они составляют третий раздел журнала «Космология в мифах». Общеизвестно, что с глубокой древности человек пытался сформулировать или даже объяснить происхождение и строение окружающего его космоса. Очевидно, что всякое объяснение основывается на известных человеку (обществу) понятиях и способах оперирования с ними. В древности таковыми были самые примитивные понятия из окружающего человека мира и доступные ему абстракции из них. Это выливалось в мифотворчество об устройстве окружающего мира. Мир объяснялся волевыми действиями богов или иных фантастических существ. Тем не менее в мифах прослеживается обсуждение тех же самых метафизических проблем космологии, которые волнуют космологов и в настоящее время.

Все это заставляет более взвешенно подходить к ряду утверждений о якобы незыблемых представлениях о Вселенной, надежно обоснованных современной наукой. Не исключено, что спустя какое-то количество лет такие представления также будут казаться мифотворчеством уже на основе представлений рубежа XX и XXI вв. Однако вместе с тем мы обязаны пытаться распространить уже добытые научные знания как можно дальше вширь, ибо только на этом пути, встретив явные противоречия, мы сможем выйти на более глубокие представления о реальном физическом мироздании.

Наконец, в традиционной рубрике «Из наследия прошлого» помещена статья известного космолога середины XX века Отто Гекмана «Эйнштейн и космология», написанная к 100-летию со дня рождения А. Эйнштейна. В этой статье описывается история развития космология в первой половине XX столетия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зельдович Я.Б.* Современная физика и астрономия // Вопросы космогонии. Т. IX: Материалы теоретического семинара по важнейшим проблемам астрофизики. Тарту, 7–13 июня 1962 г. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 5–59.
2. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1961. – С. 495 (См. также: М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»/URSS, 2014).

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ КОСМОЛОГИИ

СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ

М.В. Сажин, О.С. Сажина

*Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова*

Рассматривается становление и современный статус космологии как науки о Вселенной. Обсуждаются наблюдательные тесты и методы космологии: сверхновые, реликтовое излучение, крупномасштабная структура. Обсуждаются вопросы теоретической космологии: теория инфляции, многомерная структура пространства-времени ранней Вселенной.

Ключевые слова: космология, крупномасштабная структура, темная материя, темная энергия, реликтовое излучение, ускоренное расширение, инфляция, многомерные космологические теории.

Размышлениям человека об устройстве мира не одна тысяча лет, но статус науки они обрели сравнительно недавно, не более века назад. Основная причина, сделавшая возможной науку космологию, породившая и обособившая ее среди других точных наук – это, прежде всего, технологические достижения. Только благодаря наблюдательной и экспериментальной базе удалось изучить и понять свойства пространства-времени на сверхбольших масштабах; только благодаря симбиозу астрофизики, физики элементарных частиц, теоретической физики смогла сформироваться единая непротиворечивая картина эволюции нашей Вселенной – от нескольких секунд от ее рождения до сегодняшнего момента времени. Несмотря на то, что некоторые фундаментальные вопросы рождения, начальной стадии эволюции нашей Вселенной, а также экстраполяции в далекое будущее до сих пор остаются открытыми, ученые способны воссоздать развитие Вселенной на промежутке времени в 14 млрд лет. Пожалуй, ни одна наука не претендует на столь грандиозные масштабы.

Вопрос о происхождении нашей Вселенной, а также о причинах ее начального расширения лежит вне возможностей астрономических наблюдений. Существует множество теоретических моделей, дающих описание процессов при сверхвысоких планковских энергиях и даже «до начала времен». Так, общепринятая теория инфляции – экспоненциальное расширение ранней Вселенной в первые мгновения после рождения – и ее модификации, которые в состоянии прояснить ряд космологических парадоксов, тем не менее, не дают ответа на вопрос о происхождении нашего мира. Наиболее перспективными на сегодняшний момент представляются концепции многомерного пространства-времени, согласно которым наша Вселенная есть одна из многих, рожденных в объемлющем многомерном пространстве.

Как и все прочие науки, претендующие на объективное понимание устройства мира, космология в своем развитии следует стандартными этапами. Стандартная космологическая модель Фридмана – модель расширяющейся Вселенной – была не только строго обоснована математически, но нашла ряд объективных наблюдательных подтверждений: расширение Вселенной, ускоренное расширение Вселенной, крупномасштабная структура, реликтовое излучение и его анизотропия.

Космология находится на таком этапе развития, когда все новые и новые наблюдательные данные подтверждают ее математические построения, отбрасывая одни идеи и утверждая и развивая другие. Более того, космология служит серьезным инструментом в изучении, казалось бы, диаметрально противоположных по масштабам процессов микромира. Сверхвысокие энергии, требующиеся для исследования все более тонких атомарных структур, оказываются реализуемыми только в условиях ранней горячей Вселенной – тем более это касается процессов теорий Великого объединения и суперструн. Недаром выдающийся советский космолог Я.Б. Зельдович назвал раннюю Вселенную «ускоритель бедного человека» – это говорит об уникальной возможности исследования недостижимых земными ускорителями процессов астрономическими методами.

Как наука космология родилась сравнительно недавно, после создания А.А. Фридманом (СССР, 1922 г.) теории расширяющейся Вселенной, являющейся сейчас общепринятой, и после открытия Э. Хабблом (США, 1929 г.) факта расширения нашего мира.

Модель Фридмана основана на решении уравнений общей теории относительности для случая *изотропного* и *однородного* распределения плотности, давления и температуры вещества. Так, передвигая по Вселенной воображаемый гигантский куб размером $3 \cdot 10^{18}$ см (1 парсек), мы бы обнаружили, что контраст плотности значительно меньше, чем в земных условиях. Чем больших размеров куб, тем все более однородными окажутся в нем характеристики вещества. В космологии масштаб, начиная с которого Вселенная становится приблизительно однородной и изотропной, имеет размер 200 млн парсек.

Теоретически предсказанное Фридманом расширение Вселенной было обнаружено несколько лет спустя Э. Хабблом. Закон расширения имеет простой вид:

$$\vec{v} = H \cdot \vec{r}.$$

В этом законе \vec{v} – скорость далекого объекта (например галактики), H – параметр Хаббла, \vec{r} – расстояние до объекта. Согласно современным измерениям, $H = 67,8 \pm 0,9$ км/с/Мпк. Чем дальше от наблюдателя находится объект, тем быстрее он удаляется от наблюдателя. Важно отметить две особенности хаббловского движения: оно начинается только с внегалактических масштабов и принципиально отличается от кеплеровского закона движения периодических движений небесных тел. Обратное значение параметра Хаббла, характеризующего рост объема Вселенной, $H^{-1} \sim 13,8 \cdot 10^9$ лет равно возрасту Вселенной. Приведенная формула справедлива только для малых значений скорости внегалактического объекта (точный вид закона Хаббла выглядит гораздо сложнее и его можно найти, например, в [1]). Важно отметить, что при построении такой зависимости скорость внегалактического объекта и расстояние до него определяются независимо друг от друга. Скорость вычисляется по эффекту Доплера: измеряется спектр удаляющегося объекта, который потом сравнивается с лабораторным спектром соответствующих химических элементов; так, по разнице наблюдаемых и лабораторных линий определяется красное смещение объекта и его скорость. Для измерения расстояния до далеких объектов широко используется метод фотометрического параллакса: измеряя поток света от источника, обладающего известной мощностью (светимостью), можно вычислить расстояние до него. Светимость для некоторых популяций источников хорошо известна за счет понимания происходящих в них физических процессов, и они служат своего рода верстовыми столбами Вселенной, так называемыми «стандартными свечами» для определения расстояний. Например, переменные звезды цефеиды, период изменения блеска которых прямо пропорционален их светимости. Однако на огромных космологических расстояниях такие звезды-индикаторы становятся непригодными, их попросту не видно. Лучшие кандидаты глубокого космоса, найденные в конце прошлого века, – это сверхновые звезды типа Ia (SN Ia) [2], светимость которых сравнима со светимостью целой галактики, позволившие не только измерить темп расширения Вселенной, но и определить, что наша Вселенная расширяется ускоренно. В силу природы вспышки такие сверхновые обладают очень хорошей однородностью светимости в максимуме блеска. Сейчас несколько групп астрономов активно ведут исследования SN Ia. Основная задача – наблюдение как можно большего числа событий-вспышек сверхновых звезд для репрезентативной статистической выборки.

Космология – одна из немногих естественных наук, в которых в явном виде происходит эволюция систем во времени и пространстве, и потому в ней присутствуют новые физические понятия. Так, понятие «горизонт частиц» характеризует границу области пространства, из которой свет, обла-

дающий конечной скоростью распространения, успел к нам прийти. Таким образом, в нашей расширяющейся Вселенной существуют принципиально ненаблюдаемые области, расположенные от нас дальше радиуса горизонта частиц. Отметим здесь специфику расширения Вселенной, которая часто вызывает недопонимание: вне зависимости от пространственного положения наблюдателя далекие галактики будут удаляться от этого наблюдателя так, как если бы он сам был в эпицентре разлета частиц. Расширяется, «разлетается» само пространство, в отличие от привычной нам картины центрально-симметричного взрыва, и из этих рассуждений следует непривычный обыденному сознанию факт, что не существует на небе точки, в которой произошел Большой взрыв. Очевидно, что в трехмерно-плоском пространстве нерасширяющейся Вселенной размер горизонта частиц рос бы с возрастом и рано или поздно все без исключения области Вселенной оказались бы видимыми. Это не так в расширяющейся Вселенной. Более того, в зависимости от скорости расширения размер горизонта частиц может зависеть от времени, прошедшего с момента начала расширения, по более сложному закону, чем простая пропорциональность времени. В частности, в ускоренно расширяющейся Вселенной размер горизонта частиц может стремиться к постоянной величине. Это означает, что могут быть области принципиально не наблюдаемые, могут быть процессы принципиально не познаваемые. Размер горизонта частиц ограничивает и размер причинно-связанных областей. Действительно, две пространственные точки, разделенные расстоянием, большим радиуса горизонта частиц, никогда не взаимодействовали в прошлом. Поскольку самое быстрое взаимодействие (обмен лучами света) еще не произошло, то и любое другое взаимодействие исключено. Следовательно, никакое событие в одной точке не может иметь в качестве своей причины событие, происшедшее в другой точке. Таким образом, в случае, когда размер горизонта частиц стремится к постоянной величине, Вселенная разбивается на причинно-несвязанные области, эволюция в которых протекает независимо друг от друга.

Факт расширения Вселенной оказался важнейшим краеугольным камнем в становлении космологии, позволившей ей уверенно оформиться в самостоятельную дисциплину. Последние пять десятилетий ознаменованы непрерывными успехами космологии:

- 1) *открытие реликтового излучения;*
- 2) *обнаружение крупномасштабной структуры Вселенной;*
- 3) *наблюдение анизотропии реликтового излучения;*
- 4) *открытие ускоренного расширения нашей Вселенной.*

До начала 1980-х гг. самыми крупными объектами во Вселенной считались галактики, но оказалось, что иерархия космических объектов на этом не заканчивается. Открытие скоплений и сверхскоплений галактик, основы так называемой крупномасштабной структуры, предсказанной Я.Б. Зельдовичем, послужило первым шагом к построению стандартной космологической модели. Крупномасштабная структура была открыта наблюдательными

методами. Так, при наблюдении далеких галактик, были выбраны три поля галактик, отстоящие друг от друга на угловом расстоянии примерно 5° . В каждом из полей были сосчитаны галактики и были измерены их красные смещения, эквивалентные расстоянию до них. Зависимость числа галактик от красного смещения демонстрировала два четко выраженных пика, разделенные почти пустым пространством: лучи телескопа «прошили» два элемента («блина». – Я.Б.) крупномасштабной структуры Вселенной. Современные наблюдения охватывают уже десятки тысяч галактик, готовятся программы наблюдений сотен тысяч галактик. Исследователи планируют построить полное трехмерное распределение галактик во Вселенной на глубину, превышающую сотню мегапарсек.

Открытие реликтового излучения в 1965-м году, а в 1992-м – его анизотропии по праву можно считать вторым из основных тестов, заложивших прочный фундамент современной космологии. Термин «реликтовое излучение» подчеркивает его принадлежность к далеким эпохам развития Вселенной и обязан своему названию советскому астрофизику И.С. Шкловскому. В англоязычной литературе используется термин «СМВ» – «космический микроволновый фон». Реликтовое излучение предсказал Г. Гамов в 1950-м году, а созданную им теорию ранней Вселенной называют теорией Большого взрыва. Согласно этой теории в горячем и плотном веществе ранней Вселенной должны были происходить термоядерные реакции, приводящие к наблюдаемому обилию химических элементов сегодня. Поскольку в то время большинство сечений термоядерных реакций еще были секретными величинами, то Гамов получил результат 6 К, а не наблюдаемые 2,75 К.

Источник реликтового излучения – это фотоны, идущие со сферической поверхности последнего рассеяния, которая ограничивает объем Вселенной, доступный оптическим наблюдениям. Эта поверхность сформировалась в те времена, когда Вселенная, расширяясь, остыла настолько, что самые первые – реликтовые – фотоны отделились от вещества и стали распространяться свободно.

Реликтовое излучение было открыто не астрономами, а двумя радиоинженерами американской корпорации «Белл» А. Пензиасом и Р. Вильсоном в 1965 г. При испытаниях нового радиометра для целей связи, они обнаружили избыточный по сравнению с техническим заданием шум, который отождествили с каким-то неизвестным космическим излучением. Важное свойство этого излучения – независимость его мощности от направления на небо, другими словами, отсутствие соответствующего локального космического объекта-источника. Профессор Р. Дикке из Принстонского университета, который готовил эксперимент по поиску реликтового излучения, получил на рецензию статью этих двух радиоинженеров и, поняв суть открытия, тут же дал положительную рецензию, сопроводив работу собственной короткой заметкой о физической интерпретации полученных результатов. За эту работу А. Пензиас и Р. Вильсон были удостоены Нобелевской премии за 1978 год.

Несмотря на высокую изотропию, реликтовое излучение, тем не менее, обладает небольшой, но чрезвычайно информативной для исследования свойств ранней Вселенной анизотропией (разницей температуры в различных направлениях на небо) порядка 10^{-5} . Данные по реликтовому излучению представляются в виде так называемого углового спектра анизотропии, который является зависимостью амплитуды измеренных гармоник реликтового излучения от номера гармоники (поскольку реликтовые фотоны приходят со всех направлений небесной сферы, то наиболее подходящим математическим аппаратом является разложение анизотропии температуры по мультипольным гармоникам). К примеру, дипольная гармоника характеризует движение наблюдателя относительно поверхности последнего рассеяния: впереди температура будет чуть выше, а позади – чуть ниже. Эффект обусловлен простым эффектом Доплера, который, при движении наблюдателя, для одного фотона приводит к изменению частоты, а для ансамбля фотонов – к изменению температуры. Величина дипольной гармоники, открытой в 1972-м году, составляет около 3 мК (миллиК).

Крупномасштабная анизотропия реликтового излучения была обнаружена в 1992-м году в результате работы советского спутника «Реликт». В январе 1992 года группа российских исследователей (в которую входил М.В. Сажин) на семинаре в ГАИШ впервые объявила о регистрации анизотропии реликтового излучения, хотя отношение сигнала к шуму в нашем эксперименте было небольшое – порядка трех. К тому времени на космической орбите работал американский спутник COBE (COsmic Background Explorer), аналогичный «Реликту», только более усовершенствованный. COBE имел три частотных канала по два радиометра в каждом. Вскоре после нашей статьи была опубликована статья группы «COBE» с объявлением о детектировании анизотропии реликтового излучения. Наличие нескольких частотных каналов позволило COBE уверенно отделить анизотропию поверхности последнего рассеяния от анизотропии галактического и внегалактического радиоизлучения. Этот факт, а также лучшее отношение сигнала к шуму (после завершения эксперимента COBE функционировал на орбите свыше 4 лет) позволяет американским исследователем связывать открытие анизотропии реликтового излучения с результатами работы своего аппарата.

Наиболее точные результаты по наблюдению анизотропии реликтового излучения были получены на американском спутнике WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) и на космическом аппарате Европейского космического агентства Planck. Спутники были выведены в энергетически выгодную точку Лагранжа L2, которая находится на расстоянии 1,5 млн км от Земли в стороне, противоположной Солнцу.

Основным и главнейшим результатом работы всех указанных миссий стало подтверждение Стандартной космологической модели и получение количественных оценок космологических параметров, характеризующих доли различного вещества во Вселенной, времена ключевых эпох ее эволю-

ции и др. В таблице перечислены некоторые из ключевых космологических параметров:

Таблица

<i>Параметр</i>	<i>Среднее значение по критерию 68% достоверности</i>
Плотность барионов $\Omega_b h^2$	$0,02222 \pm 0,00023$
Плотность CDM (холодной темной материи) Ω_m	$0,308 \pm 0,012$
Параметр Хаббла H_0 (км/с/Мпк)	$67,8 \pm 0,9$
Оптическая толщина τ	$0,066 \pm 0,016$
Спектральный индекс n_s	$0,9655 \pm 0,0062$

Согласно Стандартной космологической модели обычное, то есть видимое в телескопы, вещество составляет поразительно малую долю – всего несколько процентов – от общей массы Вселенной. Примерно треть всей массы приходится на так называемую «темную материю», вещество, которое по своим гравитационным характеристикам ничем неотлично от обычного, барионного вещества, но которое не наблюдается в телескопы. Основную же часть составляет принципиально иная субстанция, «темная энергия», обладающая антигравитационными свойствами. Последняя, наряду с некоторыми другими менее правдоподобными гипотезами, позволяет успешно объяснить современное ускоренное расширение нашей Вселенной, а также ускоренное расширение и ранней Вселенной.

До 1998-го года считалось, что наша Вселенная расширяется с замедлением, что казалось очевидным, поскольку расширение должно осуществляться по инерции и замедляться под действием сил притяжения совокупного вещества Вселенной. Однако наблюдения показали, что галактики ускоренно разбегаются от нас во все стороны. Таким образом, становится неизбежным наличие принципиально другого вещества, создающего антигравитацию, что привело ученых к введению понятия «темная энергия».

С обывательской точки зрения, нас окружает разнообразнейшая материя. Однако с точки зрения физики все вещество, с которым человек имеет дело в повседневной жизни, – «обычное» (видимое или барионное), состоящее из барионов, лептонов и фотонов, то есть трех типов стабильных частиц. По мере развития астрономии и космологии стало понятно, что видимой материей все разнообразие вещества далеко не ограничивается. В 30-е годы прошлого века специалисты по внегалактической астрономии открыли темную материю, проявляющую себя только по гравитационным полям. Наилучшим способом исследования распределения темной материи во Вселенной является метод гравитационного линзирования, то есть изучение отклонения видимых лучей света в гравитационных полях темной материи.

В конце прошлого века астрономы открыли новый вид материи – темную энергию (в зависимости от своего уравнения состояния различают квинтэссенцию, а также фантомную темную энергию, которые в общем слу-

чае переменны во времени; в Стандартной космологической модели ограничиваются простейшим случаем т. н. постоянного «лямбда-члена»).

Обычная материя исследуется физиками несколько столетий, а темная материя и темная энергия представляют собой новые, неизвестные виды материи. Это два принципиально разных вида материи. Если темную материю в будущем вполне вероятно можно будет исследовать в лабораторных условиях, то для темной энергии путь лабораторных исследований закрыт (образующийся контраст плотности, растущий со световой скоростью, разрушает уже имеющееся пространство-время, заменяя его новым).

Обсудим более подробно различия типов вещества в космологии. Понятие «обычная» материя имеет строгое определение – она принадлежит к барионам или лептонам. Под этим термином космологи обычно понимают вещество, которое является стабильным или квазистабильным на космологических промежутках времени и которое участвует, по крайней мере, в электромагнитных взаимодействиях. Всё восприятие внешнего мира человеком осуществляется через взаимодействия. Тактильные, слуховые, зрительные ощущения – это взаимодействия, которые в своей основе имеют электромагнитную природу. Они являются одним из самых сильных в нашем мире. Люди не могут непосредственно ощущать сильные или слабые взаимодействия. Явление радиоактивности, хотя и не ощущается непосредственно, приносит явно видимые ощущения, если радиоактивное излучение действует на организм человека в течение некоторого времени. Слабое взаимодействие может детектироваться только специальными физическими приборами. Наконец, есть еще одно взаимодействие, можно сказать, что оно самое слабое, но одновременно и самое универсальное. Это гравитация – «сила, что движет мирами». Возможно, существуют еще некоторые взаимодействия, сейчас неизвестные физикам. Они неизвестны, поскольку нет приборов, которые могут детектировать эти взаимодействия. Следовательно, мы «не видим» их.

Другой тип материи, который участвует в гравитационном взаимодействии или, быть может, в слабых взаимодействиях или еще в нескольких, сегодня неизвестных взаимодействиях, называется темной материей. В частности, некоторое время назад в качестве наиболее реального кандидата в темную материю выступали хорошо известные частицы – нейтрино. Сейчас в качестве кандидатов на роль темной материи выступают только гипотетические стабильные или квазистабильные частицы.

Впервые о существовании темной материи астрономы заподозрили по изучению движения звезд нашей Галактики, а также по вращению галактик. Позже ее существование было подтверждено наблюдениями скоростей отдельных галактик в скоплениях галактик, а также по температуре горячего газа в скоплениях галактик. Доля обычной светящейся материи (звезд, газа и пыли) в общей массе нашей Вселенной составляет менее одного процента от общей массы.

Невидимая материя существует не только в галактиках, но также и в скоплениях галактик. Оценивать количество невидимой материи, принадлежащей скоплениям галактик можно несколькими способами. Один из таких способов – оценивать полную гравитационную массу скоплений галактик по скоростям отдельных галактик. Второй – по температуре межгалактического газа, принадлежащего скоплению. Существует еще один способ оценки полной массы, а следовательно, и невидимой материи – по гравитационному линзированию (эффекту искажения лучей, которые проходят вблизи массивных объектов). Все три метода измерения полной массы дают примерно одинаковое количество массы в каждом из скоплений. В нашей Галактике астрономы измерили часть невидимой материи по эффекту микролинзирования (гравитационного линзирования на звездах нашей Галактики) [7; 8].

Природа темной материи, наполняющей галактики, до сих пор неизвестна. Большинство исследователей предполагают, что темная материя представляет собой стабильные элементарные частицы, которые обладают массой и, следовательно, участвуют в гравитационном взаимодействии.

Темная энергия, в отличие от описанной выше материи, собственно материей не является, потому что представляет собой свойство самого пространства-времени. Микроскопические свойства темной энергии сейчас изучать невозможно, но об усредненных по космологическим масштабам характеристиках этого вида материи астрономы уже могут сказать довольно много.

Распределение темной энергии в пространстве является исключительно однородным. Если остальные два типа материи на малых масштабах распределены неоднородно, то темная энергия по природе своей является практически идеально однородным распределением вещества. Ее плотность составляет $\rho_q \approx 7 \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3$. Как и обычное вещество, темная энергия обладает натяжением. Однако если в обычном веществе натяжения появляются обычно как реакция на внешние силы и являются анизотропными (например, в резине натяжения появляются только при растяжении и в направлении растяжения), то в темной энергии натяжение существует всегда и является паскалевым и, кроме того, релятивистским (отношение натяжения к плотности энергии является величиной порядка единицы). В обычной лабораторной физике известен только один вид вещества, которое имеет релятивистское давление (давление и натяжения в космологии – это две одинаковые физические величины, которые различаются только знаком). Это релятивистский газ. Примером является газ, состоящий из фотонов. Отношение натяжения к плотности в космологии называется уравнением состояния и является одним из самых важных космологических параметров, которые характеризуют темную энергию. Надо сказать, что измерения этого параметра пока еще не являются точными. В частности, допускается отношение большее единицы. В веществе с таким уравнением состояния могут нарушаться некоторые физические принципы и законы (фантомная темная энергия).

Однако главным свойством темной энергии является свойство антигравитации. Предельно большое релятивистское натяжение дает отрицательный вклад в полную массу, причем этот вклад является бóльшим, чем вклад самой массы покоя темной энергии. Поэтому полная гравитационная масса является отрицательной! Как следствие появляется гравитационное отталкивание вместо притяжения. Именно это свойство темной энергии и вызывает ускоренное расширение нашей Вселенной.

Инфляционная стадия ускоренного расширения нашей Вселенной также находит свое объяснение с помощью темной энергии, т. н. поля инфлатона. Возможность существования темной энергии доказана наблюдательно, но вопрос о ее происхождении и идущий за ним вопрос о происхождении Вселенной до сих пор остается открытым.

В древности человек считал Землю помещенной в центр Вселенной, но наблюдения показали, что это не так. Долгое время человек считал, что Вселенная состоит из той же материи, к которой он привык в повседневности, но и это оказалось неверным. Что же еще ждет нас в будущем?

Рассмотрим последовательные этапы эволюции Вселенной.

Вселенная расширяется – этот факт сегодня является твердо установленным. Возникает вопрос, что было во Вселенной в прошлом? Из курса школьной физики мы знаем, что все тела при расширении охлаждаются. Следовательно, в прошлом наша Вселенная была плотнее и значительно горячее.

Как многие свойства характера человека закладываются в раннем детстве, так и основные свойства нашей Вселенной являются следствием «младенческой стадии» ее развития. Рассказ о Вселенной начнем с самых ранних эпох и будем последовательно передвигаться от одной эпохи к другой.

В настоящее время общепризнанной считается так называемая теория Большого взрыва или теория рождения Вселенной из сингулярности. Хотя сингулярность в классической космологии означает бесконечно большие значения плотности, температуры и давления, космологи понимают, что классическое описание этой стадии является неприемлемым и в будущем должно смениться квантовым описанием, в котором при описании некоторой величины или процесса все основные физические параметры хотя и велики, но конечны (т. н. «планковские»). Так, например, планковская температура составляет $T_{Pl} = 1,3 \cdot 10^{32}$ К. Начиная с планковского момента времени Вселенная начала расширяться, температура вещества стала понижаться, и объем Вселенной начал расти. Время существования этой стадии составляет несколько планковских времен $t_{Pl} \sim 10^{-43}$ секунд. Наблюдательных свидетельств в пользу существования этой стадии нет. Ее наличие – следствие теоретического анализа начальной стадии Большого взрыва. Что было до момента рождения Вселенной – можно только гадать. По удачному выражению Я.Б. Зельдовича, тогда «было время, когда времени не было».

Примерно через 10^{-42} секунды после рождения пространства-времени во Вселенной наступила инфляционная стадия. Термин «инфляция» пришел

в космологию из экономики. Так же как и в экономике, он обозначает быстрый рост масштабов, при котором скорость роста равна самой величине, это рост по экспоненциальному закону. Инфляционная стадия в космологии характеризуется предельно сильным отрицательным давлением, при котором меняются сами законы обычной теории гравитации в физике. Вещество становится источником не притяжения, а отталкивания. Во время этой стадии объем Вселенной увеличивается на много порядков за очень короткий промежуток времени (в некоторых разновидностях инфляции даже на порядки порядков, в 10^{10^3}), в результате чего вся современная Вселенная оказывается в одной причинно-связанной области. Ее кинетическая энергия расширения уравнивается с ее потенциальной энергией. Из-за действия сил отталкивания Вселенная «разгоняется» и приобретает большую кинетическую энергию, которую в дальнейшем мы и наблюдаем в виде хаббловского расширения по инерции. Важная особенность эпохи инфляции состоит в том, что области Вселенной, разделенные расстоянием, большим размера горизонта частиц, эволюционируют независимо друг от друга. Как следствие любой наблюдатель сможет видеть только те процессы, которые происходят внутри домена Вселенной с объемом, равным кубу размеров горизонта. Таким образом, в эпоху инфляции процессы, идущие внутри указанного домена, происходят независимо от процессов, которые идут в соседних областях Вселенной. Расширение двух областей, разделенных расстоянием порядка горизонта, не сводится к проникновению одной области на «территорию» другой, не сводится к «пожиранию» одного домена другим. Расширение каждой из областей происходит строго внутри объема, допускаемого общей теорией относительности. Возникают неоднородности с масштабом больше размеров домена.

Исходя из свойств таких доменов, обладающих начальным радиусом, превышающим размер горизонта частиц, их можно рассматривать как отдельные Вселенные. Подобно нашей Вселенной, они изотропны и однородны на больших масштабах. Совокупность всех мини-Вселенных составляет так называемую «Мультимир» (этот термин введен в работах выдающегося российско-американского космолога А.Д. Линде). В дальнейшем «Вселенной» (с заглавной буквы) будем называть ту ограниченную горизонтом частиц область Мультимира, которая доступна нашим наблюдениям, а просто «вселенными» – все остальные причинно-несвязанные области Мультимира.

Идея инфляции оказалась на редкость плодотворной, породив множество модификаций этой теории. Теория инфляции была сформулирована многими способами – оставляя условие экспоненциального расширения ранней Вселенной, рассматривались различные виды потенциалов инфляционного поля.

Не все варианты этой теории удовлетворительно описывали эксперименты и наблюдения. Так, вариант теории инфляции, основанный на первой единой теории элементарных частиц (Теории великого объединения), оказался неприемлемым. Однако астрономы и физики скорее предпочитали отказаться от пути, подсказываемого развитием теории элементарных частиц,

и предлагать свои собственные модели, связанные уже только с космологией, чем полностью отказываться от теории инфляции. Ведь эта теория, даже в самом простейшем своем варианте, позволила космологам объяснить неразрешимые в рамках стандартной фридмановской модели парадоксы (это, прежде всего, проблемы плоскостности и горизонта).

Теория инфляции активно развивалась. Сейчас наиболее приемлемо соответствует всему объему наблюдательных данных теория хаотической или вечной инфляции, предложенная А.Д. Линде. Согласно этой теории Мультимир считается заполненным особым видом материи – скалярным полем. Говоря более точно, это даже не «материя» в нашем обычном понимании этого слова, а «энергия», так называемая темная энергия, о которой речь пойдет ниже. Этот вид вещества обладает предельно большой плотностью и релятивистским отрицательным давлением (или, что то же самое, положительным натяжением). В различных частях Мультимира происходят квантовые флуктуации этого скалярного поля, повышающие или понижающие его среднюю плотность.

Рассмотрим эволюцию одного такого домена Мультимира с учетом растущих квантовых флуктуаций скалярного поля. За время порядка параметра Хаббла раннего Мультимира объем рассматриваемого домена вырастет в $e^3 \approx 30$ раз, и он окажется разделенным на 30 отдельных «субдоменов», в которых дальнейшая эволюция будет протекать уже независимо. Примерно в половине таких «субдоменов» знак флуктуаций скалярного поля окажется равным знаку среднего изменения величины скалярного поля, и инфляция начнет прекращаться. В оставшейся половине знак этих флуктуаций окажется противоположным знаку среднего изменения, и в этих «субдоменах» инфляция продолжится. Далее, в следующий интервал времени порядка параметра Хаббла объем каждого «субдомена», в котором инфляция продолжится, опять вырастет примерно в 30 раз. Скалярное поле, примерно, в пятнадцати из них уменьшится по абсолютной величине, что в нашем рассмотрении означает прекращение инфляции, а в оставшихся пятнадцати областях будет на прежнем уровне или даже увеличится. И так далее... В моделях с параметрами, максимально согласованными с имеющимся набором наблюдательных данных, объем Мультимира, в котором постоянно идет инфляция, окажется больше, чем объем, в котором инфляция уже закончилась. Таким образом, этот процесс будет продолжаться вечно, порождая все больше и больше не связанных друг с другом вселенных. Наша Вселенная – одна из этой россыпи миров.

В тех доменах, в которых эпоха инфляции все же завершилась, возникает горячая плазма, состоящая из элементарных частиц, и начинается эволюция Вселенной по законам, открытым А.А. Фридманом. Горизонт частиц или размер причинно-связанной области быстро стремится к постоянной величине.

На стадии инфляции из квантовых флуктуаций скалярного поля рождаются возмущения плотности. Квантовые флуктуации, которые обычно про-

являются только в микроскопических масштабах, в экспоненциально расширяющейся Вселенной быстро увеличивают свою длину и амплитуду и становятся космологически значимыми. Таким образом, можно сказать, что скопления галактик и сами галактики являются макроскопическими проявлениями квантовых флуктуаций. При этом появляется спектр возмущений плотности, который называется спектром Харрисона–Зельдовича или масштабно-инвариантным спектром возмущений. Слова «масштабно-инвариантная» означают, что соответствующая величина изменяется пропорционально росту линейных размеров расширяющейся Вселенной.

Сразу после стадии инфляции в Мультимире могут образовываться так называемые топологические дефекты пространства – нульмерные монополи, одномерные струны, двумерные доменные стенки и трехмерные текстуры. Образование таких структур связано с фазовыми переходами в вакууме. Мы не будем подробно останавливаться на этой теме, отметим только, что современные теоретические модели, в частности теория суперструн, с большой уверенностью предсказывают существование космических струн как наиболее вероятных из возможных дефектов. Возможно существование и нетопологических дефектов, например гибридных конструкций полулокальных струн, так называемых «ожерелий», представляющих собой сочетания струн и монополей. Кроме того, космологические суперструны могут рождаться в результате процессов в пространствах высших размерностей.

Скалярное поле обладает большой плотностью потенциальной энергии, по современным оценкам, она составляет 10^{98} эрг/см^3 . Уравнение состояния вещества с отрицательным давлением неустойчиво, так как содержит моды с бесконечно возрастающими амплитудами. Это состояние должно перейти в обычное, с положительным или равным нулю давлением. Следовательно, инфляционная фаза развития Вселенной довольно быстро кончается, после чего вся запасенная в скалярном поле потенциальная энергия выделяется в виде рождения частиц и их кинетической (тепловой) энергии.

Как мы уже говорили, скалярное поле не является материей в строгом смысле этого слова. Это «темная энергия», характеристика самого пространства. Представим себе на секунду некоего абстрактного стороннего наблюдателя, следящего за инфляцией и дальнейшей эволюцией Вселенной как бы «со стороны», в сильно замедленном режиме времени. Важно понимать, что такого наблюдателя на самом деле, разумеется, быть не могло – ему просто нигде было бы разместиться, так как не было понятия «вне» формировавшегося Мультимира. Он сам был «все», он задавал и ограничивал пространство и время. Но такой «фантастический» наблюдатель мог бы рассказать нам много интересного. Он увидел бы, как материя вдруг проявилась «из ничего», но не в сингулярной точке, а в объеме некоторого шара, до которого в процессе инфляции успел раздуться Мультимир.

Что было до эпохи инфляции – сказать трудно. Слишком много теоретических моделей существует на этот счет, и пока не представляется возможным с уверенностью отдать предпочтение какой-либо одной. Можно

только с определенностью сказать, что эта модель будет объединять в себе и квантовую физику, и теорию релятивистского гравитационного поля, подобно тому, как это делает теория суперструн, о которой речь пойдет дальше.

Была ли действительно сингулярность как начало Большого взрыва? Правомочен ли вопрос о том, что было до Большого взрыва и что могло послужить его причиной? Для будущих исследований остается множество вопросов, не могущих не завораживать умы своей фундаментальностью. Тем более, что современные физические теории уже начали уверенное наступление на эти рубежи. А пока только самому смелому воображению доступно представить себе сложнейшую топологию скрученного многомерного пространства зарождающегося Мультимира!

Итак, после завершения инфляции в Мультимире появляется материя. А появившись, материя начинает развиваться по обычным законам Стандартной космологической модели А.А. Фридмана.

Как эволюционирует материя дальше? Образуется высокотемпературная плазма, состоящая из элементарных частиц с энергией заведомо выше, чем 1000 ГэВ (ГэВ – единица измерения энергии в современной физике элементарных частиц, энергия в 1 ГэВ примерно равна полной энергии, содержащейся в протоне или одной тысячной части эрга).

Ниже мы будем писать об эволюции нашей части Мультимира, нашей Вселенной.

Природа взаимодействий выше энергий 10^3 ГэВ до сих пор далека от полного понимания. Здесь мы будем рассказывать о физике, близкой по идеям к теории великого объединения. Надо сразу упомянуть, что такой набор идей и моделей сейчас «вышел из моды». Многие физики говорят о теории «всего на свете», теории суперструн. Рассматривается огромное количество многомерных моделей нашей Вселенной, как с маленькими, скрытыми (компактифицированными), так и протяженными дополнительными измерениями (миры на бране). Другими словами, существует целый «зоопарк» таких моделей ранней доинфляционной Вселенной. Мы коротко рассмотрим эти идеи в заключении.

Среди существующих моделей взаимодействий есть такие, которые предсказывают появление тяжелых лептокварков – частиц, обладающих признаками лептонов и барионов. Считается, что эти частицы могут взаимодействовать между собой таким образом, что изменяется барионное число, что означает генерацию избытка вещества над антивеществом. Эта стадия называется эпохой бариосинтеза. Этой эпохе соответствуют энергии элементарных частиц $E \approx 10^{15}$ ГэВ (или $T \approx 10^{28}$ К).

Барионный заряд материи нашей Вселенной может также генерироваться, когда температура плазмы падает до 10 ТэВ. Эта стадия называется стадией бариогенеза.

Согласно моделям великого объединения между этими двумя эпохами лежала так называемая «пустыня взаимодействий». Этот термин означает, что ничего интересного с точки зрения физики, основанной на группе SU(5) в эту эпоху расширения Вселенной, не происходило.

В физике взаимодействий в районе энергий 1 ТэВ и выше экспериментальные данные практически полностью отсутствуют. Существующие теоретические модели указывают на возможность генерации избытка материи над антиматерией, хотя ни в одном эксперименте до сих пор не наблюдалось несохранение барионного числа.

Примерно в этом же интервале температур $T \approx 100$ ГэВ происходит электрослабый фазовый переход. До этого момента электромагнитные взаимодействия и слабые взаимодействия с участием нейтрино являются единым электрослабым взаимодействием. После того как происходит фазовый переход, бозоны – переносчики электрослабого взаимодействия (W^\pm, Z^0) – становятся массивными (срабатывает механизм динамического рождения массы) и слабое взаимодействие становится «очень слабым» и короткодействующим, поскольку переносящие его бозоны обладают массой ≈ 100 ГэВ. В эту эпоху слабые и электромагнитные взаимодействия, бывшие до этого момента времени едиными взаимодействиями, расщепляются на обычные электромагнитные взаимодействия, основным квантом которых является фотон, и слабые взаимодействия с участием нейтрино, основным квантом которых является вион (W^\pm, Z^0 бозоны).

Позже, примерно при температуре $T \approx 300$ МэВ (10^{11} К), происходит конфаймент кварков. Кварки – это элементарные частицы, из которых состоят протоны, нейтроны и некоторые другие частицы. В свободном состоянии в обычных условиях кварки существовать не могут. Это явление называется «невыветанием кварков» или конфайментом. В свободном состоянии они могут существовать только в очень горячей плазме, температура которой больше (в энергетических единицах), чем энергия покоя протона, то есть при температурах $T > 10^{11}$ К. В ранней Вселенной температура была значительно больше этой величины, протонов и нейтронов не было, существовал так называемый «кварковый суп». В результате расширения температура падает, кварки начинают соединяться, образуя протоны и нейтроны (подробнее об элементарных частицах, их взаимодействиях, а также о связи элементарных частиц и космологии читатель может ознакомиться в замечательной книге [3]).

После эпохи образования протонов и нейтронов наибольший интерес представляет эпоха нуклеосинтеза, от 1 до 100 с с момента Большого взрыва. В этот период синтезируются легкие ядра с атомным весом $A < 5$, более тяжелые ядра синтезируются позже в звездах.

Стадия нуклеосинтеза является заключительной стадией, которая относится к ранней Вселенной. Поэтому здесь термин «ранняя Вселенная» будет относиться к эпохе эволюции Вселенной с момента рождения до 3 мин после ее рождения. Такая классификация была предложена в знаменитой книге Вейнберга «Первые три минуты» [4].

На этой эпохе кончается история ранней Вселенной.

Следующая эпоха, которая играет важную роль в космологии, – это эпоха доминирования скрытой массы. Природа скрытой массы до сих пор

нераскрыта. Поэтому в космологии различают два вида скрытой массы – HDM (аббревиатура англоязычного термина Hot Dark Matter), или горячая скрытая масса и CDM (Cold Dark Matter), или холодная скрытая масса. Они различаются по нескольким важным параметрам, но основное их различие заключается в том, что в космологических моделях с горячей скрытой массой получаются другие скорости галактик, чем в моделях с холодной скрытой массой. Различаются они также по минимальной массе объектов, которые первыми образуются во Вселенной. В качестве HDM материи чаще всего говорят о массивном нейтрино (то есть нейтрино, обладающем ненулевой массой покоя), хотя роль такой массы могут играть и другие частицы. В качестве CDM чаще всего называют гипотетические частицы аксионы.

В зависимости от вида скрытой материи и от параметров составляющих ее частиц эпоха доминирования скрытого вещества наступает примерно при температуре $T \approx 10^5$ К. Начиная с этой эпохи растут малые возмущения плотности вещества, которые к нашему времени увеличиваются настолько, что появляются галактики, звезды и планеты.

Вслед за эпохой доминирования скрытой массы наступает эпоха рекомбинации водорода. До рекомбинации во Вселенной существует горячая плазма, состоящая из частиц скрытой материи, протонов, электронов, фотонов и некоторого количества легких ядер. Во время рекомбинации протоны и электроны объединяются, и образуется водород – один из самых распространенных элементов во Вселенной. Эпоха рекомбинации совпадает с эпохой прозрачности Вселенной. Дело в том, что в плазме свет не распространяется свободно. Фотоны сталкиваются с электронами и протонами, рассеиваются, меняют направление движения и частоту. Другими словами, они «забывают» ту информацию, которую несли до столкновения. Физически это можно понять, если привести пример, когда наблюдатель рассматривает некоторую картинку вначале свободно, а затем сквозь мутное стекло. Естественно, во втором случае он видит картинку плохо. Если стекло совсем мутное, или, как говорят астрономы, оптическая толщина большая, наблюдатель картинку не видит совсем. Плотная плазма играет роль такого мутного стекла. Начиная с эпохи рекомбинации плазма исчезает и вещество становится прозрачным. Этот момент времени называют моментом последнего рассеяния. Температура этой эпохи известна очень хорошо из лабораторной физики и приходится на интервал 4500–3000 К.

В прошлом, когда масштабный фактор был примерно в тысячу раз меньше, во Вселенной была высокотемпературная плазма, состоящая из электронов, протонов, массивных слабодействующих частиц и фотонов. Количество фотонов гораздо больше, чем количество барионов, – в несколько миллиардов раз, и именно поэтому Вселенная называется «горячей». При расширении температура падает и Вселенная остывает. Темп расширения значительно более медленный, чем характерное время установления равновесия в горячей плазме, поэтому частицы в ней находятся в термодинамическом равновесии. Одной из таких частиц является фотон. Именно эти фотоны и называются реликтовыми фотонами.

Несмотря на то что в вакууме фотон распространяется со скоростью света, в горячей плотной плазме из-за рассеяния на электронах фотоны распространяются гораздо медленнее. Когда Вселенная расширяется достаточно, плазма остывает до температуры рекомбинации, то электроны начинают соединяться с протонами, образуя нейтральный водород, а фотоны начинают распространяться свободно. Точки, из которых фотоны доходят до наблюдателя, образуют так называемую поверхность последнего рассеяния. Это единственный источник во Вселенной, внутри которого мы находимся. Таким образом, легко разрешается часто возникающий вопрос о том где же на небе находится точка Большого взрыва. Ответ заключается в том, что такой «выбранной точки» не существует. Свет реликтовых фотонов, идущих к нам со всех сторон, идет из прошлого, с поверхности последнего рассеяния. Большой взрыв – там, в прошлом, которое окружает нас со всех сторон.

Фотоны, рассеянные последний раз, доходят до наблюдателя, практически не взаимодействуя с веществом по дороге. Эти фотоны и образуют реликтовое излучение. Оно обладает спектром абсолютно черного тела и к настоящему времени имеет температуру 2,75 К. Разница в температурах 3000 К и около 3 К обусловлена тем, что с эпохи последнего рассеяния размер Вселенной увеличился примерно в 1000 раз. Естественно, что все неравномерности распределения температуры по поверхности последнего рассеяния остаются в виде угловой неравномерности распределения температуры реликтового излучения по небу. Наблюдая эти неравномерности или анизотропию, космологи делают выводы о спектре первичных возмущений, об основных параметрах Вселенной и о физике ранней Вселенной.

В промежутке между эпохой рекомбинации и нашим временем лежит еще одна важная эпоха – образование крупномасштабной структуры Вселенной, образование галактик и других объектов. Начало этой эпохи условно соответствует температуре $T \approx 30$ К.

В 1998 г. астрономы сделали еще одно чрезвычайно важное открытие в космологии. Была измерена новая кинематическая величина – производная скорости расширения нашей Вселенной. Измерить эту величину позволили все те же сверхновые звезды SN Ia.

Производная скорости расширения оказалась положительной – Вселенная расширяется ускоренно. Таких результатов космологи не ожидали. Дело в том, что различные космические объекты (галактики, скопления галактик, межгалактическая материя) притягиваются друг к другу. Гравитационное притяжение обычной материи приводит к тому, что галактики должны «разбегаться» с замедлением. Открытие ускоренного «разбегания» явилось очень сильным вызовом физике.

Здесь необходимо отметить две альтернативных точки зрения, которые могут объяснить ускоренное расширение Вселенной. Первое объяснение заключается в том, что астрономы открыли новый вид материи, которая обладает свойством антигравитации. Исследовать такую материю в лаборатории невозможно – как было замечено во введении, она является неустойчивой.

Исследование ее свойств возможно только по ее космологическим проявлениям. Второе объяснение заключается в том, что вне нашей наблюдаемой части существуют некоторые силы, вызывающие ускоренное расширение нашей Вселенной. В частности, эта причина может заключаться в том, что закон всемирного тяготения является более сложным. Гравитационная сила двух пробных частиц содержит два слагаемых: первое – хорошо известная ньютоновская гравитационная сила, второе слагаемое является произведением новой фундаментальной константы, лямбда-члена, на расстояние между частицами.

Эпоха ускоренного расширения началась по меркам космологии недавно, примерно 5 миллиардов лет назад.

Таковы основные эпохи развития нашей Вселенной, которые изучает космология. Идеи и факты, обсуждающиеся в этой главе, с большей степенью подробности изложены в [5], [6] и [10].

И в заключение поговорим о современных представлениях о ранней доинфляционной Вселенной и даже приведем некоторые соображения о возникновении Вселенной, точнее, Мультимира в целом.

Согласно последним наблюдательным данным, наша Вселенная в среднем трехмерно-плоская (наглядно это можно представить, как если бы Вселенную можно было плотно замостить достаточно большими кубами и не возникло бы ни зазоров, ни деформаций в ребрах таких кубов). Мы говорим, «в среднем», подразумевая, разумеется, ее глобальную структуру, не учитывая локальные искривления метрики пространства-времени вблизи массивных объектов (звезд, галактик, скоплений и сверхскоплений галактик).

До эпохи инфляции геометрия Вселенной не была трехмерно-плоской. Если обратиться во времени процесс эволюции Вселенной, то можно сказать, что с уменьшением ее размера радиус трехмерной кривизны становился все больше. Но гораздо более интересной особенностью очень ранней Вселенной является ее многомерность, предсказываемая теорией суперструн. Согласно современным теоретическим представлениям, ранняя Вселенная характеризовалась большим количеством дополнительных измерений сложной структуры. Эти дополнительные измерения эволюционировали вместе со Вселенной и могут как представляться в виде свернутых компактных микроскопических многообразий, так являться и протяженными.

Долгие совместные усилия математиков и физиков-теоретиков породили одну из красивейших теорий мироздания, объединившую квантовую полевую теорию с теорией гравитации Эйнштейна и претендующую на роль объединения всех известных физических взаимодействий. Это теория суперструн, или ее современное обобщение – М-теория.

В теории суперструн все элементарные частицы, в том числе и переносчик гравитационного взаимодействия (гравитон), являются различными типами колебаний некоторого нового одномерного пространственного объекта – струны. Частота колебаний определяет частицу и ее энергию. Типичный продольный размер струны очень мал – порядка планковской длины

(10^{-33} см). При малых энергиях струна неотличима от точечной частицы. Теория суперструн начинает проявлять себя только при сверхвысоких энергиях, какие реализовывались в ранней Вселенной. Для ее непротиворечивого описания требуется 9 пространственных измерений и одно временное. Эти дополнительные измерения равноправно существуют в ранней доинфляционной Вселенной, а потом, по мере остывания и расширения Вселенной, свертываются (компактифицируются), оставляя только три пространственных и одно временное измерение. Таким образом, общая теория относительности Эйнштейна оказывается низкоэнергетическим приближением теории суперструн.

M-теория требует уже одиннадцати измерений для своего непротиворечивого математического описания. Она является обобщением теории суперструн в том смысле, что помимо самих струн (одномерных объектов) содержит и элементы более высоких размерностей – поверхности (p-браны) и трехмерные структуры. M-теория сейчас проходит этап становления.

Теория суперструн, как и любая другая физическая теория, для своего подтверждения требует наблюдательных и экспериментальных данных. Но мы, очевидно, можем оперировать только с четырьмя измерениями. Так как мы не наблюдаем проявлений дополнительных измерений, они должны быть очень малыми, как в случае моделей с компактификацией (модели Калуцы–Клейна). Малый радиус дополнительных измерений означает, что они должны проявлять себя только при сверхвысоких энергиях, какие реализовывались в ранней Вселенной. Не исключено, что существуют и протяженные дополнительные измерения, с которыми наша четырехмерная Вселенная может взаимодействовать гравитационно или обмениваться какими-либо гипотетическими частицами.

В случае Калуцы–Клейна, дополнительные измерения формируются в виде многообразий M. Знание топологии таких многообразий дало бы нам сведения о геометрической структуре пространства-времени очень ранней доинфляционной Вселенной, когда ее топология яростно кипела и бурлила, когда сменялись фазовые состояния пространства, подобно тому, как возникают пузыри новой, газообразной фазы в кипящей смоле. Но кипящая смола – это материя, а в ранней Вселенной кипело само пространство, тогда никакой материи еще не было, материя родилась позже, из энергии, вырвавшейся из этой скрученной сложнейшей геометрии пространства.

Какова же допустимая теорией структура многообразия M? Решениями уравнений движения теории суперструн являются так называемые многообразия Калаби-Яу. В простейшем случае такие многообразия представляют собой торы. Согласно последним теоретическим исследованиям, многообразий Калаби-Яу очень много. Такое изобилие связано с тем, что, во-первых, конфигурация шести дополнительных измерений может быть различной. Кроме того, для каждого из измерений существуют непрерывные семейства указанных многообразий, с непрерывно меняющимися объемами и формой.

Поля, соответствующие многообразиям Калаби–Яу [9], в четырехмерном пространстве-времени являются безмассовыми (это так называемые поля-модули). Эти поля могут взаимодействовать между другими полями теории, что приводило бы к появлению ненаблюдаемых эффектов в наших четырех измерениях, таких как зависимость констант связи от времени, появления «пятой силы». Поля-модули оказалось возможным зафиксировать, отбросив физически нереализуемые решения, исходя из последних данных по ускоренному расширению нашей Вселенной.

Однако возникла проблема «космологической постоянной». Ее величина соответствует минимальному значению потенциала четырехмерного эффективного струнного действия – четырехмерной вакуумной энергии. Это действие зависит от многообразий высших размерностей. Таким образом, энергия дополнительных измерений может объяснить значение современной «космологической постоянной». Проблема заключается в том, что, поскольку пространство дополнительных измерений имеет множество различных конфигураций (многообразий Калаби–Яу), то значений струнного вакуума многомерного потенциала может быть много. Множество таких возможных вакуумов называется ландшафтом в космологии, основанной на теории суперструн. Каждый из таких вакуумов соответствует нарушенной симметрии. Это нарушение происходило по-своему в каждом домене Мультимира в результате его расширения и остывания.

Теория суперструн и М-теория делают попытку объяснить теорию инфляции и показать, каким образом образовывались причинно-несвязанные друг с другом домены Мультимира. Теоретическая физика пытается дать ответ на самый сложный вопрос «почему». Почему в раннем Мультимире была эпоха инфляции?

Симметрия теории суперструн нарушилась, породив множество стабильных (и квазистабильных) состояний, каждому из которых соответствует самостоятельно эволюционирующий домен Мультимира. Каждая такая вселенная соответствует различным устойчивым вакуумным состояниям.

Типичный минимум потенциала в теории суперструн – это величина, пропорциональная четвертой степени энергии струны, то есть порядка планковской массы. Согласно наблюдательным данным, эта величина отличается от наблюдений на 120 порядков! Но, поскольку набор энергий вакуума есть величина, распределенная случайным образом, из этого набора можно подобрать величину космологической постоянной, соответствующей реальным данным. Остается вопрос, почему именно этот минимум из множества возможных реализовался в нашей Вселенной. Ответ на этот вопрос дается, например, антропным принципом.

Таким образом, теория суперструн предоставляет нам целый «зоопарк» моделей ранней Вселенной. Выбор реальной модели обусловлен нашим умением работать в четырехмерном пространстве-времени вместо 10- или даже 11-мерного, умением правильно объяснить структуры дополнительных измерений.

Теория суперструн и М-теория пытаются дать ответ и на вопрос о происхождении самого Мультимира. Так, это могло произойти в результате столкновения двух многомерных поверхностей. Каждая из них обладала сложной фрактальной структурой, и их взаимодействие положило начало образованию целого семейства Вселенных.

Наука космология сумела поставить себе на службу астрономию, теоретическую физику, физику элементарных частиц, физику сверхвысоких энергий, сложнейшую математику. Этот список вовлекаемых наук все растет. Ведь для того, чтобы понять, как образовалась наша Вселенная, необходимо объединение различных подходов естествознания. Предстоит еще долгий путь, но какие захватывающие перспективы открываются перед исследователями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Структура и эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1975.
2. *Сажин М.В.* Космология двадцатого века // *Астрономический календарь*. – М.: Космоинформ, 1999. – С. 243.
3. *Окунь Л.Б.* Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988.
4. *Вейнберг С.* Первые три минуты. – М.: Энергоиздат, 1981
5. *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.* Космология ранней Вселенной. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
6. *Сажин М.В.* Современная космология в популярном изложении. – М.: Едиториал УРСС, 2002.
7. *Сажин М.В.* Открытие микролинзирования в гало нашей Галактики // *Природа*. – 1994. – № 11. – С. 17.
8. *Черепашук А.М.* Гравитационное микролинзирование и проблема скрытой массы // *Энциклопедия «Современное естествознание»*. Т. 4. – М.: МАГИСТР ПРЕСС, 2000. – С. 240.
9. *Яу Ш., Надис С.* Теория струн и скрытые измерения. – СПб.: Изд-во Питер, 2013.
10. *Горбунов Д.С., Рубаков В.А.* Введение в теорию ранней Вселенной. Т. 1. – 2008; Т. 2. – 2009. – М.: URSS.
11. *Вэйнберг С.* Космология. – М.: URSS, 2013.

MODERN COSMOLOGY

M.F. Sazhin, O.S. Sazhina

This article examines the development and current state of cosmology as a science of the Universe. Discussed are the observation tests and methods of cosmology such as supernova stars, relict radiation, and the large-scale structure, as well as issues of theoretical cosmology, namely, the theory of inflation and the multidimensional structure of space-time of the early Universe.

Key words: cosmology, large-scale structure, dark matter, dark energy, relict radiation, accelerated expansion, inflation, multidimensional cosmological theories.

МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОСМОЛОГИИ В НАУЧНОЙ ШКОЛЕ Я.Б. ЗЕЛЬДОВИЧА

Вл.П. Визгин

Институт истории естествознания и техники РАН

В статье рассматриваются метафизические аспекты космологии в трудах Я.Б. Зельдовича и его астрофизической школы. Эти труды стали выдающимся вкладом в мировую космологическую науку в 1960–2000-е годы. Метафизические аспекты космологии были связаны с понятиями Вселенной, ее сингулярного начального состояния, ее поведением на планковских масштабах, концепцией Большого взрыва и т. д. Показано, что в процессе развития космологии ряд метафизических вопросов переходил в разряд физических вопросов, но при этом возникали новые метафизические проблемы. Исследуется также астрофизическая школа Я.Б. Зельдовича, ее исследовательская программа, достижения и представления о метафизических аспектах космологии, свойственные этой школе.

Ключевые слова: космология, метафизические аспекты космологии, Вселенная, сингулярность, Большой взрыв, инфляция, Мультиверс (Метавселенная), Я.Б. Зельдович, научная школа.

Рассмотрение различных типов космологических моделей, претендующих на описание Вселенной вблизи начала космологического расширения... подводит нас к фундаментальному вопросу: можно ли по данным всех возможных сейчас наблюдений, используя законы физики, однозначно восстановить прошлое Вселенной, в том числе и самые ранние стадии расширения, саму сингулярность и эпоху «до расширения» (если это выражение имеет смысл)?

Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков [1. С. 24]

Вопрос о структуре мира как целого является одной из важнейших проблем, лежащих на грани между естественными науками и философией.

Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков [1. С. 675]

...Сам этот факт (т. е. факт расширения Вселенной. – В.В.) полностью изменил характер дискуссий о том, имела ли Вселенная начало и будет ли она иметь конец. Теперь это не просто метафизический вопрос... Вполне возможно, что начало или конец Вселенной имеют вполне реальную физическую основу.

С. Хокинг [2. С. 95]

Я.Б. Зельдович начал создавать свою группу из астрофизиков в 1961 г. К 1964 г. она уже превосходила любую другую группу теоретиков-астрофизиков в мире.

К. Торн [3. С. 287]

Введение

Современная космология – одно из самых замечательных достижений науки XX – начала XXI в. Она возникла и до сих пор развивается на грани между тремя областями знания: астрономией (наблюдательно-эмпирический слой), теоретической физикой (теоретический слой) и философскими принципами (метафизический слой). Наиболее мощное развитие она получила в 1960–2000-е гг. в одном блоке с релятивистской астрофизикой звезд и галактик. Отечественные астрофизики и космологи здесь были в самых первых рядах. Поскольку теоретической базой астрофизики и космологии оказалась релятивистская теория гравитации, или общая теория относительности (ОТО), основной вклад в теоретическую науку о Вселенной внесли специалисты по теории гравитации и тем самым отечественные гравитационные школы, связанные с именами Л.Д. Ландау, И.Е. Тамма, В.А. Фока, Д.Д. Иваненко и особенно Я.Б. Зельдовича.

Конечно, фундаментальные физические теории от классической механики до квантовой электродинамики, ОТО и стандартной модели в физике частиц всегда, так или иначе, при своем возникновении или утрате своего значения были связаны с философскими, или метафизическими, проблемами. И космология в этом отношении не является исключением. Но она со времени А. Эйнштейна и А.А. Фридмана вышла на новый пласт метафизических проблем, поскольку ее предмет – это Вселенная в целом. Именно она настоятельно требует синтеза гравитации и квантов, именно в ней появляются сингулярные состояния, именно в ней наблюдения и теория выводят нас на принципиально ненаблюдаемые объекты (Метавселенная, Мультиверс и т.п.).

Наиболее значительный отечественный вклад как в саму космологию, так и в обсуждение ее метафизических аспектов внес один из главных теоретиков советской ядерно-оружейной программы Яков Борисович Зельдович, создавший в 1960-е годы мощную научную школу релятивистской астрофизики и космологии. Достижения Зельдовича и его школы заслужили мировое признание. В трех капитальных монографиях Я.Б. Зельдовича и И.Д. Новикова, опубликованных с интервалом в четыре года (1967, 1971 и 1975 гг.), метафизические аспекты космологии затрагиваются достаточно основательно и нетривиально. Представители этой школы и в последующие (1980–2000-е) годы, разрабатывая идеи Зельдовича, приняли участие в новейшем развитии космологии. Мы имеем в виду работы А.А. Старобинского, А.Д. Линде, В.Н. Лукаша и др. по инфляционной космологии, которая оказалась связанной с новым кругом метафизических проблем.

Изучение «космологической метафизики» проводится нами по двум основаниям, имеющим историческое измерение. Во-первых, мы рассматриваем именно историю этой проблематики, относящуюся в основном к 1960–1980-м годам. Во-вторых, основное внимание мы сосредоточиваем именно на достижениях научной школы релятивистской астрофизики Я.Б. Зельдовича. Поэтому сначала мы кратко рассмотрим эту школу. Затем расскажем о развитии космологии и ее метафизических аспектов, рассмотрев три главных временных среза: 1920–1930-е, 1960-е и 2000-е гг. И после этого займемся анализом этих аспектов в школе Зельдовича в 1960-е и затем 1970-е гг. Наш анализ завершим беглым рассмотрением инфляционной космологии (1980–2000-е гг.), в которую вклад учеников Зельдовича весьма значителен.

Два слова об эпитафиях. Первые два – из монографии Зельдовича и Новикова. В них очерчены ключевые метафизические проблемы космологии, находящиеся на стыке между физикой и астрономией. Эпитафия из статьи С. Хокинга взят потому, что он использует «метафизическую» терминологию; Зельдович и Новиков же говорят о философии. Наконец, мы сочли нужным привести высказывания известного специалиста по теории тяготения и релятивистской астрофизике К. Торна о мировом лидерстве школы Зельдовича в этой области.

О научной школе Я.Б. Зельдовича в области релятивистской астрофизики и космологии

Из упомянутых выше отечественных гравитационных школ заслуживают внимание также школы Л.Д. Ландау и И.Е. Тамма, точнее, небольшие подшколы или даже отдельные их представители, которые внесли определенный вклад в космологию. Мы имеем в виду подшколу Е.М. Лифшица и И.М. Халатникова (также ведущие фигуры в общетеоретической школе Ландау) и представителей общетеоретической школы Тамма: В.Л. Гинзбурга, М.А. Маркова и А.Д. Сахарова.

В отличие от них группа Я.Б. Зельдовича быстро выросла в подлинную научную школу в области теоретической релятивистской астрофизики и космологии, которая наиболее полно удовлетворяет основным критериям научной школы и потому может быть названа образцовой или идеальной, научной школой [4, 5].

Эту образцовость школы Зельдовича обусловили некоторые черты личности лидера и особенности формирования школы. Я.Б. Зельдович был ведущим теоретиком советского атомного проекта, внес огромный вклад в создание ядерного оружия, за что был удостоен трех звезд Героя Социалистического Труда (в 1949, 1953 и 1956 гг.), а в 1958 г. был избран в АН СССР. «Работа в области теории взрыва, – писал он в «Автобиографическом послесловии» к изданным в 1985 г. «Избранным трудам», – психологически подготавливала к исследованию взрывов звезд и самого большого взрыва –

Вселенной как целого» [6. С. 442]. К концу 1950-х гг. основные задачи по созданию термоядерного оружия были решены и интересы Я.Б. Зельдовича все больше сосредоточивались на гравитации и астрофизике. В 1959 г. его можно было встретить на лекциях Л.Д. Ландау, которого он считал своим учителем, на физфаке МГУ. ОТО он изучал по «Теории поля» Ландау и Лифшица. В 1959–1960 гг. начал работу его семинар в Сарове по новой тематике, в котором участвовали саровские теоретики, такие маститые, как Д.А. Франк-Каменецкий, А.Д. Сахаров, Н.А. Дмитриев, и более молодые М.А. Подурец, В.С. Пинаев и др. Первыми учениками за пределами Сарова стали А.Г. Дорошкевич и И.Д. Новиков (1960-1962). Вскоре, в 1966 г., когда он уже перешел в Институт прикладной математики АН СССР и возглавил отдел релятивистской астрофизики в Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга (ГАИШ), его группа насчитывала более 10 человек (помимо Новикова и Дорошкевича также Б.В. Комберг, Г.С. Бисноватый-Коган, Р.А. Сюняев, Д.К. Надежин, В.С. Имшеник, В.М. Дашевский, В.М. Чечеткин и др.).

Удачным был и выбор направления исследований, поскольку с начала 1960-х набирает силу релятивистская астрофизика и космология и лавина наблюдательных открытий: начинается «золотой век» теоретического изучения черных дыр (с 1962 г. – по Торну), открывают квазары, реликтовое излучение, предпринимаются попытки экспериментальной регистрации гравитационных волн и т. д. Открытие реликтового излучения подтвердило теорию горячей Вселенной, которая легла в основу реалистического варианта теории Большого взрыва.

Приведем высказывание А.Д. Сахарова, занимавшегося вместе с Зельдовичем созданием отечественного термоядерного оружия, а затем также переключившегося на физику элементарных частиц и астрофизику, о Зельдовиче не только как теоретике, но и как лидере научной школы мирового уровня: «В последние 25 лет жизни астрофизика и космология занимали центральное место в мыслях Зельдовича и его учеников. Он был всемирно признанным лидером в этой области – за исключительную ясность и конкретность физического мышления, за интеллектуальную смелость как физика-теоретика, которая проявлялась с одинаковой легкостью по отношению к физическим законам и теоретическим методам: к образованию колец Лизеганга в аэродинамической трубе, к грандиозным процессам взрывов сверхновых с образованием нейтронных звезд или черных дыр, и даже к более экстремальным процессам космологии ранней Вселенной; за его близость к наблюдениям» [7. С. 112]. И далее: «Влияние его на учеников поразительно; он часто открывал в них способность к научному творчеству, которая без него не реализовалась бы... Важным фактором тут был его научный стиль, индивидуальность – колоссальная энергия, чувство нового в науке, интуиция, стремление к теоретической простоте и элегантности, его научная честность и готовность признать собственную ошибку или приоритет и правоту другого» [Там же. С. 114].

Еще несколько обстоятельств обусловили поразительные научные успехи школы. Во-первых, она находилась в тесном контакте с теоретиками из школ Ландау (прежде всего, с Е.М. Лифшицем и И.М. Халатниковым) и И.Е. Тамма (В.Л. Гинзбургом, А.Д. Сахаровым, М.А. Марковым и др.). С большинством из них Зельдович был хорошо знаком по совместной работе в атомном проекте. Плодотворным было и взаимодействие с астрономами ГАИШа. Так, в этом институте с 1965 г. работал знаменитый Объединенный астрофизический семинар под руководством Зельдовича, Гинзбурга и И.С. Шкловского (ОАС). Во-вторых, это взаимодействие подчеркивало нацеленность школы на наблюдения, эксперимент. «В группе Зельдовича, – вспоминал впоследствии один из его учеников В.Н. Лукаш, – доверяли только эмпирике. Понимали, что надо развивать эксперимент и методы обработки, будут новые данные, тогда и с моделью продвинемся. Именно в то время появился термин «наблюдательная космология...» [8. С. 114]. И, в-третьих, стиль работы (включая темп, энергию, концентрацию и координацию усилий) был таков, что, казалось, группа занимается созданием нового «изделия», от которого зависит судьба страны (то есть стиль, характерный для работы физиков в атомном проекте).

Исследовательская программа школы, связанная с выбранным направлением, заключалась в разработке «теории образования «черных дыр» и нейтронных звезд при эволюции обычных звезд, выделения энергии и излучения рентгеновских лучей при падении вещества на черные дыры; ... теории эволюции «горячей» Вселенной, свойств реликтового излучения, теории образовании галактик и крупномасштабной структуры Вселенной, инфляционной теории ранней Вселенной» [6. С. 14] на основе ОТО, фридмановской концепции расширяющейся Вселенной и в опоре на новейшие наблюдательные данные астрофизики. Конечно, проблемы инфляционной теории относятся к тому времени, когда школа Зельдовича, просуществовавшая почти двадцать лет, фактически распалась. Великими праотцами этой программы и релятивистской астрофизики и космологии в целом он считал Эйнштейна и А.А. Фридмана (труды их были изданы в серии «Классики науки» как раз в середине 1960-х гг.), а своим учителем – Л.Д. Ландау, теоретическая универсальность которого была ему особенно близка.

Что касается научного стиля, характерного для Зельдовича и его школы, то он был скорее физико-теоретический (в отличие от математического стиля таких гравитационистов, как В.А. Фок и А.З. Петров), с опорой на теснейшую связь с наблюдениями и экспериментом. Атмосфера постоянного коллективного штурма была доминирующей чертой этого стиля. Демократичность, человечность, абсолютная преданность научному исследованию, принципиальность создавали неповторимую атмосферу этого штурма. Как и Ландау, Зельдович был выдающимся учителем. Обо всем этом свидетельствуют воспоминания его учеников [9].

Достижения и беспрецедентная результативность школы отмечены К. Торном (см. эпиграф). Добавим, что с интервалом в четыре года вышло

три огромных (600-700-страничных) монографии Зельдовича и И.Д. Новикова по релятивистской астрофизике и космологии (в 1967, 1971 и 1975 гг.), отражающие значительный вклад всей советской науки, и прежде всего школы Зельдовича, в бурно развивавшуюся в те годы релятивистскую астрофизику и космологию [10, 11, 1]. В школе выросла «по меньшей мере дюжина блестящих докторов наук – теоретиков, имена которых широко известны» [12. С. 290].

«...Ни один теоретик второй половины двадцатого века, – писал в конце своих воспоминаний о Зельдовиче и о его школе К. Торн, – не имел большего влияния на наше понимание астрофизической Вселенной, чем Зельдович. Большая часть этого вклада обусловлена его собственными исследованиями, но еще большая – исследованиями других ученых, которые были стимулированы дискуссиями с Зельдовичем (как в случае с Хокингом) или его печатными трудами» [13. С. 376].

Метафизические аспекты космологии в 1930-е, 1960-е и 2000-е гг.

А.А. Зельманов в середине 1960-х гг. определял космологию как «физическое учение о Вселенной как целом, включающее в себя теорию всего охваченного астрономическими наблюдениями мира как части Вселенной» [14. С. 321]. И это означало, что «в основе космологии лежат сведения троякого рода. Во-первых, это – эмпирические, главным образом астрономические, данные. Во-вторых, это законы физики, иначе говоря, основные физические теории. В-третьих, это – философские принципы» [Там же]. Разъясняя смысл этих философских принципов, или же метафизических концепций космологии, Зельманов имел в виду «принцип материалистического монизма» и, так сказать, принцип экстраполябельности выводов, полученных на основе «известной нам части вселенной», далеко за пределы этой части. Критерием истинности этих выводов он предлагал считать «их сохранение при смене основных физических теорий, лежащих в основе космологии, новыми, более общими и, следовательно, опирающимися на несравненно более обширный круг фактов» [Там же].

Космология, возникшая на основе применения ОТО к описанию Вселенной, уже в 1920-е годы породила целую серию моделей (статические миры Эйнштейна и В. де Ситтера, нестационарные миры А.А. Фридмана и Ж. Леметра и др.), претендующих на наиболее адекватное описание физико-астрономической реальности. При этом она сразу же включилась в общий физико-философский диалог между теорией, экспериментом и понятием реальности [14].

Понимание этого соотношения во многом определялось и философскими позициями космологов 1920-х гг.: самого Эйнштейна, А.А. Фридмана, А.С. Эддингтона, Дж. Джинса и др. (материализм, платонизм, «селективный субъективизм» и т. п.). Наиболее обстоятельно собственно метафизические аспекты космологии обсуждались в превосходной книге Р. Толмена (1934),

«по которой учились уже несколько поколений физиков» [15. С. 13]. Граница астрофизики и метафизики проходит там, по его мнению, где, во-первых, мы распространяем наши представления за пределы наблюдаемой Вселенной (а это расстояния порядка 300 млн световых лет) и, во-вторых, тогда, когда мы экстраполируем фундаментальные физические теории в области экстремальных энергий, кривизны пространства-времени, плотности материи и т. п. Кроме того, космолог «ввиду неопределенности данных наблюдения» вынужден «поневоле ограничивать себя в основном анализом космологических *моделей*» (курсив Толмена. – В.В.) [15. С. 337–339]. При этом, «построив модель, в которой удачно объясняются и связываются между собой явления, наблюдаемые в современной Вселенной, мы сможем позволить себе сделать осторожные экстраполяции как в будущее, так и в прошедшее и при этом получить не слишком ошибочные представления относительно прошлой и будущей истории окружающей нас части Вселенной» [Там же. С. 459].

Толмен все время говорит о сопоставлении моделей с реальным миром, занимая, таким образом, вполне материалистическую позицию. При этом особое внимание заслуживает высочайшая степень осторожности в отношении экстраполяции этих моделей в далекое как прошлое, так и будущее. Интересны «два замечания несколько нефизического свойства», то есть, по существу, метафизических. Речь идет о метафизических аргументах в пользу закрытой и открытой моделей. «Во-первых, – пишет Толмен, – может показаться убедительным» аргумент Леметра в пользу закрытой, то есть конечной, модели, которая «оптимистическая и поэтому ее следует принять, поскольку бесконечную Вселенную нельзя рассматривать во всей ее совокупности как объект, поддающийся научному исследованию. С другой стороны, однако, вся прошлая история науки не дает никакого основания надеяться, что ее поле деятельности может быть когда-либо ограничено. На самом деле целью науки всегда было стремление ко все расширяющему горизонту. Поэтому априорные доводы в пользу открытой модели могут оказаться одинаково убедительными» [15. С. 498].

Книга заканчивается целой серией метафизических замечаний и предостережений, которые начинаются вместе с тем с признания научности и успехов космологии: «...Изучение моделей все же принесло нам пользу, так как обогатило нас знаниями относительно мыслимых возможностей и дало нам приближенную теорию, которая уже сейчас довольно успешно связала между собой многие явления реального мира». И все же «в космологии нужно быть очень внимательным, чтобы не пойти по пути авантюристического образа мышления и не позволить себе удовольствия приписывать природе желаемое вместо действительного... Нужно быть очень осторожным, чтобы привлекательные результаты некоторых простых математических моделей не заслонили больших сложностей реального мира... Нужно следить за тем, чтобы наши суждения не были заражены теологическими воззрениями и не были подвержены влиянию человеческих страхов и надежд. Откры-

тие моделей, начинающих расширяться от сингулярного состояния с нулевым объемом, нельзя выдавать за доказательство того, что наша Вселенная была создана в какое-то определенное время в прошлом. Точно так же открытие моделей, которые могут расширяться и сжиматься необратимым образом, никогда не достигая окончательного состояния с максимальной энтропией и вечным покоем, нельзя выдавать за доказательство того, что реальная Вселенная всегда будет представлять собою сцену для будущей деятельности человека». Все эти метафизические (и методологические) предостережения заканчиваются замечательным эмоциональным призывом: «К проблемам космологии следует относиться с чувством уважения к их большому значению, с чувством благоговения перед их обширностью и восхищения перед человеческим разумом, пытающимся разрешить их», сохраняя при этом приверженность присущим всякому физическому исследованию экспериментально-теоретическому подходу и «кропотливым критическим и бесстрастным методам ученого» [15. С. 502]. Так заканчивается последний параграф книги, название которого также заслуживает того, чтобы его привести: «Наша окрестность как образ Вселенной в целом».

Близиких воззрений на отношение космологии к реальной Вселенной придерживался и М.П. Бронштейн [16; 17], полагавший вместе с тем что космология Фридмана–Леметра не может быть правильной, поскольку ряд параметров она заимствует из наблюдений, опирается на симметричные по времени уравнения ОТО, а также не принимает во внимание квантовый характер явлений в начальной стадии расширения или конечной стадии сжатия. «Поэтому на самые существенные вопросы о мире как целом мы вынуждены пока ответить незнанием, и физическая теория еще должна пройти длинный и трудный путь, прежде чем эти вопросы смогут быть надлежащим образом поставлены и разрешены» [17. С. 215].

Обсуждая метафизические (или философские) аспекты космологии, мы здесь не будем затрагивать волну идеологических нападков на нее, поднявшуюся в СССР во второй половине 1930-х гг. и продолжавшуюся до середины 1950-х гг. «С 1938 г. сторонников теории расширяющейся Вселенной называли, случалось, “агентурой леметрианства”» [18. С. 254]. И хотя Ж. Леметр был аббатом, а впоследствии и президентом папской академии наук в Ватикане, он не связывал космологию с религией, в отличие, скажем, от папы Пия XII, который в начале 1950-х гг. действительно пытался истолковывать теорию расширяющейся Вселенной и вывод о ее конечном возрасте в духе божественного творения.

На рубеже 1950 и 1960-х гг. положение в космологии несколько изменилось в связи с появлением теории горячей Вселенной Дж. Гамова и альтернативной концепции спонтанного рождения вещества Х. Бонди, Т. Голда и Ф. Хойла. На теоретическом семинаре по важнейшим проблемам астрофизики в Тарту в июле 1962 г. Я.Б. Зельдович так оценивал это положение: «Пожалуй, ни в одной области науки, кроме космологии, нет такого количества произвольных и ошибочных теорий, сосуществующих одновременно с

правильной теорией (из контекста ясно, что правильной он считал нестационарную космологию однородной Вселенной Фридмана. – *В.В.*)» [19. С. 38]. Причину этого он видел в том, что «в области космологии не только не возможен эксперимент в духе физической лаборатории, что является общим свойством астрономии, но к тому же и объект изучения – Вселенная – является единственным». А слабость наблюдательной базы ведет к тому, что «в космологии особенно часто происходит навязывание природе тех или иных предвзятых точек зрения» [Там же].

В конце доклада Я.Б. Зельдович затронул еще один метафизический вопрос о двух, до некоторой степени полярных подходах, или стратегиях, к космологическим исследованиям. Первая стратегия «заключается в попытке вывести максимум следствий, объяснить максимальное число явлений на основе известных в данный момент законов физики». Другая стратегия «заключается в поисках новых законов, в поисках отклонений от известных законов» [Там же. С. 58]. Сам Зельдович, несомненно, сторонник первой стратегии. Он верит в силу и мощь квантово-релятивистских теорий: «Есть огромный пафос в задаче описания всего разнообразия наблюдаемых явлений и общих закономерностей Вселенной на основе существующих законов физики, установленных лабораторным экспериментом и теоретическим анализом» [Там же]. Что касается второй стратегии, то она, по его мнению, допустима, но только с учетом принципа соответствия, в результате которого «резко сузилась возможность романтических наскоков, изменяющих установленные законы»: «...новая теория возможна лишь в том случае, если в области применения старых теорий... новая теория совпадает со старой» [Там же].

Очень сдержанной в отношении космологии была позиция одного из выдающихся отечественных специалистов по теории гравитации В.А. Фока. Хотя он и признавал, что «изложенная здесь теория А.А. Фридмана является важным шагом в изучении пространств космических масштабов», ему казалось важным предостеречь исследователей от преувеличения значения релятивистской космологии: «Прежде всего, неправильно видеть в нем (то есть в решении Фридмана. – *В.В.*) какую-то модель мира в целом»; такая точка зрения представляется неудовлетворительной в философском отношении. Пространство Фридмана–Лобачевского может, самое большее, служить фоном для ограниченного числа галактик... Сама применимость уравнений Эйнштейна в их классическом виде к таким огромным пространствам не является столь бесспорной, как их применимость в более ограниченных масштабах. Не исключено, что для космических масштабов эти уравнения потребуют изменения или обобщения» [20. С. 495].

С середины 1960-х гг. и вплоть до 2000-х в космологии произошло несколько революционных прорывов, в результате чего ее научный статус (даже в сверхмалых и сверхбольших пространственно-временных масштабах) резко возрос.

Первым прорывом было обнаружение реликтового (космического микроволнового) излучения в 1965 – «одного из самых важных научных открытий двадцатого века» [21. С. 115]. При этом «самое важное, – как говорил С. Вайнберг, – ...заключалось в том, что это открытие заставило нас всерьез отнестись к мысли, что ранняя Вселенная была» [21. С. 124]. Теория горячей расширяющейся Вселенной, предложенная Дж. Гамовым и объяснившая синтез элементов, подтвердилась. Примерно тогда же начался «золотой век» черных дыр [3], последовала серия открытий – квазаров, пульсаров и др.

В конце 1960-х С. Хокинг и Р. Пенроуз доказывают теорему о неизбежности сингулярности в ОТО, а также то, что в начале Большого взрыва наша Вселенная должна была находиться в состоянии сингулярности. Проблемы рождения Вселенной, эволюции Вселенной в окрестности сингулярности в пространственно-временных масштабах, близких к планковским, а также поиски моделей, в которых нет сингулярности, – это тот круг метафизических вопросов, которые были в центре внимания космологов в 1960-е гг.

Второй прорыв носил теоретический характер и был связан с разработкой инфляционной стадии в ранней эволюции Вселенной (начало 1980-х – А. Гут, А.Д. Линде, А.А. Старобинский). Третий важный сдвиг случился в 1990-е – это открытие так называемой анизотропии реликтового излучения (надежные измерения относятся к 1998–1999 гг., а ее обнаружение – к 1992 г.). Тогда же, то есть в 1998–1999 гг., две большие группы астрономов, изучая вспышки сверхновых звезд в далеких галактиках, пришли к выводу об ускоренном расширении Вселенной, которое наиболее естественным образом объяснялось космическим антигравитирующим вакуумом и, соответственно, наличием в уравнениях Эйнштейна космологической постоянной Λ («темная энергия»).

Примерно тогда же астрономы и космологи утвердились в существовании гравитирующей «темной материи» небарионного типа. А.А. Старобинский в 2005 г. (в «Послесловии» к книге Дж. Лидсея «Рождение Вселенной») писал: «...замечательным достижением последнего десятилетия XX века стало превращение космологии в стандартную точную экспериментальную науку... в которой дальнейшее развитие идет по обычной схеме. Именно исходя из тех или иных фундаментальных микроскопических физических моделей строятся феноменологические космологические модели, которые ведут к экспериментально проверяемым предсказаниям. Астрономические наблюдения и земные или околоземные эксперименты либо подтверждают, либо опровергают эти предсказания, в последнем случае, естественно, такая модель отбрасывается» [22. С. 164].

Казалось бы, «метафизический сектор» в космологии 1990–2000-х гг. существенно сократился, но вышло так, что, сократившись в одном отношении, он приобрел «новое измерение», связанное с концепцией Мега-Вселенной, или Мультиверса. Эта концепция возникла на пути развития инфляционной космологии, когда в работах Линде, Старобинского и других с середины 1980-х гг. стал разрабатываться вариант «вечной», или «стохастич-

ческой», инфляции, приводящий к выводу о существовании множества других вселенных, аналогичных нашей. И статус последних оказывается метафизическим в том отношении, что они оказываются ненаблюдаемыми. «Мы не можем видеть эти другие вселенные, поэтому к новым наблюдательным эффектам это не приводит (или мы еще не научились их находить) – следует признать, что цельная теоретическая картина Мета-Вселенной еще не разработана. Однако, с мировоззренческой точки зрения ясно, что все горячие предыдущие дискуссии об «однократном рождении Вселенной» были наивными. Стало ясно, что наша видимая Вселенная есть лишь одна из возможных реализаций вселенных, которые постоянно происходят в Мета-Вселенной в разных местах пространства...» [22. С. 177]. И далее: «Итак... мы видим, что как мир в целом, так и прошлое нашей Вселенной устроены колоссально сложнее, чем нам представлялось 30 лет назад... Этот фундаментальный сдвиг в космологии и в связанной с ней мировоззренческой картиной мира произошел относительно недавно и еще не проник достаточно в сознание людей» [Там же. С. 178].

Отношение другого теоретика, В.А. Рубакова, к концепции Мета-Вселенной более сдержанное. В одном из интервью на вопрос «Как Вы относитесь к теории Мультиверса?» он сказал: «Вполне может быть. Однако это не столь важно, потому что Мультиверс – это то, что находится далеко за нашим горизонтом. Может быть это и правильно, но как-то мало интересно. Это не то, чтобы совсем не физика. По крайней мере на сегодняшнем уровне понимания, это совершенно непроверяемая гипотеза» [23. С. 21].

В 2011 г. под редакцией В.В. Казютинского вышла обстоятельная книга, написанная ведущими специалистами по философии физики и космологии, которая отражает разнообразие позиций философов науки по метафизическим аспектам космологии начала XXI в. [24]. Вот что писал Казютинский о Мультиверсе: «Не скрою, я испытал большое удовлетворение после появления инфляционной космологии, рассматривая ее как подтверждение своей точки зрения (о том, что «наша Метагалактика – не «все существующее, а лишь ничтожно малая часть мира»). Моя точка зрения не будет поколеблена в случае, если инфляционная космология окажется неадекватной. Для меня важно лишь то, что разные космологические теории... могут претендовать не только на описание Вселенной как Метагалактики, но и предсказывать существование других вселенных, сколько бы их ни было и каковы бы ни были их свойства» [25. С. 40–41].

Многие космологи полагают, что «множественность Вселенных – чистейшая метафизика», но Казютинский считал, что «другие вселенные и сейчас являются объектами *физическими*, а не метафизическими, поскольку они сконструированы средствами теоретической физики, а не философской онтологии» [Там же. С. 43].

**«Космологическая метафизика» в научной школе
Я.Б. Зельдовича, 1960-е годы**

Вернемся к школе Зельдовича и к его первым текстам, в которых существенно затрагивались метафизические стороны космологии. Наиболее полно они были рассмотрены в книге «Релятивистская астрофизика», написанной совместно с И.Д. Новиковым и вышедшей в 1967 г. [10]. Но сначала остановимся на нескольких публикациях, предшествовавших ей [19; 26; 27]. Фрагменты тартуского доклада 1962 г. частично мы уже цитировали выше. В них отмечались такие особенности космологии, как ее «теоретическая избыточность» при одновременном существовании альтернативных теоретических схем или моделей; уникальность предмета изучения (Вселенная существует в единственном экземпляре) и «слабость наблюдаемой базы». Зельдович также подчеркивал доминантную черту подхода к космологии, присущего ему и его школе и связанного с опорой на «известные в данный момент законы физики» в противовес стратегии «поиска новых законов» и «отклонений от известных законов».

Далее он рассматривает некоторые, популярные в то время, альтернативные ОТО и теории расширяющейся Вселенной, концепции и теории, подвергая их критике. Речь идет о теории спонтанного рождения вещества, переменности фундаментальных констант, об использовании принципа Маха. В этой критике Зельдович опирается на «известные в данный момент законы физики». Вот пример такого рода: «...Теории спонтанного рождения противоречат всем принципам физики: закону сохранения энергии, закону сохранения барионов, специальной и общей теории относительности» [19. С. 38]. Работы об изменчивости фундаментальных констант с течением времени «находятся в противоречии с ОТО и т.д.» [Там же. С. 39]. Что касается принципа Маха, то отмечается его несогласуемость с ОТО, а также то, «что прямые опыты начисто отвергают идеи Маха» [Там же].

Июльский выпуск УФН в 1963 г. был почти целиком посвящен 75-летию со дня рождения основоположника нестационарной космологии А.А. Фридмана. В статье Я.Б. Зельдовича метафизические вопросы были затронуты в разделе о «начальном состоянии Вселенной» [26. С. 382–383] и связаны с проблемой сингулярности: «Теория расширяющейся Вселенной ставит вопросы не только перед астрономами-наблюдателями и экспериментаторами, но и перед теоретиками. Главный вопрос формулируется так: из теории Фридмана следует, что был момент, когда плотность вещества во Вселенной была весьма велика... (Как показали исследования Е.М. Лифшица и И.М. Халатникова. – *В.В.*) в самом общем случае особенности (или сингулярности. – *В.В.*) (в частности, бесконечной плотности) в решении не должно быть. Это не исключает возможности существования особенности в начальном условии в прошлом Вселенной...». Далее он формулирует пять вопросов о начальной стадии расширения Вселенной. Особенно метафизично выглядит третий вопрос: «Что было до момента $t = 0$, при $t < 0$ ». «На тре-

тый вопрос, – продолжает Я.Б. Зельдович, – сейчас не только нет конкретного ответа, но нет научного подхода к ответу. Может быть, какое-то слияние ОТО и квантовой теории позволит подойти к этому вопросу. Возможно, однако, и точка зрения, что сам вопрос незаконен, не существует, как не существует в теории относительности вопроса “какое событие было раньше?” для пространственно разделенных событий» [26. С. 383].

Как уже говорилось, в 1965 г. было открыто реликтовое излучение, которое Зельдович рассматривал как решающий аргумент в пользу «горячей» модели Вселенной. Первой реакцией Зельдовича на это открытие была его статья в УФН «Горячая модель Вселенной» [27. С. 237–244]. И в ней существенное внимание уделяется вопросам на стыке физики и метафизики: «Горячая модель ставит задачи огромной важности и трудности перед теоретиками. Сюда относятся прежде всего:

1. Вопрос о том, можно ли построить (с привлечением квантовых представлений) теорию перехода от сжатия при $t \leq 0$ к расширению при $t > 0$.

2. (Вопрос о большой начальной энтропии Вселенной. – В.В.). «Только поняв происхождение большой энтропии, можно будет удовлетворительно ответить на вопрос о том, как получается почти зарядово-симметричное состояние с гигантским числом нуклонов и антинуклонов и в то же время с определенным небольшим перевесом нуклонов». Шестой вопрос особенно метафизичен, хотя Я.Б. Зельдович стремится свести эту метафизичность к минимуму. «... До настоящего времени остается нерешенным самый жгучий вопрос: надо ли представлять себе эволюцию Вселенной как 1) однократное расширение из особого сингулярного состояния, или как 2) однократное сжатие от $t = \infty$, $\rho = 0$ через $t = 0$, $\rho = \infty$ (или 10^{93} г/см³) и последующее расширение, продолжающееся до настоящего времени, или как 3) бесконечная последовательность циклов сжатия и расширения?» [27. С. 241]. Не так легко сделать выбор в пользу одной из этих трех возможностей, поскольку речь идет о сингулярном состоянии и временах, предшествовавших ему! «Каждая из этих гипотез (метафизических по своему существу. – В.В.), – продолжает Я.Б., – согласуется с известными нам законами физики; физические законы являются не связями между ощущениями личности, а объективно существующими закономерностями внешнего мира». Это – философское, по существу материалистическое, кредо Зельдовича. «В полном соответствии с этим и ответ на поставленный вопрос, то есть выбор между различными гипотезами, должен производиться на основе объективного естественнонаучного изучения окружающей нас Вселенной как путем наблюдений, так и путем разработки физической теории с учетом наблюдательных данных» [Там же].

Зельдович пытается наметить физические ответы на эти метафизические вопросы, в частности, путем определения средней плотности вещества Вселенной и в опоре на теорию Фридмана, получившую мощную поддержку в результате наблюдательного обнаружения реликтового излучения. «Эта теория, – замечает он дальше, – оправдывается для состояний, все более

близких к сингулярному», а «свойства реликтового излучения при этом позволяют глубже заглянуть во Вселенную, проверить и прямо подтвердить основы современных космологических взглядов – изотропию и однородность практически всей доступной наблюдению части Вселенной» [27. С. 243].

В апреле 1967 г. была закончена обширная монография «Релятивистская астрофизика», написанная совместно с И.Д. Новиковым, одним из первых представителей школы Зельдовича, и увидевшая свет в конце этого же года [10]. В предисловии авторы замечают, что «при написании книги существенную помощь оказали сотрудники нашей группы А.Г. Дорошкевич, Б.В. Комберг, Г.С. Бисноватый-Коган, Р.А. Сюняев, Д.К. Надежин, В.С. Имшеник, В.М. Дашевский, В.М. Четкин» [10. С. 11–12]. Это говорит о том, что теоретическая группа Зельдовича к этому времени насчитывала не менее 10 человек. Собственно космологии был посвящен раздел IV, охватывающий немногим менее, чем половину книги.

Метафизические рассуждения здесь начинаются с терминологического примечания: «Мы употребляем общепринятый в космологической литературе термин “Вселенная” или “Мир” для обозначения окружающего нас мегамира, не останавливаясь на философском анализе различных смыслов, которые вкладываются в это понятие в физической, астрономической и философской литературе. Везде в дальнейшем речь идет о конкретных физических свойствах окружающего нас мегамира и физико-математических моделях его» [10. С. 387]. Двойной нетривиальный метафизический смысл этого, казалось бы, терминологического вопроса виден из фрагмента воспоминаний Л.П. Грищука: «Помню, в одной нашей давней совместной работе Яков Борисович предлагал везде заменить слово “Метагалактика” на “Вселенная”. Я осторожно писал Метагалактика, имея в виду наблюдаемую часть Вселенной и тем самым как бы не желая связываться со сложным понятием “Вселенная”. Яков Борисович высказал подозрение, что это – страх перед философами и уступка им. Он предлагал не бояться сразу говорить о Вселенной. Отчасти это отражало наше конкретное понимание того, как устроен мир. Казалось самым простым и естественным, что он везде таков, каким мы его видим в нашей области» [28. С. 301].

Безусловно, один из главных вопросов, находящийся на границе физики и метафизики, – это вопрос о начальных условиях: «Выбор сингулярных начальных условий (бесконечная плотность) является естественным выходом. В этом случае можно надеяться, что в сингулярной точке квантовые эффекты или какие-то другие факторы, не работающие в обычных условиях, решат или снимут вопрос о том, что было до сингулярной точки» [10. С. 387]. Обсуждая проблему сингулярности, авторы ссылаются на недавние работы Е.М. Лифшица и И.М. Халатникова, А.Л. Зельманова, Р. Пенроуза и заканчивают это предварительное обсуждение серией метафизических вопросов или вопросов, находящихся, по крайней мере, на стыке физики и метафизики: «Что было раньше десяти миллиардов лет назад, когда началось расширение? Можно ли так ставить вопрос? Было ли вещество раньше, до

состояния большой плотности, в разреженном состоянии. И если да, то каково было это состояние? Чем объясняется высокая удельная энтропия Вселенной? Наконец, почему Вселенная зарядово несимметрична (есть только частицы, но не античастицы)?» [10. С. 393].

Двадцатая глава книги «Прохождение через сингулярное состояние и эпоха до расширения Метагалактики» почти целиком посвящена пограничным проблемам между физикой и метафизикой. Еще раз обсуждаются две точки зрения на начало процесса расширения Вселенной. Первая заключается в том, что «вещество никогда раньше не находилось в состоянии малой плотности» и «тогда исследования состояния “до” лежат пока за рамками современной физики, поскольку соответствующей теории сверхплотного состояния нет». «В будущей теории такого состояния..., – продолжают авторы, – возможно, станут неприменимыми многие привычные нам понятия, в том числе понятие непрерывного метрического пространства. Тогда и сама постановка вопроса может измениться, ибо понятия «до» и «после» станут неприменимы» [Там же. С. 550]. Такая метафизика ведет к тому, что основные характеристики расширяющейся Вселенной (скорость расширения, высокое значение удельной энтропии и др.) придется рассматривать в теории Большого взрыва как начальные условия. «...А это значит, что они никак не объясняются. Такое положение вряд ли удовлетворяет любознательность исследователей» [Там же].

Вторая возможность не менее метафизична: предполагается, что расширению предшествовало сжатие до плотности $\rho \approx 10^{93}$ г/см³. «Конкретная физика» процессов при таких фантастически сверхвысоких плотностях неизвестна, как и процесс перехода от сжатия к расширению. Авторы, рассматривая эту возможность, выдвигают два метафизических предположения: «1) применимость к состоянию “до” известных законов физики, 2) наблюдаемые свойства мира должны быть следствием состояния до начала расширения» [Там же. С. 551].

В последней главе книги «Критика некоторых других космологических направлений» авторы также вынуждены находиться на границе физики и метафизики, поскольку они затрагивают альтернативные теории (прежде всего, теорию стационарной Вселенной, теории, опирающиеся на принцип Маха), проблему направления времени и т. д. Эти альтернативы были взаимосвязаны и выдвигались в основном группой британских астрофизиков Ф. Хойлом, Г. Бонди, Т. Голдом и др. с конца 1940-х до середины 1960-х гг. Позиция авторов «Релятивистской астрофизики» была отрицательной. Так, теория рождения вещества (она же теория стационарной вселенной) была реакцией на некоторые расхождения модели Фридмана с данными о возрасте Вселенной. Позже, в 1950–1960-е гг., эти расхождения исчезли. «По естественным психологическим причинам, – писали авторы книги, – теории (стационарной Вселенной. – В.В.) продолжают существовать, хотя причины, вызвавшие их к жизни, давно исчезли» [10. С. 588].

Первоначальные варианты теории стационарной Вселенной вступали в противоречие с законами сохранения, СТО и некоторыми наблюдательными фактами. Позже Хойл и его коллеги сумели устранить эти противоречия и связали теорию с принципом Маха (что считали ее большим достоинством), а увеличение расстояния между галактиками – с положительным направлением времени. Но, по мнению авторов, введение в новую версию теории скалярного С-поля с отрицательной плотностью энергии вызывало дополнительные трудности. Принцип Маха же, будучи несовместимым с ОТО, не согласовывался с теорией Фридмана, а связывание направления времени с тем или иным конкретным физическим явлением (ростом энтропии или расширением Мегагалактики) принципиально неверно, так как «различие между прошлым и будущим существует в любом процессе», и «направление времени от прошлого к будущему объективно существует в природе, и космология не вносит в эту проблему ничего принципиально нового» [10. С. 594–599].

**Что сохранилось и что изменилось в «космологической метафизике»
Я.Б. Зельдовича к середине 1970-х
(«Строение и эволюция Вселенной», 1975)**

В 1971 г. вышла вторая монография Зельдовича и Новикова «Теория тяготения и эволюция звезд» [11], которая фактически не касалась космологии, хотя там и затрагивались имеющие к ней определенное отношение проблемы сингулярности, релятивистского коллапса и тем самым черных дыр. Поэтому мы сразу перенесемся в 1975 г., когда вышла более чем 700-страничная книга Зельдовича и Новикова, полностью посвященная космологии. За восемь лет, прошедших со времени «Релятивистской астрофизики», в космологии было сделано немало нового, в том числе именно в школе Зельдовича. Выросла и сама школа; помимо названных ранее появились такие специалисты, как Л.П. Грищук, В.Н. Лукаш, А.Г. Полнарев, А.А. Рузмайкин, А.А. Старобинский, С.Ф. Шандарин и др. Вырос и авторитет школы и ее лидера. В 1970 г. Я.Б. Зельдович был избран президентом Космологической комиссии Международного астрономического союза.

Не будем описывать достижения школы Зельдовича в области космологии в этот период, когда были, в частности, доказаны фундаментальные теоремы Р. Пенроуза и С. Хокинга о сингулярностях и существенно продвинута теория черных дыр. Заметим только, что «Я.Б. был один из первых, кто осознал, что вблизи сингулярности должны проявляться квантовые свойства тяготения» и что «при анизотропном начале расширения квантовые эффекты вблизи сингулярности ведут к интенсивному рождению пар частиц-античастиц..., изотропизируя Вселенную» [29. С. 36]. В 1970 г. им же были заложены основы теории крупномасштабной структуры Вселенной, которую он назвал «теорией блинов».

Перейдем к рассмотрению элементов «космологической метафизики» в монографии «Строение и эволюция Вселенной». Прежде всего, авторы более подробно и отчетливо аргументируют свой «здоровый консерватизм», или, как они говорят, «ортодоксальность своей точки зрения» на применимость известных законов физики, прежде всего ОТО, к описанию Вселенной в огромном диапазоне пространственно-временных интервалов и кривизн: «...Вся совокупность теоретических, экспериментальных и наблюдательных фактов говорит о применимости физических законов и общей теории относительности для описания эволюции «почти с самого начала расширения» – с моментов, когда плотность вещества была много больше ядерной..., и до настоящего времени», хотя, «как мы увидим, релятивистская космология приводит к выводу о необходимости в прошлом во Вселенной состояния, в котором вещество имеет огромную плотность, а пространство-время – огромную кривизну, так называемого сингулярного состояния». «В таких ситуациях, – заключают авторы, – ОТО в ее настоящей форме, возможно, уже неприменима» [1. С. 13].

Естественно, что наиболее «метафизичные» вопросы космологии сосредоточены в заключительном V разделе книги «Сингулярность и развитие теории тяготения». На них остановимся несколько подробнее. Авторы в основном сохраняют свою позицию восьмилетней давности о том, что «в необычных условиях вблизи космологической сингулярности должны видоизменяться не только фундаментальные физические законы, но и такие физические понятия, как метрическое непрерывное пространство-время и т. п.», но «что вне таких экзотических условий в диапазоне физических параметров, достигнутых в лаборатории или надежно проверенных исследованиями ближнего космоса, фундаментальные физические законы общеприменимы для описания эволюции Вселенной... Теории, основывающиеся на других предпосылках, критикуются в данной главе», – заключают авторы [Там же. С. 621].

Стремление свести к минимуму «метафизический сектор» космологии по-прежнему характерно для Зельдовича и его школы. Пока последовательного теоретического описания Вселенной в сингулярном состоянии и вблизи него нет, авторы вынуждены рассматривать разные, иногда противоречащие друг другу подходы, содержащие «метафизические элементы». Они указывают рациональный способ их сокращения. «Сосуществование противоположных гипотез в одной книге, – пишут они, – отражает всю трудность вопроса о состоянии Вселенной и заполняющего Вселенную вещества вблизи сингулярности. Последовательное логическое и математическое развитие каждой гипотезы и ее следствий до сопоставления с наблюдениями является единственным способом выяснения истины» [Там же. С. 657].

Так, после детального обсуждения теории стационарной Вселенной, попыток использования принципа Маха, идеи переменности фундаментальных постоянных и т. п. в книге эти гипотезы отвергаются. «По совокупности наблюдательных данных и теоретических соображений теория стационар-

ной Вселенной может считаться опровергнутой», – делают выводы Зельдович и его соавтор, замечая впрочем: «Надо отдать должное интеллектуальной смелости ее авторов; дискуссии вокруг теории СВ (то есть стационарной Вселенной. – В.В.) были полезны и способствовали общему подъему космологии» [1. С. 667].

Интересную особенность космологии, связанную с метафизической стороной дела, отмечают авторы при обсуждении альтернатив, опирающихся на принцип Маха и идею переменности фундаментальных постоянных. Она вызвана междисциплинарностью этой науки и до некоторой степени носит психологический характер. «Отношения между астрономией и физикой сложны и многообразны, в том числе и в психологическом аспекте. Астроном с удовольствием применяет новинки физики... И вместе с тем в астрономах зреют гроздыя – не гнева, но желания реванша, конечно, – ничто так не ценится астрономами, как возможность активно вмешаться в физику. Не брать у физиков, а дать им нечто новое!.. Здесь мы рассмотрим две связанные между собой идеи – принцип Маха и связь константы тяготения со свойствами Вселенной как целого» [Там же. С. 667]. Принцип Маха при этом понимается как «предположение об определенной роли Вселенной в локальных законах» [Там же. С. 669]. Эта гипотеза, в частности, наводит на мысль о том, что гравитационная постоянная (в безразмерной форме чрезвычайно мала, порядка 10^{-40} , а обратная ее величина немыслимо велика) «может зависеть от больших чисел, характеризующих Вселенную как целое» [Там же. С. 670]. А поскольку эти числа в расширяющейся Вселенной могут меняться, то и гравитационная постоянная может изменяться со временем.

Однако астрономический реванш на этом пути, по мнению Зельдовича и Новикова, не состоялся, несмотря на определенную пользу такого рода обсуждений. «Резюмируя, мы не считаем, – подчеркивают авторы, – вероятным радикальный пересмотр ОТО в направлении идей Маха. Проблему больших чисел мы считаем реальной лишь в формулировке, связывающей локальные свойства и не требующей переменности физических величин (констант)» [Там же. С. 675]. Наиболее разработанным вариантом теории, удовлетворяющим принципу Маха и гипотезе переменности гравитационной постоянной, является скалярно-тензорная теория Бранса–Дикке (ТБД, 1960-е гг.). Главным достоинством основанной на ней космологии было отсутствие сингулярности, но она была не в состоянии объяснить нуклеосинтез, реликтовое излучение и т. п. К тому же наблюдательных оснований для отказа от ОТО и принятия ТБД не было. Поэтому авторы отвергают эту альтернативу ОТО [Там же. С. 694–695].

Забегая далеко вперед, заметим вместе с тем что в связи с последними достижениями в космологии (ускоренное расширение Вселенной, инфляционная теория ранней Вселенной) вновь возник интерес к теории Бранса–Дикке. К ней обратился, в частности, соавтор Зельдовича И.Д. Новиков в статье, посвященной 100-летию учителя [30]. «...Модель БД (то есть теория

Бранса–Дикке. – В.В.) активно используется в космологии, – говорится в статье, – так как для процесса инфляции необходимо скалярное поле, а в обсуждаемой модели оно появляется наиболее естественным путем» [30. С. 380]. Для объяснения ускоренного расширения в теорию вводится космологическая постоянная; в космологии ТБД отсутствует сингулярность и реализуется принцип Маха в форме обратной зависимости гравитационной постоянной G от скалярного поля $\Phi(t)$. Так что современные космологи не исключают возращения и принципа Маха, и идеи переменности фундаментальных констант, прежде всего гравитационной постоянной.

Однако вернемся к рассмотрению метафизических аспектов космологии в книге Зельдовича и Новикова 1975 г. Еще один аспект этого рода связан с осознанием необходимости квантово-гравитационного синтеза: «Квантово-гравитационная теория необходима именно в космологии, поскольку имеется уверенность, что Вселенная (по-видимому, можно даже усилить: *вся* Вселенная, *все вещество* Вселенной!) прошла через состояние, анализ которого требует этой теории» [1. С. 631]. Далее, несмотря на отсутствие законченной квантово-гравитационной космологической теории, авторы обсуждают отдельные результаты и подходы, находящиеся на грани с метафизическими аспектами (например, гипотезу планкеонов, или максимонов, или фридмонов; некоторые идеи Дж. Уилера о «квантовании эволюции Вселенной как целого» и др.).

Естественно, что возникает вопрос о топологии пространства-времени в окрестности сингулярности, вопрос также в значительной степени находящийся на стыке с метафизикой. И хотя «теория эволюции Вселенной оказывается почти не зависящей от топологии» [Там же. С. 679], «на уровне самых малых масштабов – в масштабе планковской длины $l_p = 10^{-33}$ см – можно ожидать больших флуктуаций метрики и сложной топологии». Имеется в виду, например, гипотеза Уилера о структуре пространства, «напоминающей пенопласт, с неисчислимым количеством топологических ручек, связывающих разные близкие области». «Вводя идею “пенопласта”, нужно одновременно вводить такие методы перенормировки, которые обеспечивают этот макроскопический результат (то есть ничтожную малость макроскопически усредненной плотности энергии. – В.В.). К этому нас обязывает наблюдение, опыт – высший критерий истины» [Там же. С. 689].

Старый вопрос о «тепловой смерти» Вселенной, по мнению авторов, отчасти утрачивает свою метафизичность, поскольку при учете гравитации увеличение энтропии Вселенной не ведет к ее переходу в однородное равновесное изотермическое состояние [Там же. С. 689]. Ответ на метафизический вопрос об объяснении направления времени расширением Вселенной за прошедшие восемь лет не претерпел изменения: «Связь стрелы времени с расширением есть (очень важное, разумеется) свойство нашей Вселенной в настоящее время, но эта связь не может быть использована как определение стрелы времени для определения понятия будущего» [Там же. С. 714].

От инфляционной концепции к стандартной космологической модели (1980-е и последующие годы)

«В конце 1978 – начале 1979 г. – как вспоминает один из учеников Я.Б. Зельдовича, – наша группа, созданная Я.Б. и состоящая в основном из его учеников, неожиданно распалась: почти все его сотрудники, работавшие в Институте космических исследований (ИКИ), были вынуждены перейти в другое подразделение» [31. С. 283]. Причины распада научной супершколы в настоящей статье не подлежат обсуждению. По времени это событие совпало с выдвижением инфляционной концепции в теории ранней Вселенной. Зельдович продолжал свои исследования по космологии, в частности, читал курс лекций «Космология ранней Вселенной». Книга, основанная на этих лекциях, была закончена в середине 1986 г. и вышла в 1988 г. уже после кончины Я.Б. Зельдовича в соавторстве с А.Д. Долговым и М.В. Сажиным [32]. Оба соавтора, кстати говоря, не относились к школе Зельдовича в ее золотые 1960-1970-е гг. Оба оставили краткие, но выразительные воспоминания о Зельдовиче 1980-х гг. [33; 34]. А.Д. Долгов, соавтор Зельдовича «по большому обзору в УФН «Космология и элементарные частицы» (1980), говорил, что Я.Б. Зельдович был одним из первых, кто понял важность симбиоза космологии и физики частиц, и что его универсализм, или энциклопедизм, в области физики был настолько значительным, что С. Хокинг сказал однажды: «Я думал, что Зельдович – это большая группа советских физиков, наподобие Бурбаки» [33. С. 209–210].

М.В. Сажин, вспоминая о том, как создавалась книга [32], отмечает два существенных момента. Во-первых, то, что Я.Б. активно работал над книгой и за два-два с половиной месяца «вносил последние исправления в корректуру». Во-вторых, имея в виду концепцию инфляции (термин был введен А. Гусом в январе 1981 г.), «Я.Б. сразу осознал фундаментальную ценность этого направления для космологии в целом, возможность создания теперь единой космологической картины – от сингулярности до наших дней – и активно развивал идеи инфляции в дальнейшем (отмечу, что многие принципиальные идеи инфляционной космологии Я.Б. и его ученики высказали до работы Гуса; признанием этого факта явилось обильное цитирование работ ЯБ как в первой пионерской работе Гуса, так и во многих последующих работах по теории инфляции). Поэтому ЯБ счел необходимым уже через год после появления теории начать чтение лекций для студентов с изложением ее основных идей и результатов». [34. С. 308]. Недавно, в статье, посвященной столетию ОТО, М.В. Сажин (в соавторстве с О. Сажинной) так написал о Зельдовиче: «Основные представления о рождении Вселенной, о составляющих ее элементарных частицах, о ранних стадиях развития Вселенной, об особенностях ее эволюции были сформулированы и обоснованы великим советским ученым Я.Б. Зельдовичем, его учениками и коллегами, как в СССР, так и за рубежом» [35. С. 10].

Но обратимся к некоторым текстам самого Зельдовича начала 1980-х гг. и коснемся освещения в них именно метафизических аспектов космологии. Речь идет прежде всего о статье «Современная космология», опубликованной во второй половине 1983 г. в журнале «Природа» [36]. Статья начинается с определения космологии, в нем «просвечивает» неизбежность ее метафизичности, которую стремятся преодолеть астрофизики: «Космология – наука, исследующая Вселенную как целое, – пожалуй, самая трудная ветвь астрономии, так как при невозможности охватить наблюдениями всю Вселенную всегда существует опасность заменить истинное знание предубеждениями». Отметив далее, что хотя космология стала «респектабельной наукой» в последние десятилетия, «вопросы, связанные с рождением Вселенной, с тем, почему она именно такая, какой мы ее наблюдаем сейчас, все еще остаются нерешенными» [36. С. 11].

Говоря об источниках успеха, лежащих в основе современной космологии, Зельдович особо подчеркивает «научную смелость исследователей», именно бесстрашие работать на грани физики, астрономии и метафизики: «Само изучение Вселенной как целого требует смелости: применимы ли законы, найденные в лаборатории, к бесконечной Вселенной, к ранним этапам ее развития, к гигантским энергиям, недоступным даже самым большим ускорителям; является ли Вселенная закрытой, конечной по объему, но без границ, или бесконечной? От таких вопросов захватывает дух» [Там же. С. 12].

Примером этой, в значительной степени метафизической, смелости, который Я.Б. Зельдович приводит здесь, является инфляционная концепция расширения ранней Вселенной. «...Космологическая привлекательность «инфляционной» эры, – резюмирует он, – столь велика, что сейчас эту теорию можно рассматривать как подарок, который космология преподнесла физикам-теоретикам» [Там же. С. 32]. Другой пример – это идея квантового рождения Вселенной. В этом случае предполагается, «что из квантовой гравитации (теории, которую еще предстоит построить. – *V.V.*) будет следовать возможность квантового рождения Вселенной, ее создания «из ничего». Упоминается и антропный принцип, «согласно которому существует много вселенных, и мы живем в той из них, которая оказалась пригодной для зарождения жизни и эволюции от аминокислот до цивилизованного человека».

Впрочем его отношение к антропному принципу сдержанное: «Этот принцип накладывает определенные ограничения на величины постоянной Хаббла и плотности материи, но тут мы рискуем быстро перейти от науки к размахиванию руками» [Там же. С. 33].

Вторая статья, опубликованная в следующем году в «Природе», даже название имела вполне метафизическое – «Почему расширяется Вселенная» [37]. Научная смелость, о которой говорил Зельдович, связана с выдвиганием гипотез, находящихся на грани физики и метафизики, иногда содержащих принципиально ненаблюдаемые элементы. Но без этих гипотез трудно представить современную космологию. «...Построение гипотез и объектив-

ная их проверка – это магистральный путь науки. Беспринципное накопление фактов и скептический отказ от каких бы то ни было гипотез – неплодотворны!» – так заканчивает он свою вторую статью в «Природе».

В «Автобиографическом послесловии» (1984) к «Избранным трудам» есть два важных метафизических замечания Я.Б. Зельдовича. Первое, впрочем, носит скорее методологический, отчасти психологический характер и напоминает нам о его работе в советском атомном проекте: «В начале астрофизической деятельности мне мешали навыки, приобретенные в ходе практической деятельности. Астрофизик должен ставить вопрос: как устроена природа? Какие наблюдения дадут возможность выяснить это? Между тем я ставил задачу скорее так: как лучше устроить Вселенную или как лучше устроить пульсар, чтобы удовлетворить данным техническим условиям – простите, я хотел сказать: первым наблюдениям» [6. С. 445]. Иначе говоря, поначалу отношение Я.Б. Зельдовича к Вселенной было, как к техническому «изделию», изобретению (условно, Бог – инженер – изобретатель!), и только со временем это отношение приобрело теоретико-физический характер (Бог – универсальный физик-теоретик эйнштейновского масштаба!).

Второе замечание касается одной важной особенности того этапа развития космологии, на который она вступила в 1980-е гг. и который связан со все большим уходом ее в области, далекие от наблюдений, то есть со своеобразным повышением уровня ее метафизичности: «Жизнь продолжается, и космология углубляется в область, где физика далеко оторвалась от экспериментальной проверки. Новое поколение теоретиков говорит не о первых трех минутах или секундах, не о ядерных реакциях в плазме. Обсуждаются процессы на «планковской» длине 10^{-33} см, за «планковское» время 10^{-43} сек, с «планковской» энергией 10^{19} Гэв» [Там же].

Во «Введении» к книге «Космология ранней Вселенной» (1988) весьма метафизично звучит фраза: «Сегодня у нас даже есть надежда получить ответ на вопрос о сотворении мира, математически описать процесс его рождения и понять причину первоначального толчка, приведшего к расширению Вселенной. Согласно современной теории, этот процесс выглядит как квантовый скачок, аналогичный туннельному переходу в α -распаде, от состояния с квантовым пространством-временем к классическому пространству-времени» [32. С. 6].

В книге немало квази-метафизических фрагментов, но они так органично вплетены в физико-математический текст, что почти незаметны. Например, в параграфе «Хаотическая инфляция и вечная Вселенная» говорится: «Таким образом, мы приходим к процессу бесконечного возникновения вселенных нашего типа из флуктуирующего поля ϕ (Линде, 1986). Теперь нет надобности полагать, что существовал выделенный момент рождения Вселенной как целого. Этот процесс мог и не иметь начала и не будет иметь конца» [32. С. 159]. Далее замечается, что граница фридмановской области находится далеко за горизонтом. «Поэтому, – заключают авторы, – у нас нет

никакой надежды когда-либо проверить эту картину, но философски она очень интересна» [32. С. 159].

Ученики Я.Б. Зельдовича в 1990–2000-е гг. продолжили разработку его космологических идей. Их вклад в инфляционную концепцию определяющий; достаточно назвать работы А.Д. Линде, А.А. Старобинского и др. Но сначала остановимся на некоторых метафизических фрагментах из воспоминаний учеников Зельдовича. А.Г. Дорошкевич говорил о своеобразной трансформации метафизического (или методологического) подхода учителя в начале 1980-х: «Если прежде ЯБ стоял на позициях “бритвы Оккама” (не вводи лишних сущностей: запрещено все, что не является абсолютно необходимым), то теперь велись, и не только на семинарах, долгие разговоры о правомерности и необходимости введения тех или иных «экзотических» гипотез, о соотношении между «разрешенным» и «запрещенным», оправданным и избыточным... Шла серьезная работа по либерализации принципов подхода к физике, к методам построения физических теорий, к науке вообще. Эта работа с большей или меньшей интенсивностью продолжалась и позже и, вероятно, во многом способствовала успехам ЯБ в создании теории “рождения” Вселенной (в которой нет недостатка в новых гипотезах)» [38. С. 274].

Об этом же вспоминает и Р.А. Сюняев: «В последние годы жизни он, человек, абсолютно уверенный в том, что у нейтрино должна быть нулевая масса, радикально изменил точку зрения и часто повторял: разрешено все, что не запрещено. Не каждый может пережить такую ломку представлений и начать работать, придерживаясь новой философии» [39. С. 286].

И.Д. Новиков, вспоминая о работе с Зельдовичем в 1960-е и сравнивая свойственный ему стиль со стилем А.Д. Сахарова, писал: «Логика Андрея Дмитриевича была совсем не похожа на стиль Якова Борисовича – более абстрактна, отвлеченна, формальна. Якову Борисовичу были ближе конкретные физические проблемы. Надо сказать, что часто я тоже тяготел к более абстрактным вопросам – таким, как «другие вселенные», время после «абсолютно будущего» и т. д.» [40. С. 279].

А с другой стороны, Р.А. Сюняев вспоминает, как Зельдович «воспитывал» его за то, что он «не торопился писать о казавшихся... тогда недоступными для экспериментальной проверки идеях о будущем (через 10 в тридцатой степени лет) Вселенной с распадающимися протонами...» [39. С. 291]. Л.П. Гришук тоже писал о самом живом интересе Я.Б. Зельдовича к космологическим проблемам, находящимся на границе с метафизикой, и о том, что идеи учителя во многом проложили путь к более глубокому их пониманию: «Квантовому рождению Вселенной из “ничего” Яков Борисович придавал в последние годы огромное значение... Нам казалось привлекательным, что не видно препятствий тому, чтобы Вселенная могла спонтанно родиться в виде “шарика” планковских параметров, а затем быть подхваченной инфляционным расширением. Предполагается, что отклонения от однородного и изотропного решения, в том числе наблюдаемая сегодня структу-

ра, могли развиваться в дальнейшем из неизбежных квантовых флуктуаций полей на фоне инфляционного расширения. Сейчас это направление исследований превращается в разветвленную “индустрию”. Обсуждается не только рождение нашей большой Вселенной, но и множественное рождение маленьких микровселенных. Вычисляется вклад в физические процессы, происходящие в нашей Вселенной, за счет того, что от нее могут туннельным образом отделяться и к ней присоединяться микровселенные планковских масштабов» [41. С. 303].

В 1990 г. появляется первое систематическое изложение инфляционной космологии в виде монографии, написанное А.Д. Линде, который если и не принадлежал школе Зельдовича, то, безусловно, был близок к ней и высоко ценил ее достижения. Недаром эта книга была посвящена «памяти Якова Борисовича Зельдовича, которого можно по праву считать основоположником советской космологической школы» [42. С. 8]. В последней, десятой главе книги «Инфляция и квантовая космология» среди заполненных формулами страниц мы изредка встречаем насыщенные квази-метафизическими замечаниями и идеями места (см., например, [42. С. 211–212]). Тут и парадоксы квантовой космологии («...если под Вселенной понимается *все*, то не остается *никакого внешнего наблюдателя*, по часам которого Вселенная могла бы развиваться и т. д.», «с этой точки зрения наблюдатель выступает не как пассивный свидетель, а скорее как участник создания Вселенной»), и загадочная многомировая интерпретация квантовой механики, и старые метафизические вопросы, обсуждавшиеся ранее в школе Зельдовича. В частности, «вопросы о том, может ли энтропия уменьшаться в сжимающиеся Вселенной, может ли стрела времени поворачиваться вспять в сингулярности или в точке максимального расширения замкнутой Вселенной и т. д.». Не менее метафизично и «Заключение», где говорится о вечной Вселенной, в которой могут порождаться другие вселенные с другими физическими законами и, возможно, пространствами-временами других измерений [Там же. С. 261–262].

В 2000-е гг. космология и особенно космология ранней Вселенной бурно развивается. В России ведущую роль в этом развитии по-прежнему играют уже маститые космологи, вышедшие из школы Я.Б. Зельдовича либо находившиеся в тесной связи с ней (Г.С. Бисноватый-Коган, Л.П. Гришук, А.Д. Долгов, А.Г. Дорошкевич, А.Д. Линде, В.Н. Лукаш, В.Ф. Муханов, И.Д. Новиков, В.А. Рубаков, М.В. Сажин, А.А. Старобинский, Р.А. Сюняев, А.Д. Чернин, Г.В. Чибисов и др.). В начале 2000-х вышли превосходные научно-популярные книги М.В. Сажина, а затем А.М. Черепашука и А.Д. Чернина [43; 44]. В обеих существенно затрагивались метафизические стороны космологии, включая проблемы сингулярности, темной энергии и темной материи, теории инфляции, Мультиверса, антропного принципа. В книге Сажина седьмая глава «Метафизические проблемы космологии» содержит описание четырех проблем (типа «Почему расширяется Вселенная?»), которые встали перед космологией и которые существенно прояснила тео-

рия инфляции [43. С. 99–106]. Еще более метафизические сюжеты рассматриваются в заключительной главе – идеи вечной инфляции, множественности миров, «стимуляции рождения Вселенной» и др.

С большим скепсисом обо всех этих вещах говорится в книге Черепашука и Чернина, хотя и они, признавая метафизичность Мультиверса, не могут воздержаться от восклицательных знаков: «И все же исключительно увлекательна сама по себе идея множественности миров!... Она, несомненно, расширяет круг наших общих воззрений на возможное устройство мира. Вернее, не мира, а мультимира, как называют всю совокупность многих и многих вселенных. Удивительно и волнующе это вечное существование кипящего вакуума, самопроизвольно порождающего новые и новые вселенные в процессе, которому не было начала и не будет конца» [44. С. 286].

Вскоре появилась хорошая популярная книга Дж. Лидсея «Рождение Вселенной» с нетривиальным послесловием «одного из самых любимых и талантливых учеников» Зельдовича (по свидетельству Р.А. Сюняева [39. С. 286]) – А.А. Старобинского (см. [22]). Он высоко оценивает инфляционную концепцию и идею «вечной инфляции», несмотря на их метафизичность: «...Это сдвиг в наших философских представлениях о соотношении между нашей Вселенной и Мета-Вселенной... Мы не можем видеть эти другие вселенные, поэтому к новым наблюдательным эффектам это не приводит (или мы еще не научились их находить – следует признать, что цельная теоретическая картина Мета-Вселенной еще не разработана). Однако с мировоззренческой точки зрения ясно, что все горячие предыдущие дискуссии об «однократном рождении Вселенной» были наивными. Стало ясно, что наша видимая Вселенная есть лишь одна из возможных реализаций вселенных, которые постоянно происходят в Мета-Вселенной в разных местах пространства...» [22. С. 176–177].

В 2010 и затем в 2011 гг. выходят в свет две обстоятельные книги по космологии, фактически расширенные учебные пособия – одна для студентов и аспирантов МФТИ, другая – МИФИ [45; 46]. Авторы – выходцы из школы Зельдовича. В обеих книгах речь идет о стандартной космологической модели (СКМ, или SCM), включающей инфляционную стадию, Большой взрыв, бариогенезис, первичный нуклеосинтез, рекомбинацию водорода и возникновение микроволнового фона (реликтового излучения) и формирование крупномасштабной структуры Вселенной. При этом учитываются также феномены темной материи и темной энергии. Метафизические аспекты (особенно в терминологическом плане) сведены к минимуму. В отношении Мета-Вселенной в первой говорится, что «сегодняшние рассуждения о множественных мирах не подкреплены строгими расчетами» и что «мы можем лишь догадываться о нелинейных квантовых процессах с участием гравитации, эта наука только начала развиваться» [45. С. 277]. В книге Г.С. Бисноватого-Когана кратко говорится о хаотической инфляции Линде, в результате которой можно говорить о Большой Вселенной, состоящей «из множества несвязанных между собой пузырьков (вселенных), между кото-

рыми в далеком будущем, когда размер горизонта вырастет до размеров нашего пузыря, может оказаться возможной информационная связь» [46. С. 356].

Автор увлекательной книги по истории космологии ранней Вселенной Б.Е. Штерн [8] опирался на серию интервью, взятых у отечественных специалистов, в основном выходцев из школы Я.Б. Зельдовича (В.Н. Лукаша, А.А. Старобинского, В.Ф. Муханова, А.Д. Линде), внесших значительный вклад в теорию инфляции. Приведем несколько метафизических фрагментов из интервью автора с российскими классиками инфляционной концепции. Имея в виду вариант «вечной инфляции», А.А. Старобинский замечает: «Одно из интересных предсказаний теории инфляции: вселенные появляются в бесконечном количестве, причем возникают «выводки» похожих вселенных. Вместе с нашей появилось множество других вселенных, где тоже горят звезды, где законы физики и физические константы тождественны нашим» [8. С. 229].

В.Ф. Муханов вместе с Г.С. Чибисовым показали, что «квантовые флуктуации... (инфляционного скалярного поля. – *В.В.*) усиливаются и ведут в дальнейшем к галактикам и в конечном счете к жизни» [Там же. С. 235]. Несмотря на успехи теории инфляции, А.Д. Линде подчеркивает наличие серьезных, в значительной степени метафизических, проблем, возникающих в ней: «Естественно, в теории есть неясные места... Основные проблемы начинаются при приближении к самому началу – к планковским масштабам. Но эти проблемы носят общий характер – как слить гравитацию с квантовой механикой? Какова роль теории струн? Мы привыкли работать в классическом времени, а как с ним работать в условиях квантовой гравитации в режиме, когда все часы и линейки немедленно ломаются, и говорить о «времени», когда родилась Вселенная, становится трудно?» [Там же. С.280]. Автор книги, подводя итоги развития инфляционной космологии, задается вопросом: «Почему мы так уверены в теории инфляции?» И отвечает: «Теория хорошо и просто отвечает на тяжелые, почти метафизические вопросы про исключительную точность и сбалансированность “начального толчка”, давшую жизнь большой однородной Вселенной, – слишком хорошо, чтобы оказаться неверной. Она же великолепно объясняет происхождение затравочных неоднородностей, из которых возникли галактики и крупномасштабная структура... Можно ли считать теорию признанной окончательно и бесповоротно? Здесь мнения расходятся... Что она может сказать по поводу других вселенных?.. Теория инфляции прямо показывает, как это бесконечное множество вселенных (подсказанное антропным принципом. – *В.В.*) получается: раз стартовав, инфляция не останавливается никогда, плодя новые и новые вселенные» [Там же. С. 291–293].

А.Д. Долгов в недавнем обзоре по космологии описывает стандартную космологическую модель, в которой инфляционная теория описывает ее начальную стадию, и при этом выражает настолько неколебимую уверенность в правильности этой теории, что называет «инфляцию эксперимен-

тально/наблюдательно установленным фактом» [47. С. 215]. Перечисляя в конце статьи шестнадцать нерешенных проблем космологии, он специально не выделяет те, которые находятся на границе с метафизикой, но они явно просвечивают. Это, например, вопрос № 2 о природе космологического ускорения (и, соответственно, о темной энергии и космологической постоянной). Или вопрос № 3 – о причине «космического заговора», который приводит к сравнимым величинам плотностей энергии барионной материи, темной материи и темной энергии. Безусловно, пока абсолютно метафизичен вопрос о том, что было до инфляции: «Строго говоря, мы ничего не знаем об эпохе, предшествующей инфляции, и даже не ясно, можно ли вообще говорить о времени до инфляции» [Там же. С. 216]. Все эти вопросы, включая метафизические, показывают, заключает автор обзора, «насколько продвинулась космология за последние полвека и насколько увлекательной стала эта область науки. Став точной наукой, космология пришла к решению старых проблем, открыв по пути множество новых» [Там же. С. 220].

Заключительные замечания

Итак, мы рассмотрели эволюцию метафизических аспектов космологии, которая естественно включается в историю релятивистской космологии в целом, от Эйнштейна до стандартной космологической модели 2000-х гг. При этом мы ограничились текстами Я.Б. Зельдовича и его учеников или специалистов, близко примыкающих к его научной школе, во многом определившей развитие не только отечественной, но и мировой космологической науки в 1960–1980-е и последующие годы. С каждым новым прорывом в развитии космологии, всегда включавшей в себя метафизическую составляющую, ее научно-теоретический статус повышался, а эта метафизическая составляющая как будто сокращалась. Однако открытия последних полутора-двух десятилетий и дальнейшая разработка инфляционной модели, переводя ряд вопросов метафизического характера в научную плоскость, породили новые вопросы, в том числе и близкие к метафизическим. Это касается и проблемы множественных вселенных, и предынфляционной стадии в эволюции Вселенной, и феномена «космического заговора», и подходов, альтернативных теории инфляции.

Вместе с тем, хотелось бы с особой силой подчеркнуть мысль, которую отчетливо сформулировал недавно умерший профессиональный специалист по философским вопросам астрономии и космологии В.В. Казютинский. Многие утверждения и даже объекты, фигурирующие в космологии и кажущиеся метафизическими, по его мнению, физические, поскольку они являются результатами теоретико-физического, а не философско-метафизического конструирования. Это, например, касается принципиально ненаблюдаемых «других вселенных» и понятия Мультиверса [25. С. 43].

Возвращаясь к Я.Б. Зельдовичу, заметим, что его выдающийся вклад в космологию, так же как и достижения его школы, в первую очередь отно-

сится к самой космологии как наблюдательно (или экспериментально)-теоретической науке, а вовсе не к обсуждению ее метафизических аспектов. Дадим, например, сжатую оценку научного вклада Зельдовича, данную С.С. Герштейном и А.А. Старобинским в предисловии к его «Избранным трудам» (без пояснений и с некоторыми купюрами):

«...Подлинный триумф идей Я.Б. и его учеников произошел за последние десятилетия в космологии современной и ранней Вселенной. Развита им и его научной космологической школой теория адиабатических возмущений во Вселенной блестяще подтвердилась измерениями угловых флуктуаций температуры реликтового электромагнитного излучения. Были открыты рассчитанные им в 1970 г. вместе с Р.А. Сюняевым акустические пики в спектре мощности этих флуктуаций... Более того, измерение расстояния между этими пиками стало сейчас одним из наиболее точных методов определения основных космологических параметров. Еще три его космологические работы были не только подтверждены наблюдениями, но и справедливо приобрели его имя в мировой науке. Это приближенная теория нелинейной гравитационной неустойчивости в расширяющейся Вселенной, в просторечии – «блины Зельдовича» (1970), эффект Сюняева–Зельдовича (1972) и гипотеза о плоском... начальном спектре мощности адиабатических возмущений метрики пространства-времени во Вселенной – спектр Харрисона–Зельдовича (1972)... (который. – В.В.) был в дальнейшем теоретически выведен в инфляционном сценарии Вселенной...» [48. С. III].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зельдович Я.Б.* Строение и эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1974. – 736 с.
2. *Хокинг С.* Край Вселенной // Прошлое и будущее Вселенной / отв. ред. А.М. Черепашук. – М.: Наука, 1986. – С. 92–103.
3. *Торн К.С.* Черные дыры и складки времени: дерзкое наследие Эйнштейна. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 615 с.
4. *Визгин В.П., Кессених А.В.* Научно-школьный подход к истории отечественной физики // История науки и техники. – 2016. – Вып. 1. – С. 3–23
5. *Визгин В.П.* Образцовая научная школа: Я.Б. Зельдович и его «команда» (1960–1980 гг.) // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция (2015). Т. 2: История естествознания и техники. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – С. 83–86.
6. *Зельдович Я.Б.* Автобиографическое послесловие // Зельдович Я.Б. Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная. – М.: Наука, 1985. – С. 435–446.
7. *Сахаров А.Д.* Человек универсальных интересов // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 111–115.
8. *Штерн Б.Е.* Прорыв за край мира. О космологии землян и европиан. – М.: Троицкий вариант, 2014. – 304 с.
9. Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 416 с.
10. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Релятивистская астрофизика. – М.: Наука, 1967. – 655 с.

11. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Теория тяготения и эволюция звезд. – М.: Наука, 1971. – 485 с.
12. *Слюняев Р.А.* Когда мы были молодыми // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 283–292.
13. *Торн К.С.* Зельдович предсказывает излучение черных дыр // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 369–377.
14. *Зельманов А.Л.* Космология // Развитие астрономии в СССР, 1917–1967. – М.: Наука, 1967. – С. 320–390; 463–471.
15. *Толмен Р.* Относительность, термодинамика и космология. – М.: Наука, 1974. – 520 с.
16. *Бронштейн М.П.* Современное состояние релятивистской космологии // Успехи физических наук. – 1931. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 124–184.
17. *Бронштейн М.П.* К вопросу о возможной теории мира как целого // Основные проблемы космической физики / под ред. М.П. Бронштейна. – Харьков-Киев: ГНТИУ, 1934. – С. 186–219.
18. *Тропп Э.А., Френкель В.Л., Чернин А.Д.* Александр Александрович Фридман. Жизнь и деятельность. – М.: Наука, 1988. – 304 с.
19. *Зельдович Я.Б.* Современная физика и астрономия // Вопросы космогонии. Т. IX: материалы теоретического семинара по важнейшим проблемам астрофизики. Тарту, 7–13 июля 1962 г. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – С. 5–59.
20. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. – 2-е изд. – М.: Физматгиз, 1961. – 564 с.
21. *Вейнберг С.* Первые 3 минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной / пер. с англ. под ред. и с предисл. и доп. Я.Б. Зельдовича. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с.
22. *Старобинский А.А.* Послесловие. «Все дальше в прошлое мира» // Дж.Э. Лидсей. Рождение Вселенной. – М.: Изд. «Весь Мир», 2005. – С. 163–178.
23. *Рубаков В.А.* Есть надежда на то, что появится новая физика // Будущее фундаментальной науки: концептуальные, философские и социальные проблемы / отв. ред. А.А. Крушанов, Е.А. Мамчур. – М.: КРАСАНД, 2011. – С. 12–24.
24. Современная космология: философские горизонты / под ред. В.В. Казютинского. – М.: «Канон+», РООН «Реабилитация», 2011. – 432 с.
25. *Казютинский В.В.* Космология, теория, реальность // Современная космология: философские горизонты / под ред. В.В. Казютинского. – М.: «Канон+», РООН «Реабилитация», 2011. – С. 8–54.
26. *Зельдович Я.Б.* Теория расширяющейся Вселенной, созданная А.А. Фридманом // Успехи физических наук. – 1963. – Т. 80. – Вып. 3. – С. 357–390.
27. *Зельдович Я.Б.* «Горячая» модель Вселенной // Я.Б. Зельдович. Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная. – М.: Наука, 1985. – С. 237–244 (Впервые – см. Успехи физических наук, 1966. – Т. 89. С. 647–668).
28. *Грищук Л.П.* Он жил наукой // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 299–306.
29. Труды и творческий путь Якова Борисовича Зельдовича // Я.Б. Зельдович. Избранные труды: в 2 кн. / под ред. Ю.Б. Харитона. – 2-е изд., репринт. – М.: Наука, 2014. – Кн. 1. – С. 5–52.
30. *Новиков И.Д., Шацкий А.А., Алексеев С.О., Третьякова Д.А.* Идеи Я.Б. Зельдовича и современная космология Бранса-Дикке // Успехи физических наук. – 2014. – Т. 184. – № 4. – С. 379–386.

31. *Бисноватый-Коган Г.С.* Пятнадцать лет и дальше // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 280–283.
32. *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.* Космология ранней Вселенной. – М.: Изд. МГУ, 1988. – 199 с.
33. *Долгов А.Д.* Десять лет общения // Я.Б. Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. С. 208–212.
34. *Сажин М.В.* Как рождалась одна книга по космологии // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 308–309.
35. *Сажин М.В., Сажина О.* Гравитация раскрыла не все свои тайны // Независимая газета. НГ-наука. – 2015. – 25. XI. – С. 9–10.
36. *Зельдович Я.Б.* Современная космология // Природа. – 1983. – № 9. – С. 2–24 (цит. по книге «Прошлое и будущее Вселенной». – М.: Наука, 1986. – С. 11–35).
37. *Зельдович Я.Б.* Почему расширяется Вселенная // Природа. – 1983. – № 9. – С. 66–71 (цит. по кн. «Прошлое и будущее Вселенной». – М.: Наука, 1986. – С. 35–45).
38. *Дорошкевич А.Г.* Каким я его помню // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 272–275.
39. *Сюняев Р.А.* Когда мы были молодыми // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 283–292.
40. *Новиков И.Д.* Начало работы в астрофизике // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 275–280.
41. *Гришук Л.П.* Он жил наукой // Яков Борисович Зельдович (воспоминания, письма, документы) / под ред. С.С. Герштейна и Р.А. Сюняева. – Изд. 2-е, доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – С. 299–306.
42. *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1990. – 280 с.
43. *Сажин М.В.* Современная космология в популярном изложении. – М.: УРСС, 2002. – 240 с.
44. *Черепашук А.М., Чернин А.Д.* Вселенная, жизнь, черные дыры. – Фрязино: «Век 2», 2003. – 320 с.
45. *Лукаш В.Н., Михеева Е.В.* Физическая космология. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 404 с.
46. *Бисноватый-Коган Г.С.* Релятивистская астрофизика и физическая космология. – М.: КРАСАНД, 2011. – 376 с.
47. *Долгов А.Д.* Космология: от Померанчука до наших дней // Успехи физических наук. – 2014. – Т. 84. – № 2. – С. 211–221.
48. *Герштейн С.С., Старобинский А.А.* Предисловие ко второму изданию «Избранных трудов» академика Я.Б. Зельдовича // Зельдович Я.Б. Избранные труды: в 2 кн. / под ред. Ю.Б. Харитона. 2-е изд., репринт. – М.: Наука, 2014. – Кн. 1.

METAPHYSICAL ASPECTS OF THE COSMOLOGY IN THE YA.B. ZELDOVICH'S SCIENTIFIC SCHOOL

VI. P. Vizgin

This article provides an historical overview of the metaphysical aspects of cosmology by Ya. B. Zeldovich and his astrophysical school that was leading in the world of the 1960–1980th years.

Key words: cosmology, metaphysical aspects of cosmology, Universe, singularity, Big Bang, inflation, Multiverse (Meta-Universe), Ya. B. Zeldovich, scientific school.

ГИПОТЕЗА ФРИДМОНОВ КАК ЧАСТИЦ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ И ГИПОТЕЗА РАСПАДА НАЧАЛЬНОЙ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ

Р.Ф. Полищук

Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

На роль частиц тёмной материи предложена гипотеза фридмонов как стабильных частиц с массой, на 9 порядков большей массы нуклона. Частицы отвечают ещё не открытой точной группе симметрии, дуальной группе $SU(2)$: для симметрий Стандартной модели и дуальных симметрий роли точных и нарушенных симметрий, а также соответствующих стабильных и нестабильных частиц меняются местами. Также предложена гипотеза распада начального вакуума де Ситтера планковской плотности до асимптотического состояния расширяющейся Вселенной с вакуумом де Ситтера наблюдаемой критической плотности. Предложены гипотезы Т-дуальности и S-дуальности, связывающие подгруппы $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ и им дуальные подгруппы $\tilde{S}\tilde{U}(3) \times \tilde{S}\tilde{U}(2) \times \tilde{U}(1)$ с распадом группы начальной симметрии $E(8) \times \tilde{E}(8)$. В частности, указанные дуальности связывают минимальную планковскую длину 10^{-33} см с начальным радиусом кривизны Метагалактики 10^{-13} см планковской плотности и с современным радиусом её кривизны 10^{28} см . То есть указана возможная связь планковской массы с массой Метагалактики в 10^{61} планковских масс.

Ключевые слова: дуальные симметрии, фридмоны, тёмная материя, распад вакуума.

Стандартная модель частиц за исключением гравитонов связана с симметриями группы $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ как результатом распада на указанные подгруппы исходной группы Ли $SU(5)$, $SO(32)$, E_6 или $E(8) \times E(8)$. При этом симметрии подгрупп $SU(3)$ и $U(1)$ точные, а симметрия подгруппы $SU(2)$ – нарушенная. Соответственно, возникают стабильные нуклоны (протоны и нейтроны), образованные связанными глюонами тройками кварков, стабильные фотоны и нестабильные W^\pm, Z^0 бозоны, отвечающие группе $SU(2)$. Здесь мы предполагаем считать группой великого объединения взаимодействий исключительную группу Ли $E(8) \times \tilde{E}(8)$, распадающуюся на указанные подгруппы Стандартной модели и на дуальные им подгруппы $\tilde{S}\tilde{U}(3) \times \tilde{S}\tilde{U}(2) \times \tilde{U}(1)$.

То есть мы предполагаем, что существует ещё не открытая новая, дуальная симметрия. Переход к дуальным симметриям аналогичен взаимной замене электрического и магнитного полей для электромагнитного тензора, дуального исходному тензору как внешнему дифференциалу вектор-потенциала, то есть в данном случае – его ротору. В общем случае несимметричной связности и полей Янга–Миллса (ниже g – константа взаимодей-

ствия, в случае электромагнетизма $g = e$, где e – электрический заряд) имеем:

$$F = dA = (\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu + g[A_\mu, A_\nu])dx^\mu \wedge dx^\nu. \quad (1)$$

В дуальной электродинамике электромагнитный тензор есть внешний дифференциал дуального вектор-потенциала $\tilde{A}_\mu dx^\mu$, и вместо нестабильных дуальных электрических зарядов существуют только нестабильные дуальные магнитные заряды: ведь внешний дифференциал d и внешний кодифференциал $\delta = *^{-1}d*$ суть нильпотентные операторы с нулевым квадратом ($dd = 0, \delta\delta = *^{-1}dd* = 0$). Здесь звезда $*$ есть оператор Ходжа, переводящий p -форму (тензор с p нижними антисимметричными индексами) на многообразии размерности n в форму степени $n-p$. При этом дифференциал не зависит от метрики, а кодифференциал (ковариантная дивергенция по первому индексу формы с минусом) от неё зависит через квадратный корень от определителя матрицы метрического тензора $\sqrt{-g}$. Например, объём мира событий равен

$$\int *1 = \int d^4x \sqrt{-g} = \int \sqrt{-g} dx^0 \wedge dx^1 \wedge dx^2 \wedge dx^3, \quad (2)$$

где 1 как постоянная функция есть нуль-форма. Внешний дифференциал (частная производная тензора по координате с дальнейшим альтернированием) увеличивает степень формы на единицу, а кодифференциал её на единицу уменьшает. Их сопряжённость проявляется в том, что для определения скалярного произведения форм одной степени $(\alpha, \gamma) := \int \alpha \wedge *\gamma$ (произведение двух форм разной степени равно нулю, тривиально) на многообразии с пустой границей имеем $(\alpha, d\beta) = (\delta\alpha, \beta)$.

При распаде исходной группы на подгруппы точные и неточные симметрии меняются местами, и соответственно изменяется стабильность отвечающих симметриям элементарных частиц. Тогда стабильными будут только частицы для группы $S\tilde{U}(2)$, дуальной группы $SU(2)$. Назовём отвечающие подгруппе симметрии $S\tilde{U}(2)$ гипотетические частицы *фридмонами*. Частицы, отвечающие остальным двум подгруппам, считаем распавшимися и отсутствующими в современной Вселенной. Считаем, что распавшиеся нестабильные дуальные нуклоны и фотоны дали свой вклад в массу-энергию вакуума де Ситтера, к которому стремится состояние наблюдаемой расширяющейся Вселенной. Полная масса-энергия обычных и дуальных частиц может быть разной.

Для оценки массы фридмона рассмотрим таковую для нуклона. Масса нуклона на 19 порядков меньше планковской массы, и, соответственно, его размер на 19 порядков больше планковской длины. Чтобы из плотно упакованных нуклонов получить звезду с массой, близкой к массе чёрной дыры (ведь планкеон – как бы сам себе чёрная дыра, не коллапсирующий в точеч-

ную сингулярность просто потому, что уже имеет предельно допустимую, планковскую плотность $5 \cdot 10^{93} \text{ g/cm}^3$), нужно в трёхмерном пространстве взять 10 в степени 57 нуклонов с массой 10^{-24} g , что даёт примерную массу звезды типа солнечной массы $10^{57} \cdot 10^{-24} \text{ g} = 10^{33} \text{ g}$.

Гравитационный радиус звезды порядка 10^5 cm связан с размером нуклонов 10^{-14} cm , вносящих основной вклад в типичную звёздную массу порядка солнечной, и с планковской длиной как размером планкеона около 10^{-33} cm , соотношением $10^5 \text{ cm} \cdot 10^{-33} \text{ cm} = (10^{-14} \text{ cm})^2$.

Будем считать, что существует дуальная тёмная материя примерно в том же количестве, что и видимая, то есть в количестве примерно $2 \cdot 10^{56} \text{ g}$. В момент Большого Взрыва она могла иметь предельную планковскую плотность ρ_{pl} и образовывать 3-сферу де Ситтера радиуса кривизны a с объёмом $2\pi^2 a^3$ и с массой $2\pi^2 a^3 \rho_{pl} = 2 \cdot 10^{56} \text{ g}$. Отсюда получаем $a = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ cm}$. Кстати, поскольку 3-сфера не имеет границы, полная масса-энергия мира равна нулю, и масса-энергия материи полностью компенсируется отрицательной потенциальной гравитационной энергией. При этом сохраняются обе компенсирующие друг друга компоненты. Заметим, что для островной системы в асимптотически плоском на бесконечности пространстве масса-энергия свободного гравитационного поля компенсирует только половину массы-энергии вещества, так что полная масса-энергия системы положительна [1–2].

Тёмная материя по порядку величины имеет примерно ту же полную массу, что и видимая материя. Её образуют, как предполагаем, одинаковые частицы, отвечающие группе симметрии, дуальной группе $SU(2)$. Частицы, отвечающие остальным дуальным группам, нестабильны и распадаются, давая в конечном счёте вклад также в тёмную энергию. В момент Большого Взрыва Метагалактика могла напоминать своего рода «первоатом Леметра» с указанным выше радиусом кривизны, близким размеру атомного ядра, и с планковской плотностью материи вакуума. Предположим, что фридмоны тёмной материи связаны с планковской длиной примерно так, как и образующие звёзды нуклоны видимой материи: $1,6 \cdot 10^{-13} \text{ cm} \cdot 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ cm} = (1,6 \cdot 10^{-23} \text{ cm})^2$. Таким образом, размер фридмона $1,6 \cdot 10^{-23} \text{ cm}$ (так что фридмоны ведут себя почти как точечные частицы среди нуклонов), а масса примерно на 9 порядков больше массы нуклона, равной, как известно, $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$, то есть равна примерно 10^{-15} g . Напомним, что теория частиц нуждается в стабильных частицах с массой порядка 10^{-15} g .

Поскольку фридмоны относятся к группе симметрии, дуальной стандартной группе, они только гравитационно взаимодействуют с частицами Стандартной модели. Поэтому и по причине малых размеров они годятся на роль частиц тёмной материи, напоминающей холодную пыль (в отличие от тёмной энергии с уравнением состояния $p = -\rho$).

Теперь рассмотрим гипотезу распада космологической постоянной. В начальный момент Вселенная могла иметь состояние атома Леметра с то-

пологией 3-сферы и с планковской плотностью. В этом квантовом состоянии мира флуктуации метрики были сравнимы с самой метрикой, так что метрика была однородной и изотропной метрикой вакуума с уравнением состояния материи вакуума $p = -\rho$ (ведь квантовая механика исключает абсолютную геометрическую пустоту). Если плотность отрицательна, то отрицательна и космологическая постоянная, определяющая тензор энергии-импульса вакуума. Постоянство космологического лямбда-члена следует из свёрнутых тождеств Бьянки для уравнений Эйнштейна с этим членом (не исключено, что в квантовой гравитации лагранжиан содержит дополнительные члены с тензором Римана, вклад которых в уравнения поля мал на макроскопическом уровне). Тогда мир событий был бы однополостным гиперболоидом с замкнутыми линиями времени в его ортогональных оси симметрии сечениях. Но в фейнмановской интеграле по путям линии времени противоположных ориентаций компенсировали бы друг друга, и такой мир не мог бы родиться и расширяться в пространстве, эволюционировать.

При положительной плотности и отрицательном давлении вакуума мир событий представлен однополостным гиперболоидом с осью времени в роли оси симметрии и с трёхмерными ортогональными этой оси расширяющимися (после предельного сжатия) пространственными трёхмерными сферами. При этом гиперболоид имеет трёхмерные пространственные плоскости в роли образующих (напомним, что и обычный двухмерный гиперболоид образуется вращением прямой линии вокруг другой прямой линии, с ним скрещенной). Наблюдаемые плоские трёхмерные пространства расширяющейся Вселенной сопутствуют расширяющейся материи. При этом скорость увеличения расстояний между её элементами может быть любой: предельная скорость света ограничивает лишь причинно связанные области. Заметим также, что, строго говоря, скорость света не является в обычном смысле этого слова скоростью, поскольку для воображаемого светового наблюдателя из-за предельного лоренцева сокращения длин до нуля продольное измерение его пространства исчезает, и обычное 1+3 расщепление мира событий на одномерное время и трёхмерное пространство заменяется его 2+2 расщеплением. А поскольку собственным значением квантового оператора скорости является только плюс-минус скорость света, это расщепление следует считать первичным. Не удивительно, что все частицы рождаются в световом исходном состоянии как «безмассовые», обретая ненулевую массу покоя после столкновений с другими частицами, изменяющими ориентацию их 3-импульсов на противоположные. В результате усреднения 4-импульсов нулевой длины исходных световых «безмассовых» частиц и возникает обычное 1+3 расщепление мира событий на макроскопическое время и пространство среды взаимодействующих частиц с их в среднем уже времени-подобными 4-импульсами и с размытой пространственной траекторией: ломаная линия со звеньями нулевой длины как бы образует размытую линию времени частицы, испытывающей на самом деле световое дрожание.

Первоначальную плотность естественно считать предельной планковской плотностью. Но тогда это мир де Ситтера планковской плотности с радиусом кривизны $1,6 \cdot 10^{-13} \text{ см}$. Большой Взрыв естественно связать с релятивистским фазовым переходом вакуума. Сохраняющаяся масса Метагалактики (вакуум плюс вещество) была вакуумной массой, и вакуум почти всю свою массу отдал частицам вещества (в том числе излучения) как квантам возбуждения вакуума. Возник однополостный гиперболоид с радиусом кривизны перешейка 10^{28} см . Рост радиуса кривизны на 41 порядок вызвал падение плотности на 123 порядка от планковской плотности до плотности наблюдаемой критической порядка 10^{-29} г/см^3 . Соответственно, космологический член уменьшился примерно на 82 порядка с величины примерно 10^{26} см^{-2} до величины 10^{-56} см^{-2} .

Масса Метагалактики равна массе струны планковской плотности, планковского сечения и длиной 10^{28} см . Эта струна словно была вначале плотно упакована в 3-сфере, а затем фрагментировалась в 3-сферу размера длины струны 10^{28} см : фрагментация отвечала распаду вакуума. Сегодняшняя расширяющаяся Вселенная имеет асимптотикой новый мир де Ситтера, новый однополостный гиперболоид с радиусом кривизны перешейка величиной (вместо прежнего размера порядка 10^{-13} см) всё тех же 10^{28} см .

Изложенные выше результаты, касающиеся фридмонов, частично содержатся в предыдущих наших публикациях [3–5] и приведены здесь для напоминания и полноты картины. Новым сейчас является более полное привлечение идеи дуальностей. Существует две дуальности: Т-дуальность и S-дуальность. Первая связана с энергетической эквивалентностью топологических и осцилляционных энергетических мод частиц. 4-Импульс частицы равен $(h\varpi, h\varpi, 0, 0)$, где h – постоянная Планка, а частота связана со скоростью света и с длиной волны соотношением $\varpi = c/2\pi\lambda$. Если многомерную частицу представить вначале в виде шланга, то осцилляционные моды отвечают контурам без намотки вокруг него, а топологические – определяются числами намотки. При дуальном преобразовании $l \rightarrow l_f^2/l$ осцилляционные и топологические моды меняются местами, и начальная и конечная их совокупности энергетически эквивалентны друг другу. Рассмотренная выше дуальность – это Т-дуальность самодуального фридмона длины l_f и дуальных друг другу величин планковской длины и начального размера Метагалактики планковской плотности. Мы замечаем, что Т-самодуальные фридмоны отвечают распаду начальной симметрии $\tilde{E}(8)$ физических взаимодействий до точной симметрии группы $S\tilde{U}(2)$, а планковская длина и размер нуклона примерно отвечают распаду начальной симметрии $E(8)$ до точных Т-дуальных симметрий Стандартной модели $SU(3)$ и $U(1)$.

S-дуальность отвечает эквивалентности систем с константами взаимодействия g и $1/g$. Вспомним, что гравитационное взаимодействие примерно на 39 порядков слабее электромагнитного, определяемого постоянной тонкой структурой $1/137$, и на 41 порядок слабее сильного взаимодействия с

константой 1. Взаимодействие, S-дуальное данному взаимодействию, тогда на 41 порядок сильнее сильного взаимодействия, что как раз и отвечает различию масштабов начального радиуса кривизны 10^{-13} см Вселенной с планковской плотностью и современного его значения 10^{28} см . Таким образом, начальное и современное состояния Вселенной энергетически друг другу эквивалентны. Наблюдаемая материя есть результат распада начального мира де Ситтера планковской плотности, а конечное асимптотическое состояние расширяющейся Вселенной – это мир де Ситтера с критической плотностью, на 123 порядка меньшей плотности начальной.

Данная работа выполнена в рамках Программы ПРАН П7 «Экспериментальные и теоретические исследования объектов Солнечной системы и планетных систем звёзд. Переходные и взрывные процессы в астрофизике».

Данная работа выполнена в рамках Программы ПРАН П7 «Экспериментальные и теоретические исследования объектов Солнечной системы и планетных систем звёзд. Переходные и взрывные процессы в астрофизике».

ЛИТЕРАТУРА

1. Polishchuk R.F. Tetrad Currents in General Relativity // Gravitation and Cosmology. – 1997. – V. 2(3). – P. 123–129.
2. Полищук Р.Ф. Тетрадные токи торсионных полей Картана // Восьмая международная научная школа «Наука и инновации – 2013». – Йошкар-Ола, ПГТУ, 2013. – С. 93–108.
3. Полищук Р.Ф. Гипотеза фридмонов как частиц тёмной материи // Материалы конференции «Астрофизика высоких энергий». НЕА-2011, 13–16 декабря 2011 г. – М.: ИКИ РАН, 2011. – С. 62–63.
4. Полищук Р.Ф. Гипотеза фридмонов как частиц тёмной материи // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2012. – Т. 39 (8). – С. 10–15. Polishchuk R.F. Hypothesis of Friedmons as Dark Matter Particles // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2012. – Vol. 39 (8). – P. 226–228.
5. Полищук Р.Ф. Связь масштабов объединения физических взаимодействий с массами Метагалактики и звёзд // Девятая международная научная школа «Наука и инновации – 2014». Йошкар-Ола, ПГТУ, 7–12 июля 2012 г. – 2014. – С. 107–113.

HYPOTHESIS OF FRIEDMONS AND OF THE COSMOLOGICAL TERM DISSOCIATION

R.F. Polishchuk

P.N. Lebedev Physics Inst. of Russian Academy of Sciences, Astrospace Center

Hypothesis of friedmons as dark matter particles is proposed. Friedmons are stable particles with mass as billion masses of nucleons. The corresponding hypothetical exact symmetry group $S\tilde{U}(2)$ is dual to the group $SU(2)$ of the broken symmetry in frame of the Standard model with stable particles for the other exact symmetry groups $SU(3), U(1)$. There is proposed also hy-

pothesis of a dissociation of primordial de Sitter world with the Planckian density to the modern expanding Universe with the modern critical density. Then the T-duality and S-duality hypothesis of the dissociation of primordial symmetry group $E(8) \times \tilde{E}(8)$ into the subgroups $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ and the dual subgroups $S\tilde{U}(3) \times S\tilde{U}(2) \times \tilde{U}(1)$ is proposed. These dualities connect the minimal Planckian length 10^{-33} cm with the primordial curvature radius 10^{-33} cm of the Universe with the Planckian density ($5 \cdot 10^{93} \text{ g/cm}^3$) and with the modern curvature radius of the Universe 10^{28} cm . This thesis corresponds to the possible connection between the Planckian mass (near 10^{-5} g) and mass of the Universe (near 10^{56} g).

Key words: dual symmetries, dark matter, friedmons, dissociation of vacuum.

This work is made in frame of the Program of the Russian Academy of Sciences P7 "The experimental and theoretical investigations of the Solar system objects and the planetary star systems. Transient and explosive processes in the astrophysics".

ШКАЛЫ КОСМОЛОГИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ ПО КРАСНОМУ СМЕЩЕНИЮ: СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ

С.Ф. Левин

Московский институт экспертизы и испытаний

Проведен анализ точности на основе критерия воспроизводимости для шкал космологических расстояний по красному смещению в модели Фридмана–Робертсона–Уокера и в интерполяционной модели.

Ключевые слова: красное смещение, модель Фридмана–Робертсона–Уокера, интерполяционная модель, погрешность неадекватности, метод совместных измерений, критерий воспроизводимости.

Введение

В конце 2011 г. Б.П. Шмидт в нобелевской лекции [1] отметил удивительный, с точки зрения метрологии математических моделей объектов измерений, факт:

«К середине 1997 г. нашей группой по изучению далеких сверхновых были проведены наблюдения четырех объектов с помощью космического телескопа им. Хаббла, и еще десять более удаленных объектов должны были наблюдаться для достижения конечной цели проекта – измерения q_0 (*параметра замедления*. – С.Л.). Однако имелись некоторые проблемы, связанные со статистикой, которые необходимо было решить. В принципе, измерить q_0 можно из наблюдения нескольких SN (*сверхновых*. – С.Л.) с известным красным смещением и расстоянием. Красные смещения измеряются с высокой точностью, а ошибки при измерении расстояний подчиняются нормальному распределению. Казалось бы, классический метод χ^2 вполне подходит. Исключение составляют области в пространстве параметров, в которых точная формула Маттига (уравнение (8)) неверна, и объекты, для которых разложение в ряд Тейлора (5) не является точным. С другой стороны, уравнение (12) включает все возможности, однако в пространстве параметров были области недопустимых значений, такие как, например, вещество с отрицательной энергией. В 1996 г. при обсуждении в СТЮ этого вопроса с коллегами из группы SCP (*Supernova Cosmology Project*. – С.Л.) выяснилось, что обе группы озадачены этими статистическими проблемами – не то чтобы они не были известны науке, а просто мы были новичками в этой области. Вот мы и думали, как найти решение. Адам Рисс, который в своей диссертации подробно занимался статистическими методами, после обсуждения этих вопросов с Биллом Прессом предложил обратить критерий χ^2 в вероятность,

наложить предварительные условия на эту вероятность (например, запретить отрицательное вещество) и проинтегрировать по этому пространству для нахождения распределения вероятности интересующих нас параметров. Сегодня это кажется обычным делом, но в 1996 г. никто из нас не мог припомнить, чтобы такой метод применялся прежде в астрономических исследованиях. Это было довольно нетривиальным делом с вычислительной точкой зрения, так что Адам Рисс, Питер Гарнавич и я независимо написали программы для этих вычислений».

Шкалы космологических расстояний по красному смещению в космологии должны играть особую роль в силу универсальности красного смещения в спектрах внегалактических источников (примеры см. в табл.). Однако до сих пор они остаются шкалами порядка, в которых собственно красное смещение используется в качестве индикатора удаленности, причем из-за наличия разброса его оценок отношения порядка на этих шкалах строго не соблюдаются.

Поэтому ниже название «шкала», с точки зрения термина «шкала измерений физической величины» [2], условно для любой зависимости расстояния D от красного смещения z .

В своей лекции Б.П. Шмидт упомянул три уравнения.

Формула Маттига и уравнение для фотометрического расстояния в модели Фридмана–Робертсона–Уокера даны в таблице, а разложение в ряд Тейлора собственно формулы для фотометрического расстояния на основе закона обратных квадратов имеет вид

$$D_L \approx (c/H_0) \cdot [z + 0,5 \cdot (1 - q_0) \cdot z^2].$$

Что ж такого «не то чтобы не было известно науке» было в приведенном отрывке из [1]?

Таблица

Примеры шкал космологических расстояний на основе красного смещения [2–9]

1929 г.	Шкала Хаббла [2]: $D = (c/H_0) \cdot z$, где H_0 – постоянная Хаббла. Шкала Доплера: $D = (c/H_0) \cdot [(z+1)^2 - 1] / [(z+1)^2 + 1]$.
1958 г.	Шкала Маттига [3]: $D(z) = [c / (H_0 q_0^2)] \cdot [q_0 z + (q_0 - 1) \cdot (\sqrt{2q_0 z + 1} - 1)]$.
1960 г.	Модель Хойля [4]: $cz = H_0 D + KD^2$, где K – параметр кривизны пространства.
1966 г.	Шкала на основе редукции модели Хойля по данным [5]: $D = (c/H_0) \cdot z / (1 + z)$.
1980 г.	Интерполяционные модели красного смещения с параметром формы k [6]: $z = [1 + H_0 \cdot D_L / (kc)]^k - 1$ и $z = (H_0/c) \cdot D_L \cdot [1 + k \cdot (H_0/c) \cdot D_L]^k$. (1)
1992 г.	Шкала фотометрических расстояний в модели Фридмана–Робертсона–Уокера [7]: $D_L = \frac{c}{H_0} \cdot \frac{1+z}{\sqrt{ \Omega_k }} \cdot \begin{cases} \sin \varphi(z), \Omega_k < 0 \\ \varphi(z), \Omega_k = 0 \\ \text{sh } \varphi(z), \Omega_k > 0 \end{cases}, \quad \varphi(z) = \sqrt{ \Omega_k } \int_0^z \frac{z'}{[(1+z')^2(1+\Omega_M z') - \Omega_\Lambda z'(2+z')]^{1/2}} dz'$ где c – скорость света, H_0 – постоянная Хаббла, Ω_M – плотность масс, Ω_Λ – плотность энергии вакуума, $\Omega_k = 1 - \Omega_M - \Omega_\Lambda$ – параметр кривизны. (2)

2012 г.	Интерполяционная шкала с разрывом 2-го рода и поправкой Арпа–Трюмплера K' [8]: $D_L = z / [(1+z) \cdot (H_0 / c) + K' \cdot 10^{5-0,2m}],$ где m – наблюдаемая звездная величина объекта.
2014 г.	Уравнение шкалы фотометрических расстояний с учетом гравитационного красного смещения [9]: $(1 - D_L / R_0) \sqrt{1 - 2K_r T_e^2 D_L 10^{5-0,2m}} = 1 / (1 + z),$ где K_r – отношение гравитационного и геометрического радиусов, T_e – эффективная температура.

Проблемы, связанные со статистикой

Проблемы применения вероятностно-статистических методов вообще и метода совместных измерений с соответствующим программным обеспечением в частности при решении измерительных задач могут оказаться неизвестными и для некоторых специалистов [10; 11].

Во-первых, термин «измерение» в [12] и многих других документах Государственной системы обеспечения единства измерений используется в переносном смысле, так как, «строго говоря, все измерения прямые» [13], а прочие «измерения» предусматривают значительные вычисления по моделям, что является ключевым в определении термина «измерительная задача» [14]. Следует использовать названия «метод прямого измерения», «метод косвенного измерения» согласно [15] и т.п. Это сохраняет в термине переносный смысл слова «измерение», отделяет методы решения измерительных задач от методов измерений и акцентирует внимание на погрешностях неадекватности, идентификация которых является обязательным элементом метода совместных измерений [14].

Во-вторых, ранее погрешности неадекватности отождествляли с погрешностями аппроксимации интерпретирующими моделями данных совместных измерений. Эта путаница приводила к тому, что при равенстве числа параметров интерпретирующей модели числу интерпретируемых данных погрешности аппроксимации могли быть равными нулю, а с увеличением числа данных на единицу новый отсчет мог оказаться выделяющимся результатом и требовать переопределения параметров модели.

Это явление частично устранялось сочетанием метода совместных измерений с методом повторных измерений и определением распределения отклонений от характеристики положения интерпретирующей модели.

Однако корректное определение погрешности неадекватности как погрешности предсказания моделью в схеме перекрестного наблюдения было дано в методе максимума компактности (ММК) после введения в практику метрологии критерия воспроизводимости [14].

Предупреждение о негативных последствиях использования погрешностей аппроксимации в качестве погрешностей неадекватности содержал еще Справочник по математике для научных работников и инженеров [16]: «Никогда не следует применять одну и ту же выборку для оценки и для провер-

ки. Заметим, наконец, что статистические критерии не могут доказать ни одной гипотезы: они могут лишь указать на «отсутствие опровержения». Указанное явление становится причиной потери непараметрическими критериями «свободы от распределения» при проверке сложных гипотез, «когда по той же самой выборке оценивают параметры наблюдаемого закона распределения вероятностей» [8; 17]. Эту проблему как раз и исключает схема перекрестного наблюдения в ММК.

В-третьих, проблему создает произвол в выборе уровня значимости при статистической проверке непараметрических гипотез, превращающий проверку в иллюзию доказательства. Предпочтительнее достигнутый уровень значимости и минимум расстояния между статистическим распределением и моделью распределения вероятностей (так называемой MD-оценки) [18] или максимум правдоподобия и минимум среднего модуля погрешности неадекватности (СМПН) $\bar{\varepsilon}_v^{[s]}$ модели с кодом структуры v , где $s = 1$ для метода наименьших модулей (МНМ) и $s = 2$ для метода наименьших квадратов (МНК). Соответственно алгоритмы структурно-параметрической идентификации в ММК получили обозначение ММКМНМ, ММЕМНК, ММКМЕДС и т.п. [14].

В-четвертых, погрешности неадекватности зависят и от метода оценивания параметров.

Хотя МНМ был предложен раньше МНК, из-за сложности вычислений широкого распространения он не получил. Но в 1853 г. П.Л. Чебышёв сформулировал и решил задачу о наилучшем приближении непрерывной функции $F(x)$ функциями $S(x)$ из заданного класса функций в равномерной метрике вида $\sup |F(x) - S(x)|$.

В 1914 г. А.С. Эддингтон, несмотря на рекомендации большинства учебников по статистике, указал на предпочтительность использования в качестве масштаба рассеяния среднего абсолютного отклонения d (САО) перед среднеквадратическим отклонением s (СКО). В 1920 г. ему возразил Р.А. Фишер. Спор известных статистиков, астрофизика и биолога, в 1960 г. разрешил Дж. Тьюки схемой «ε-загрязнения» $F(x) = (1 - \varepsilon)F_G(x; m, \sigma) + \varepsilon F_G(x; m, 3\sigma)$ распределения Гаусса $F_G(x; m, \sigma)$, выбросами с распределением того же вида, но с утроенным рассеянием и весом $0 < \varepsilon < 1$: если $\varepsilon = 0$, то 12,4%-е преимущество по относительной эффективности принадлежит СКО, но уже при $\varepsilon = 0,0018$ преимущество СКО сводится на нет, а при $\varepsilon = 0,05$ преимущество достигает 203,5% в пользу САО (подробнее см. [9]).

В-пятых, «нетривиальным делом с вычислительной точки зрения» был минимум того, что в статье [19] Адам Рисс назвал статистикой « χ^2 »:

$$\prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_{\mu_0,i}^2 + \sigma_v^2)}} \cdot e^{-0,5 \sum_i [\mu_{p,i}(z_i; H_0, \Omega_M, \Omega_\lambda) - \mu_{0,i}]^2 / (\sigma_{\mu_0,i}^2 + \sigma_v^2)} = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_{\mu_0,i}^2 + \sigma_v^2)}} \cdot e^{-\chi^2/2}, \quad (3)$$

где $\mu_{0,i}$ – модуль фотометрического расстояния i -й SN, $\sigma_{\mu_0,i}^2$ и σ_v^2 – дисперсии оценок соответственно $\mu_{0,i}$ и пекулярных составляющих красных смещений

галактик в единицах модулей расстояния μ_0 , $\mu_{p,i}$ – предсказываемое моделью значение модуля.

В-шестых, в формуле (3) допущена, скорее всего, опечатка: выражение $\mu_{p,i}(z_i; H_0, \Omega_M, \Omega_\Lambda)$ должно иметь вид $\mu_p(z_i; H_0, \Omega_M, \Omega_\Lambda)$ и представлять на основе соотношения (2) шкалу фотометрических расстояний как непрерывную функцию красного смещения:

$$D_L = 10^{-5+0,2\mu_p(z; \hat{H}_0, \hat{\Omega}_M, \hat{\Omega}_\Lambda)}.$$

В-седьмых, статистическая идентификация моделей требует обобщения понятия статистической однородности данных до понятий стохастической компактности и композиционной однородности [14]. В методе максимального правдоподобия, который Р. Фишер развивал еще с 1912 г., функция (3) – это функция правдоподобия для отклонений от общей характеристики положения $\mu_p(z; H_0, \Omega_M, \Omega_\Lambda)$ случайной функции неравноточных данных, причем каждому отклонению просто приписано «нормальное распределение» с индивидуальным параметром рассеяния. Логарифмирование функции (3) приводит к системе нормальных уравнений метода взвешенных наименьших квадратов, давно имеющего «дурную славу».

Конечно, статистика критерия χ^2 имеет «несколько» другой вид, но дело не в названии.

Длительное время из одной книжки по метрологии в другую переписывался пример о трех группах незадачливых гравиметристов. Они измеряли ускорение свободного падения грубыми средствами и, объединив результаты с весовыми коэффициентами, обратно пропорциональными их дисперсиям, получили более верную цифру в четвертом знаке после запятой.

Об этой разновидности бесплатного повышения точности еще в 1913 г. определенно высказался приват-доцент Санкт-Петербургского императорского университета и Товарищ председателя Русского астрономического общества господин В.В. Серафимов: «Сколько раз ни повторять грубое измерение, никогда в среднем результате не получить той точности, которую дало бы одно хорошее измерение» [20]. А взвешенное среднее, дисперсия которого меньше меньшей дисперсии компонентов, и является оценкой метода взвешенных наименьших квадратов, не говоря уже о том, что это – случай статистически неоднородных данных.

В исходные данные группы High-Z SN Search Team [19] вошли 27 SN Ia с «низкими» красными смещениями $z = 0,00834...0,1245$ при $\mu_0 = 32,79...39,10$ (в том числе 16 из [21]) и 10 SN Ia с «высокими» красными смещениями $z = 0,30...0,97$ при $\mu_0 = 41,38...44,39$. Самым подозрительным объектом была SN 1997k с наибольшим модулем фотометрического расстояния $\mu_0 = 42,40$ и наибольшим красным смещением $z = 0,97$. Данные группы Supernova Cosmology Project [22] включали 18 SN Ia с «низким» красным смещением $z = 0,014...0,101$ [23] и 42 SN Ia с «высоким» красным смещением $z = 0,172...0,830$.

В-восьмых, в статьях [19; 22] критерием оптимальности был выбран минимум «статистики χ^2 » и получен целый ряд результатов с различными значениями («статистики») χ^2 .

В статье [19] модули μ_0 уточнялись методами MLCS (Multicolor light curve shape) [23; 24] и TFM (Template-fitting method) [21; 25]. Для «плоской» космологии ($\Omega_k = 0$) с исключением сверхновой SN 1997ck MLCS дал $\Omega_M = 0,28 \pm 0,10$ и $q_0 = -0,98 \pm 0,40$ при « χ^2 » = 1,19. В этом случае TFM дает $\Omega_M = 0,17 \pm 0,09$ и $q_0 = -1,34 \pm 0,40$ при « χ^2 » = 1,03.

Возвращение в выборку сверхновой SN 1997ck меняет оценки. MLCS дает $H_0 = 65,2 \pm 1,3$ км·с⁻¹·Мпк⁻¹, $\Omega_M = 0,00^{+0,60}_{-0,00}$, $\Omega_\Lambda = 0,48^{+0,72}_{-0,24}$ и $q_0 = -0,74 \pm 0,32$ при « χ^2 » = 1,17 в отсутствие ограничений на параметры модели (2), а для «плоской» космологии – $\Omega_M = 0,24 \pm 0,10$. В этом случае TFM-оценки дали $H_0 = 63,7 \pm 1,3$ км·с⁻¹·Мпк⁻¹, $\Omega_M = 0,72^{+0,44}_{-0,56}$, $\Omega_\Lambda = 1,48^{+0,56}_{-0,68}$ и $q_0 = -1,11 \pm 0,32$ при меньшем значении « χ^2 » = 1,04 и отсутствии ограничений, а для «плоской» космологии – $\Omega_M = 0,20 \pm 0,09$.

В статье [22] модель (2) использовалась для выражения эффективных звездных величин в фильтре B . Подгонка согласно [21] для 60 SN Ia при « χ^2 » = 1,75 дала $\Omega_M = 0,83$ и $\Omega_\Lambda = 1,42$, а для «плоской» космологии – $\Omega_M = 0,29^{+0,09}_{-0,08}$. Исключение выбросов (по отклонению и по коэффициенту расширения) при « χ^2 » = 1,16 уточнило оценки до $\Omega_M = 0,85$ и $\Omega_\Lambda = 1,54$ и до $\Omega_M = 0,26^{+0,09}_{-0,08}$ для «плоской» космологии. Дополнительное исключение двух SN Ia за счет возможного «покраснения» дало $\Omega_M = 0,73$ и $\Omega_M = 1,32$ при « χ^2 » = 1,12 и для «плоской» космологии – $\Omega_M = 0,28^{+0,09}_{-0,08}$. При этом было отмечено, что «переход между замедлением и ускорением произошел при $z \approx 0,73$ или более $6 \cdot 10^9$ лет назад, когда взорвалась SN 1997G».

Анализ погрешностей шкал космологических расстояний

Для построения шкалы $D_L(z)$ космологических расстояний по красному смещению группами High-Z SN Search Team [19] и Supernova Cosmology Project [22] сделано почти все, кроме корректной постановки измерительной задачи и эффективного ее решения. Все было нацелено на параметр замедления. Поэтому результаты идентификации модели (2) со свободными параметрами H_0 , Ω_M и Ω_Λ в статьях [19; 22] были подвергнуты анализу по критериям воспроизводимости на основе P 50.2.004–2000 [14].

При предварительном анализе было отмечено следующее.

1. Оценки свободных параметров модели (2) для «плоской космологии» (в [19] $\Omega_M = 0,24$ и $q_0 = -0,64$ при $H_0 = 65,2$ км·с⁻¹·Мпк⁻¹, в [22] – $\Omega_M = 0,28$ и $q_0 = -0,58$ при $H_0 = 63$ км·с⁻¹·Мпк⁻¹) как основные результаты – не самые правдоподобные по критерию минимума « χ^2 ».

2. Ценность сверхновых как «стандартных свечей» заключается в стабильности их абсолютной звездной величины на максимуме блеска. Согласно [19] эта величина в фильтре B составляет $M_{B\ st} \approx -19,5^m$. Но в этой же статье указано, что отклонения от шаблона светимости SN Ia и составили

$\Delta = -0,52...+0,29$ для SN Ia с «высокими» и $\Delta = -0,61...+0,40$ для SN Ia с «низкими» красными смещениями. Кроме того, в статье [19] в состав выборки была включена SN 1992bs, для которой $\Delta = 0$. Сопоставление с данными СТИО [21] позволило установить, что $M_{B\ st} = -19,37^m$. В то же время анализ данных [22] по условию независимости стандарта светимости от расстояния дает $M_{B\ st} \approx -17,5^m$ при параметре наклона этой зависимости $\sim 10^{-13}$ и разбросе отдельных значений в пределах от $-16,5^m$ до $-18,3^m$ [26].

3. Для сверхновых, использованных в статьях [19; 22], красное смещение принималось, как правило, по красному смещению материнских галактик. Исключение составили, как указано в [16], SN 1996I, SN 1996K, SN 1997ce и SN 1997cj, для них красное смещение оценивалось непосредственно по спектрам SN Ia. Однако дипольная анизотропия красного смещения у галактик, максимум которой приходится на центр северного галактического окна прозрачности на границе созвездия Льва [27], учтена не была.

4. Распределение данных [19; 22] по красному смещению и фотометрическим расстояниям равномерному и сбалансированному плану измерений пассивного эксперимента не соответствует [28]. Для распределения отклонений данных [19] от MLKS-модели диаграммы Хаббла при $\Omega_M = 0,24$ со средним абсолютным отклонением (CAO) $d_\Omega = 0,1456^m$ [29] распределение Гаусса по степени правдоподобия не является даже вторым. В то же время CAO $d_\Omega = 0,1449^m$ обладает и наиболее правдоподобная по минимуму СМПН ($\varepsilon_\Omega = 0,1768^m$ [29]) ММКМНК-модель с 6-ю параметрами в классе логарифмических моделей [30]:

$$\mu_p(z) = \theta_0 + \sum_{j=1}^7 \theta_j \cdot (\lg cz)^j .$$

5. Интеграл в модели (2) в «плоской» космологии в интервале $0 < z < 1$ является монотонной функцией. На диаграммах Хаббла [19] характеристики положения лучших подгонок имеют максимум как раз в точке $z = 0,97$ с SN 1997ck! При этом вычисление интеграла для $\Omega_M = 0,24$ и модельного расстояния $D_L(0,97) = 7088,3$ Мпк расходится с его принятым значением в исходных данных $D_L^* = 10^{-5+0,2\cdot 44,39} = 7550,9$ Мпк или 24,6 млрд св. лет. Те же вычисления для SN 1997G ($z = 0,763$) дают 3854,9 Мпк, тогда как $6 \cdot 10^9$ св. лет – только 1841,6 Мпк.

Дальнейший анализ проводился по объединенным данным [19; 22] (рис. 1), проверка композиционной однородности которых по критерию минимума СМПН характеристик положения [14] в классе степенных рядов дала положительный результат (рис. 2).

Наилучшей оказалась ММКМНК-модель с тремя параметрами при СМПН $\bar{\varepsilon}_{111}^{[2]} = 4,57 \cdot 10^{-2}$:

$$z_{111}^{[2]}(D_L) = 1,11228 \cdot 10^{-3} + 2,337051 \cdot 10^{-4} \cdot D_L - 1,444264 \cdot 10^{-8} \cdot D_L^2 .$$

Однако это выражение монотонно возрастающей функцией не является.

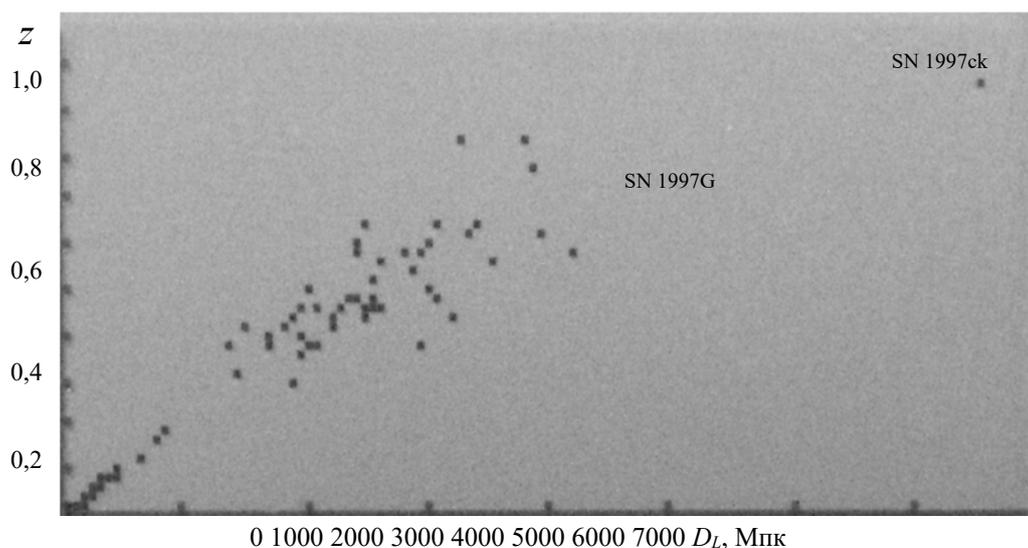


Рис. 1. Зависимость красного смещения для сверхновых от расстояния (объединенные данные [19, 22])

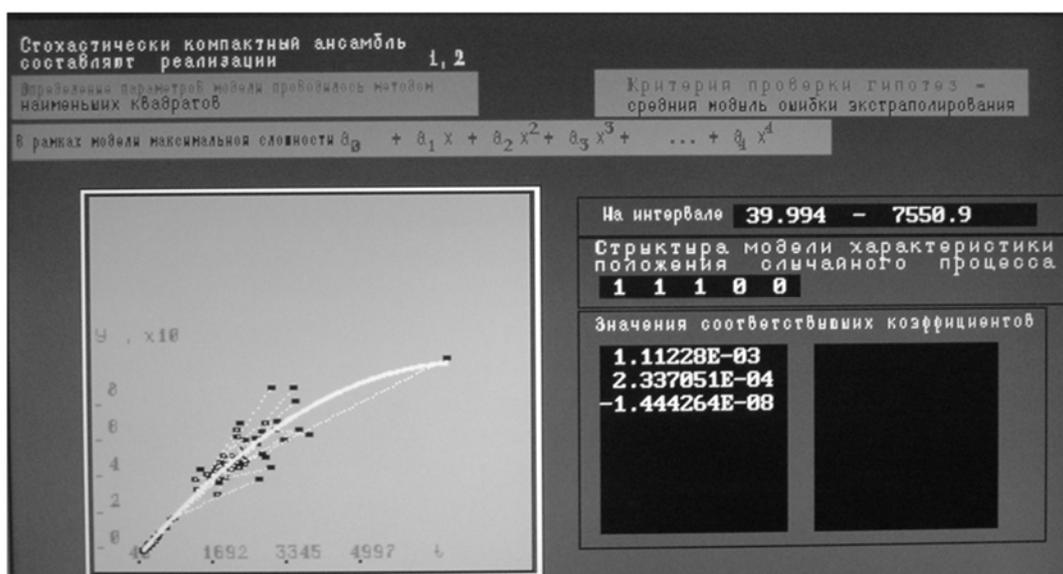


Рис. 2. Результат структурно-параметрической идентификации объединенных данных

Исключение SN 1997ck дает $\bar{\varepsilon}_{1101}^{[2]} = 4,1 \cdot 10^{-2}$, что ситуацию не меняет, а МНМ-оценка даже с учетом SN 1997ck при $d_{111}^{[1]} = 4,1 \cdot 10^{-2}$ дает

$$\tilde{z}_{111}^{[1]}(D_L) = -2,770074 \cdot 10^{-3} + 2,330802 \cdot 10^{-4} \cdot D_L - 1,381280 \cdot 10^{-12} \cdot D_L^3.$$

Вместе с тем при разделении данных [19; 22] на четыре выборки, по две с «низкими» и «высокими» красными смещениями, проверка композиционной однородности дала отрицательный результат, но объединила выборки SN Ia с «высокими» красными смещениями.

Методика [31] допускает сравнение моделей при равном числе параметров не по СМПН, а по САО погрешностей аппроксимации, что делает процедуру не только проще и нагляднее, но и повышает устойчивость этих оценок по сравнению с СКО при наличии в выборке выделяющихся результатов. Тогда с установленными в [19] и [22] параметрами шкалы космологических расстояний, построенные по объединенным данным, будут характеризоваться соответственно $dd' = 429,3$ Мпк и $dd'' = 460,4$ Мпк.

По этим же данным и методом наименьших модулей была подвергнута параметрической идентификации модель (1) в виде уравнения шкалы фотометрических расстояний

$$D_L = (kc/H_0)[(1+z)^{1/k} - 1], \quad (4)$$

где k – параметр формы. Случай $k < 0$ соответствует разлету неких источников излучения из общего центра с различными начальными скоростями, что приводит к почти линейной зависимости их скорости от расстояния, искажаемой запаздыванием, и разрыву 2-го рода при $D_L = |k|c/H_0$. При $k > 0$ эта модель дает монотонно возрастающую зависимость от расстояния и допускает доплеровскую интерпретацию, но она не является единственной.

Проверка корректности параметризации модели (4) согласно [14] подтвердила отсутствие зависимости параметра формы k от расстояния. Лучшее по критерию минимума САО согласование с объединенными данными дают МНМ-оценки $k = 0,499$ и $H_0 = 77,3$ км·с⁻¹·Мпк⁻¹ при $dd = 278,3$ Мпк, а относительные погрешности определения расстояния носят мультипликативный характер и в среднем составляют ~15 % значений на границе выборки ~41 %.

Заключение

Шкалы космологических расстояний, фактически полученные в рамках модели Фридмана–Робертсона–Уокера, по компактности распределения остаточных отклонений от характеристики положения уступают интерполяционной шкале. Относительные погрешности определения расстояний в космологии по красному смещению в спектрах излучения внегалактических объектов остаются на уровне выше 15 %, что и является решающим при ответе на вопрос, почему за выводом об «ускорении расширения Вселенной» не последовало построение шкалы космологических расстояний по красному смещению.

Результаты групп High-Z SN Search Team и Supernova Cosmology Project требуют уточнения в плане корректности применения методов статистической идентификации. Негативную роль в этом отношении играет вера в «нормальность распределения».

В силу универсальности шкал космологических расстояний по красному смещению проблема их структурно-параметрической идентификации ме-

тодом совместных измерений является одной из важнейших в космологии. Наличие статистических отклонений в порядке следования значений красного смещения и фотометрических расстояний указывает на необходимость дополнительного учета физических характеристик сверхновых, их материнских галактик и, по всей видимости, среды, в которой распространяется излучение от внегалактических объектов, для построения метрической шкалы космологических расстояний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шмидт Б.П.* Ускоренное расширение Вселенной по наблюдениям далеких сверхновых / Нобелевская лекция. Стокгольм. 08.12.2011 г. // Успехи физических наук. – 2013. – Т. 183. – № 10. – С. 1078–1089.
2. *Hubble E.* A relation between distance and radial velocity among extragalactic nebulae // Proc. NAS. – 1929. – V. 15. – P. 168–173.
3. *Mattig W.* Über den Zusammenhang zwischen Rotverschiebung und scheinbaren Helligkeit // Astro. Nachricht. – 1958. – V. 284. – P. 109–111.
4. *Хойль Ф.* Проверка космологии наблюдениями // Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. – М.: ИЛ, 1962. – С. 372–400.
5. *Sandage A.R.* The distance scale // Problems in extragalactic research / ed. G. McVittie. – New York: Macmillan, 1962.
6. *Левин С.Ф.* Оптимальная интерполяционная фильтрация статистических характеристик случайных функций в детерминированной версии метода Монте-Карло и закон красного смещения. – М.: НСК АН СССР, 1980.
7. *Carroll S., Press W., Turner E.* The Cosmological Constant // Annual Review of A & A. – 1992. – V. 30. – P. 499–542.
8. *Левин С.Ф.* Шкала космологических расстояний на основе интерполяционной модели красного смещения // Измерительная техника. – 2012. – № 6. – С. 12–14 / *Levin S.F.* Cosmological distances scale based on a red shift interpolation model // Measurement Techniques. – 2012. – V. 55. – № 6. – P. 609–612.
9. *Левин С.Ф.* Большой взрыв: философия, статистика и физика // Метафизика. – 2014. – № 3 (13). – С. 111–138.
10. *Левин С.Ф.* Статистические методы и метрологическая аттестация программного обеспечения измерительных систем // Измерительная техника. – 2008. – № 11. – С. 14–19; *Levin S.F.* Statistical methods and metrological validation of measurement system software // Measurement Techniques. – 2008. – V. 51. – № 11. – P. 1162–1170.
11. *Левин С.Ф.* Философские проблемы и статистические методы фундаментальной метрологии // Метафизика. – 2012. – № 3 (5). – С. 89–118.
12. РМГ 83–2007 ГСИ. Шкалы измерений. Термины и определения.
13. РМГ 29–2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
14. Р 50.2.004–2000 ГСИ. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения.
15. ГОСТ 8.061–80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.
16. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968.
17. ГОСТ Р 50779.10–2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.

18. Р 50.1.037–2002 Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть II. Непараметрические критерии.
19. *Riess A.G. et al.* Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant // *Astronomical journal*. – 1998. – V. 116. – P. 1009–1038.
20. *Левин С.Ф.* Метрология. Математическая статистика. Легенды и мифы 20-го века: Легенда о неравнозначности // *Партнеры и конкуренты*. – 2000. – № 3. – С. 19–23.
21. *Hamuy M. et al.* The Morphology of Type IA Supernovae Light Curve // *Astronomical Journal*. – 1996. – V. 112. – No 6. – P. 2438–2447.
22. *Perlmutter S. et al.* Measurements of Ω and Λ from 42 high-red shift supernovae // *Astrophysical Journal*. – 1999. – V. 517. – P. 565–586.
23. *Riess A.G., Press W.H., Kirshner R.P.* Using Type IA supernova light curve shapes to measure the Hubble constant // *Astrophysical Journal*. – 1995. – V. 438. – № 1. – P. L17–L20.
24. *Riess A.G., Press W.H., Kirshner R.P.* Is the Dust Obscuring Supernovae in Distant Galaxies the Same as Dust in the Milky Way? // *Astrophysical Journal*. – 1996. – 473. – P. 588–594.
25. *Hamuy M. et al.* A Hubble diagram of distant type IA supernovae // *Astronomical Journal*. – 1995. – V. 109. – No 1669. – P. 1–13.
26. *Левин С.Ф.* Шкала космологических расстояний. Ч. 3: Реперы по красному смещению // *Измерительная техника*. – 2014. – № 9. – С. 8–12; *Levin S.F.* Cosmological distances scale. P. 3. Red shift Standards // *Measurement Techniques*. – 2014. – V. 57. – № 9. – P. 960–966.
27. *Левин С.Ф.* Измерительные задачи статистической идентификации шкалы космологических расстояний // *Измерительная техника*. – 2011. – № 12. – С. 17–22; *Levin S.F.* Measurement problems in the statistical identification of the scale of cosmological distances // *Measurement Techniques*. – 2011. – V. 54. – № 12. – P. 1334–1341.
28. *Левин С.Ф.* Проблемы применимости статистических методов в космологии // *Ядерная физика и инжиниринг*. – 2014. – Т. 5. – № 9–10. – С. 813–818.
29. *Levin S.F.* Measurement Problem of Structural-Parametric Identification on Supernovae Type SN Ia for Cosmological Distances Scale of Red Shift Based // *International Scientific Conference «Physical Interpretations of Relativity Theory»*. Moscow, 29 June – 2 July 2015. Abstracts. – М.: ВМСТУ, 2015. – P. 42–44.
30. *Левин С.Ф.* Идентификация интерпретирующих моделей в теории гравитации и космологии // *Physical Interpretations of Relativity Theory. Proceedings of International Scientific Meeting PIRT-2003*. Moscow: 30.06 – 03.07.2003. – М.: Liverpool, Sunderland, 2003. – P. 72–81.
31. МИ 2916–2005 ГСИ. Идентификация распределений вероятностей при решении измерительных задач.

COSMOLOGICAL DISTANCES SCALES ON RED SHIFT: STATISTICAL ISSUES AND ERROR ANALYSIS

S.F. Levin

Moscow Institute for Expertise and Tests

The analysis of accuracy on the basis of reproducibility criterion for cosmological distances scales on red shift in model Friedman–Robertson–Walker and in interpolation model is carried out.

Key words: red shift, Friedman–Robertson–Walker model, interpolation model, inadequacy error, collateral measurements method, reproducibility criterion.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ КОСМОЛОГИИ

ПРИНЦИП МАХА И КОСМОЛОГИЯ

Ю.С. Владимиров

*Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
Институт гравитации и космологии РУДН*

В статье показывается необходимость развития реляционного подхода к описанию физической реальности. В рамках этого подхода взаимодействия описываются посредством концепции дальнего действия и важную роль играет принцип Маха, который самым непосредственным образом связан с проблемами космологии. Обсуждены трактовки принципа Маха и дискуссии между сторонниками концепций ближнего действия и дальнего действия. Показан путь развития реляционного подхода, и отмечены принципиально важные следствия: вторичный характер гравитационного взаимодействия, новый взгляд на природу космологического красного смещения, два вида проявлений принципа Маха и некоторые другие обстоятельства.

Ключевые слова: принцип Маха, космология, концепция дальнего действия, электромагнитное взаимодействие, гравитация, излучение, космологическое красное смещение.

Введение

В настоящее время следует различать физические исследования в рамках трех разных физических (точнее метафизических) парадигм [1]: 1) ныне доминирующей теоретико-полевой, 2) геометрической, в основе которой лежит общая теория относительности (и ряд вариантов ее геометрических обобщений) и 3) менее известной реляционной, основы которой были заложены в трудах Г. Лейбница и Э. Маха. В каждой из названных парадигм по-своему видится физическая реальность, по-разному представляются ключевые проблемы, а для их решения используется различный математический аппарат. В частности, для формулировки теоретико-полевого подхода необходим априорно заданный пространственно-временной фон, на котором определяются поля и пишутся соответствующие дифференциальные урав-

нения. В рамках геометрической парадигмы во главу угла ставится искривленность пространственно-временного фона. Физическая реальность описывается методами дифференциальных геометрий. А в рамках реляционной парадигмы пространственно-временной фон исключается из числа первичных понятий; вместо него рассматривается совокупность отношений между объектами или событиями. В реляционном подходе для описания физической реальности следует использовать теорию систем отношений, основы которой были заложены в работах Ю.И. Кулакова [2; 3] и его группы.

Есть достаточно оснований утверждать, что для получения более или менее удовлетворительных представлений о физической реальности необходимо умение анализировать ее с позиций всех трех метафизических парадигм. Со стороны каждой из них открываются лишь некоторые ее свойства и закономерности. Односторонний подход неизбежно приводит к излишним фантазиям относительно скрытых от избранного подхода свойств мироздания.

Как известно, современная космология строится в рамках геометрической парадигмы, основу которой составляет общая теория относительности (ОТО). Именно после ее создания и написания уравнений Эйнштейна перед физиками открылась возможность строить модели Вселенной в целом, рассматривать возможные варианты ее образования и эволюции. Без преувеличения можно сказать, что с созданием ОТО физики получили возможность ставить и решать задачи, ранее рассматривавшиеся лишь в рамках философских и религиозных учений.

На основе решений уравнений Эйнштейна сначала самим автором уравнений была построена статическая однородная изотропная модель Вселенной, описываемая римановой геометрией постоянной положительной кривизны, а затем А.А. Фридманом [4] были найдены три варианта эволюционирующих моделей, пространственные сечения которых описываются геометриями Римана (постоянной положительной кривизны), Лобачевского и Евклида. Это открыло широкие возможности для исследований вопросов согласования возможных моделей с астрофизическими наблюдениями. В частности, открытие Хабблом в конце 1920-х годов красного смещения в спектрах далеких источников в космосе привело к признанию эволюционирующих моделей, описывающих расширение Вселенной, и вытекающих из этого следствий, в частности к признанию гипотезы Большого взрыва. Следует констатировать, что сейчас эти выводы стали общепризнанными.

Более того, сейчас активно обсуждаются новые данные астрофизических наблюдений, свидетельствующие об ускоренном расширении Вселенной. Однако для того, чтобы их согласовать с решениями уравнений Эйнштейна, понадобились гипотезы о темной энергии и темной материи, составляющие порядка 96 процентов от всей существующей в мире материи. Как относиться к этим гипотезам?

Автору невольно вспоминаются неоднократно высказывавшиеся академиком В.А. Фоком слова: «Вообще любая физическая теория – пусть это бу-

дет даже теория тяготения Эйнштейна – имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее 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» [5].

В другом месте он писал: «Прежде всего, неправильно видеть в нем (в решении Фридмана. – Ю.В.) какую-то «модель мира в целом»: такая точка зрения представляется неудовлетворительной в философском отношении. Пространство Фридмана–Лобачевского может, самое большее, служить фоном для ограниченного числа галактик, подобно тому, как галилеево пространство служит фоном для объектов, подобных Солнечной системе. Сама применимость уравнений Эйнштейна в их классическом виде к таким огромным пространствам не является столь бесспорной, как их применимость в более ограниченных масштабах. Не исключено, что для космических масштабов эти уравнения требуют изменения или обобщения» [6].

Близиких позиций придерживался и профессор Д.Д. Иваненко, полагавший, что выводы ОТО справедливы в окрестности Солнца и, в лучшем случае, в рамках отдельных галактик.

Спрашивается, как воспринимать гипотезы о темной материи и темной энергии? Как свидетельства необходимости новых идей в физике микромира, способных объяснить физику новых видов «темной» материи и энергии? Но это выглядит как переключивание трудностей «из одного кармана в другой» – из ОТО в физику микромира. А, может быть, данные гипотезы свидетельствуют о недостаточности представлений с позиций геометрической парадигмы? Может быть, здесь мы сталкиваемся с такими закономерностями, которые могут быть вскрыты лишь в рамках других названных парадигм?

В данной статье предлагается взглянуть на некоторые вопросы космологии под углом зрения иной парадигмы – реляционной.

Реляционная парадигма и принцип Маха

Известно, что, создавая общую теорию относительности, Эйнштейн был уверен, что реализует реляционные идеи Маха, однако, когда она была создана, Эйнштейн обнаружил, что его теория оказалась построенной на совершенно других основаниях, ознаменовав создание новой – геометрической парадигмы. Напомним, что при нахождении фридмановских решений использовалась нормальная система отсчета, в которой материя представляется замороженной в расширяющееся пространственное сечение. При этом пространство-время имеет первичный характер. Как писал Дж. Уилер: «Пространство-время не есть *арена* для физики, это *вся классическая физика*» [7]. А реляционная идеология Маха была принципиально иной. По определению самого Эйнштейна: «Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, кото-

рое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками. (Он предпринял эту попытку для того, чтобы прийти к удовлетворительному пониманию инерции.)» [8].

Напомним также, что идеи Маха (немецкой физической школы XIX века) были возведены в ранг принципа А. Эйнштейном в 1919 году. Он писал: «Принцип Маха: G-поле (метрика. – Ю.В.) полностью определено массами тел. Масса и энергия, согласно следствиям специальной теории относительности, представляют собой одно и то же; формально энергия описывается симметричным тензором энергии: это означает, что G-поле обуславливается и определяется тензором энергии материи» [9. С. 613]. В примечании Эйнштейн разъясняет: «Название “принцип Маха” выбрано потому, что этот принцип является обобщением требования Маха, что инерция должна сводиться к взаимодействию тел».

Согласно взглядам немецкой физической школы середины XIX века и воспитанного в ее рамках Э. Маха, физический мир представляет собой неразрывное целое, так что свойства его отдельных частей, обычно понимаемые как локальные (присущие отдельно взятым системам), на самом деле обусловлены распределением всей материи мира, или глобальными свойствами Вселенной. Мах писал: «Дело именно в том, что природа не начинается с элементов, как мы вынуждены начинать. Для нас во всяком случае счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на отдельных частях его. Но мы не должны упускать из виду, что необходимо впоследствии дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания» [10, с. 199].

Уже в середине XX века Дж. В. Нарликар в духе принципа Маха писал: «Во многих проблемах возможно “отделить” эффект Вселенной в том смысле, что влияние Вселенной остается эффективно постоянным внутри рассматриваемого пространственно-временного объема, к которому относятся эти проблемы. <...> Если читатель допустит на мгновение, что такая точка зрения верна, то ему станет ясно, что, вероятно, более легки именно те проблемы, в которых Вселенная проявляется в виде постоянного влияния окружающей среды, нежели те, в которых это влияние переменное. Самыми эффективными преимуществами обладают такие проблемы, где постоянное влияние Вселенной может быть заменено эмпирически найденными значениями, как, например, значения масс. Обычно практика благоразумного физика концентрируется на тех проблемах, где может быть достигнут прогресс, поэтому возникает положение, при котором все решенные проблемы представляют случаи такой развязки от влияния Вселенной» [11. С. 2].

Подобная позиция распространялась Махом буквально на все обсуждаемые в его время физические понятия и явления. Видимо, отсюда и возникло множество трактовок принципа Маха. Нам представляется, что *в более широком смысле под принципом Маха следует понимать идею об обусловленности локальных свойств частиц закономерностями и распределением всей материи мира, то есть глобальными свойствами Вселенной.* Это относится

к вариантам доказательства отсутствия опережающих взаимодействий, появления сил радиационного трения, значений масс частиц и ряда других свойств материи.

В связи с этим автору вспоминается, как в 1971 году во время приезда в нашу страну Дж. А. Уилер в беседе с профессором Д.Д. Иваненко и другими теоретиками МГУ, в присутствии автора, поднял вопрос: почему все электроны мира обладают одинаковыми электрическими зарядами и массами независимо от места и способа наблюдения? Он сам же и дал ответ на этот вопрос, написав на стене кафедры теоретической физики МГУ над ранее написанным изречением Нильса Бора слова: «Не может быть физики элементарных частиц, имеющей дело лишь с частицами». И расписался: «Ученик Н. Бора». Из этой фразы и из содержания беседы следовало, что Уилер имел в виду влияние всего окружающего мира на свойства отдельных взаимодействующих частиц.

Исходя из изложенного, представляется целесообразным претворить в жизнь пожелания, высказанные Э. Махом, и наконец-то «обратить взор на огромное целое», чтобы «дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания». Естественно попытаться это сделать в рамках реляционной парадигмы, отстаиваемой Махом.

Концепции дальнего действия и ближнего действия

Сразу же следует подчеркнуть, что реляционный подход имеет три неразрывно связанные составляющие: 1) реляционный подход к природе пространства-времени, 2) описание физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия и 3) «Принцип Маха» в приведенном выше его расширенном толковании. При этом особо следует подчеркнуть, что принцип Маха присущ именно реляционному подходу. Несмотря на многочисленные попытки реализовать его в рамках геометрического или теоретико-полевого подходов, это так и не удалось сделать.

К сожалению, в ряде исследований в XX веке первая составляющая игнорировалась, что приводило к недостаточной обоснованности концепции дальнего действия, развивавшейся в трудах А. Фоккера, Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ф. Хойла, Дж. Нарликара и ряда других авторов. Дело в том, что в отсутствие заранее постулированного пространственно-временного фона концепция ближнего действия теряет смысл и взаимодействия можно описывать лишь в рамках концепции дальнего действия. А в работах указанных авторов развивалась концепция дальнего действия на фоне уже имеющегося пространства-времени.

Ныне почти забытая концепция дальнего действия широко обсуждалась в нашей стране на рубеже 1920–1930-х годов. Так, в Ленинградском политехническом институте, директором которого был академик А.Ф. Иоффе, читали курс электродинамики два члена-корреспондента АН СССР профессора Я.И. Френкель и В.Ф. Миткевич. Френкель читал электродинамику в рамках

концепции дальнего действия, а Миткевич – в рамках концепции ближнего действия. У студентов, да и у руководства института возникло недоумение: какая же из двух концепций является истинной. Для разрешения этого вопроса дирекцией был организован ряд диспутов с привлечением известных ученых страны. В диспутах участвовал также П. Эренфест¹.

Я.И. Френкель яростно отстаивал концепцию дальнего действия, заявляя: «Позвольте прежде всего доказать вам, что физическим абсурдом является именно представление о ближнем действии, а физической реальностью, физически обоснованным является представление о дальнем действии. Как вам не трудно представить себе это дальнее действие, да еще запаздывающее, все же вам необходимо сделать соответствующее усилие для того, чтобы освободиться от тех привычек, которые сложились у нас в эпоху, когда наши познания были недостаточны» [12. С. 73].

Миткевич отстаивал традиционную концепцию ближнего действия. Участники много спорили, но так и не пришли к окончательному выводу. А.И. Иоффе сделал вывод: «Каждая точка зрения остается на некоторое время», а присутствовавший на диспутах П.С. Эренфест заявил: «Никогда в Европе, никогда в Америке не могло бы случиться, чтобы 4 тысячи человеко-часов так усердно потратили бы на такой сложный вопрос, как это случилось здесь, и уже это очень притягивает меня к вам» [12. С. 100].

Не будем вдаваться во многие тонкости бушевавших дискуссий, а остановимся на одном принципиально важном вопросе, который был задан Я.И. Френкелю его оппонентом: «Допустим, что радиостанция “А” в некоторый момент времени начинает генерировать очень мощное излучение, распространяющееся на колоссальное расстояние. Возьмем расстояние столь большое, что оно проходится электромагнитным излучением в десять лет, пока оно не дойдет до некоторого удаленного радиоприемника “В”. Предположим, что после того, как радиостанция “А” уже поработала, мы ее совершенно уничтожим. Допустим, что радиоприемник “В” в момент излучения может даже не существовать и лишь потом, в конце десятого года, мы можем успеть построить приемную систему. Через десять лет излученная электромагнитная энергия будет принята системой “В”. А в промежутке, в течение десяти лет, где находилась излученная энергия, где находился физический агент, который должен в конце концов воздействовать на приемник “В”? С точки зрения Я.И. Френкеля, **нигде**. Такое объяснение физически недопустимо». [12. С. 54–55]. Другими словами, вопрос сводился к следующему: Если принять концепцию дальнего действия, то где локализована энергия испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения?

Ответ Я.И. Френкеля был весьма своеобразным: «С точки зрения непосредственного действия элементов заряда друг на друга, без торгового посредника, которым является поле, – с этой точки зрения, энергия нигде не

¹ Пауль Эренфест – австрийский и нидерландский физик-теоретик.

находится, представляя собой нелокализуемую физическую величину. С точки зрения непосредственного действия электронов друг на друга, энергия их нигде не сосредоточена. Точно так же нельзя сказать, где находится энергия взаимодействия Луны и Земли – на Земле, Луне или между ними. Можно, однако, на те же вопросы смотреть иначе. Можно преобразовать энергию наэлектризованного шара в форму интеграла, распространенного по всему пространству. <...> При этом, можно сказать, что энергия находится всюду, во всем пространстве. Аналогичным образом, и в таком же самом смысле можно сказать, что энергия электрического тока находится либо нигде, либо во всем пространстве, в зависимости от того, рассматриваем ли мы взаимодействие между движущимися зарядами как непосредственное действие, пропорциональное величине зарядов и их скоростям, или же рассматривается это взаимодействие при помощи промежуточного понятия поля» [12. С. 27–28].

С точки зрения современного состояния реляционной теории, подобный ответ недостаточно обоснован и именно потому, что фактически игнорировалась первая составляющая реляционного подхода – реляционное понимание природы пространства-времени.

Производный характер пространства-времени

С точки зрения последовательного реляционного подхода, оба варианта утверждений Френкеля не выдерживают критики. Относительно первого, что «нигде», следует согласиться с Миткевичем, а относительно второго, что «энергия излучения находится во всем пространстве», следует сделать разъяснения с учетом первой составляющей реляционного подхода. Как уже отмечалось, в этом подходе пространство-время не является априорно заданной сущностью (фоном), а заменяется на совокупность отношений между объектами, в данном случае между зарядами. Следовательно, утверждение, что «электромагнитная энергия находится во всем пространстве» следует трактовать так, что она распределена в отношениях между всеми зарядами – возможными поглотителями. Ничего другого в данном подходе не остается. Напомним, что в более поздних работах Р. Фейнмана и Дж. Уилера утверждалось, что не может быть излучения, если нет его возможных поглотителей.

Но что это означает? Поскольку в последовательном реляционном подходе нет самостоятельной категории пространства-времени, а вместо него есть совокупность отношений между материальными объектами (зарядами), а кроме того, имеется море испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения, то возникают веские основания выдвинуть идею, что *испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение участвует в формировании самой идеи пространственно-временных отношений*. Более того, рискнем высказать даже более сильное утверждение, что именно **испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение ответствен-**

но за формирование классического пространства-времени. Но поскольку последнее имеет расслоенную структуру в виде базы (координатного пространства-времени) и слоя (касательного пространства скоростей или импульсов), то естественно считать, что испущенное излучение формирует как само координатное, так и импульсное пространства.

Сформулированное утверждение, на первый взгляд, может показаться чрезвычайно экстравагантным, однако в пользу данной идеи можно привести ряд ранее высказывавшихся соображений. При этом следует различать две составляющие: во-первых, саму идею необходимости вывода классических пространственно-временных представлений из неких более элементарных понятий и закономерностей. Во-вторых, это обоснование именно электромагнитной природы пространственно-временных отношений.

О первой составляющей уже неоднократно писалось в ряде наших работ [13; 14]. Такие взгляды высказывались А. Эддингтоном, П.К. Рашевским, Е. Циммерманом, Дж. Ф. Чью, Р. Пенроузом и рядом других авторов. Напомним лишь некоторые из этих высказываний.

Так, профессор мехмата МГУ П.К. Рашевский писал: «Возможно, что и сам четырехмерный пространственно-временной континуум с его геометрическими свойствами окажется в конечном счете образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц» [15. С. 658].

Американский физик-теоретик Дж.Ф. Чью писал: «Мой тезис в данной лекции будет состоять в предположении, что пространство и время в современной микроскопической физике играет примерно ту же роль, что и понятие эфира в макроскопической физике конца XIX века. Возможно, нам никогда не удастся продемонстрировать несуществование пространственно-временного континуума, однако все большее число физиков приходит к мысли, что дальнейшее существенное продвижение в теории предполагает отказ от ненаблюдаемого континуума» [16. С. 264–265].

Можно продолжить цитирование подобных высказываний других известных математиков и физиков-теоретиков, свидетельствующих в пользу решения назревшей проблемы вывода пространственно-временных представлений вместо того, чтобы продолжать традиционно подкладывать этот классический фон под все наши теоретические построения.

Анализ этой проблемы показывает, что решение данной проблемы вряд ли возможно в рамках теоретико-полевой или геометрической парадигм. Наиболее подходящей для решения данной фундаментальной проблемы является именно реляционная парадигма, идеи которой отстаивались Э. Махом.

Идея электромагнитной природы пространства-времени

1. Вторая часть сформулированного утверждения касается именно электромагнитной природы классических пространственно-временных отноше-

ний. В литературе широко известны работы А. Фоккера, Р. Фейнмана и ряда других авторов по теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия, которые самым непосредственным образом относятся к реляционному подходу. В основе этих работ лежит описание взаимодействия на основании принципа Фоккера [17], согласно которому взаимодействия между заряженными объектами описываются лишь через характеристики взаимодействующих частиц (их положения, заряды и скорости) без привлечения промежуточного электромагнитного поля.

В наших работах эти идеи были переформулированы в последовательном реляционном виде. Описание взаимодействий в принципе Фоккера было представлено в виде произведения двух парных отношений: ток-токовых (в виде скалярного произведения токов взаимодействующих частиц) и пространственно-временных (в виде дельта-функции от квадрата интервала между частицами). Согласно теории систем отношений, каждый вид отношений характеризуется своим видом закона. Для ток-токовых отношений он записывается в виде равенства нулю определителя типа Грама для пяти взаимодействующих зарядов (с одинаковыми диагональными слагаемыми).

2. Согласно теории отношений, следует ожидать, что миноры определителя в законе могут иметь некий физический смысл. Анализ возможных интерпретаций этих миноров привел к неожиданному для автора результату: диагональные миноры второго порядка приводят к выражению, совпадающему с фоккеровским видом прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, ранее введенным в работах Я.И. Грановского, А.А. Пантюшина [18] и ряда других авторов совсем из иных соображений. В данном подходе этот факт естественно интерпретировать как то, что **гравитационное взаимодействие можно рассматривать имеющим вторичный характер, то есть являющимся своеобразным квадратом от электромагнитного взаимодействия.**

3. Мотивы, подтверждающие данное утверждение, можно усмотреть в 5-мерной теории гравитации и электромагнетизма Калуцы, где в выражение для 4-мерного метрического тензора $g_{\mu\nu}$ квадратично входит электромагнитный векторный потенциал A_μ [19]:

$$g_{\mu\nu} = G_{\mu\nu} - (4G/c^4)A_\mu A_\nu.$$

Однако в 5-мерной теории Калуцы гравитационное и электромагнитное взаимодействия трактуются независимыми, вследствие слагаемого $G_{\mu\nu}$ в этой формуле. Реляционный же подход позволяет устранить независимость, раскрывая физический смысл этого слагаемого: в нем компоненты $G_{\mu\nu}$ трактуются как комбинация из метрики Минковского $\eta_{\mu\nu}$ и слагаемых, обусловленных тем, что квадрат суммы вкладов от разных частиц в электромагнитный потенциал не равен сумме квадратов этих вкладов, обуславливающих гравитационное взаимодействие в реляционном подходе.

4. Диагональные миноры второго порядка ответственны за линеаризованную теорию прямого гравитационного взаимодействия. Нелинейные

вклады в гравитационное взаимодействие описываются диагональными минорами третьего и четвертого порядков, с помощью которых производятся обобщения принципа Фоккера на кубичные и четверные взаимодействия макрообъектов.

5. Еще одним доводом в пользу утверждения о вторичном характере гравитации можно рассматривать высказывания А.Д. Сахарова и ряда других известных авторов, правда, исходя из совсем иных соображений. Так, С.Л. Адлер в связи с обсуждением возможностей квантования гравитации писал: «Прежде чем переходить к квантованию гравитации, нужно ответить на вопрос: является ли эйнштейновская теория фундаментальной или она всего лишь некая эффективная теория поля, описывающая длинноволновый предел (то есть область низких энергий) более общей теории, выглядящей совершенно иначе в малых масштабах?» (см. в [20. С. 188]).

6. Неожиданного союзника идеи обусловленности гравитации электромагнитными взаимодействиями можно увидеть в лице Николы Теслы (1856–1943), который в конце своей жизни писал: «За годы напряженной концентрации мне посчастливилось сделать два далеко идущих открытия. Первое заключается в динамической теории гравитации, которую я разработал во всех деталях и надеюсь очень скоро представить миру. Она настолько хорошо объясняет происхождение этой силы и движение небесных тел под ее действием, что положит конец пустым спекуляциям и ошибочным концепциям вроде искривления пространства. <...>

То же относится и к любым попыткам объяснить вселенские процессы без признания эфира и той незаменимой роли, которую он играет в явлениях вселенского масштаба» [21. С. 237].

В другом месте Тесла отмечал: «Изучив за долгое время все научные данные более чем на половине десятка языков и не найдя ни малейших указаний на эту истину, я считаю себя ее первооткрывателем. Формулируется же она так: нет в материи иной энергии, помимо полученной ею из окружающей среды» [Там же. С. 238].

Более подробных разъяснений сделанного Теслой «открытия динамической теории гравитации» автору неизвестно. Однако представляет интерес, как понимал Тесла понятие эфира. На этот счет имеется следующее его разъяснение: «Экспериментируя с импульсами высоких напряжений, я сразу же стал глубоко размышлять над проблемой природы электрической материи и энергии. Вскоре мысли об океане волн электрической энергии, заполняющей Вселенную, привели меня к новому физическому образу мирового электрического эфира. Уже в новом веке я смог развить эфирный принцип до такой степени, что получил новую динамическую теорию гравитации» [Там же. С. 240].

7. Следует отметить, что ничто не мешает называть океан излученного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения электромагнитным эфиром. Дело только в том, что сущность этого эфира принципиально отличается от представлений об эфире в конце XIX века. В связи с этим заметим,

что даже Эйнштейн в ряде своих статей [22] не возражал от трактовки искривленности пространства-времени в виде своеобразного эфира.

8. Приведем еще одно высказывание Теслы, свидетельствующее о той важности, которую он придавал своим взглядам: «Хотя множество моих изобретений основано на этом принципе, я могу сообщить о нем лишь сейчас – в самом конце своей жизни. Дело в том, что модель динамической гравитации предполагает создание циклопических резонансных генераторов, способных своими колоссальными всплесками энергии расколоть не только нашу планету, но и всю Солнечную систему...» [21. С. 240].

Реляционное обоснование космологического красного смещения

Приведенные выше соображения, а также позиции Н. Теслы заставляют еще раз задуматься, в частности, о природе открытого Хабблом космологического красного смещения, которое принято интерпретировать через проявление эффекта Доплера, как считается, свидетельствующего о расширении Вселенной.

Исходя из изложенного, сопоставим энергию «моря» испущенного электромагнитного излучения с энергией «разбегания галактик» в надежно наблюдаемой части Вселенной.

Как известно, в полную плотность электромагнитного излучения вносят вклад два основных фактора: реликтовое излучение и прочее излучение звезд. По данным телескопа «Планк» [23] и другим источникам, температура реликтового излучения составляет $T_{rel} = 2,72548 \pm 0,00057$ К, а наблюдаемая интенсивность излучения приводит к следующей плотности $\rho \sim 10^{-34}$ г/см³.

Плотность энергии излучения всех звезд во Вселенной известна с меньшей точностью. Впервые ее оценку произвел А. Эддингтон [24. С. 371], получив результат $\rho_{star} \sim 8,58 \cdot 10^{-34}$ г/см³, что соответствует эффективной температуре 3,18 К. Эту величину Эддингтон назвал температурой межзвездного пространства. (В то время реликтовое излучение еще не было известно.) Таким образом, полная плотность энергии излучения во Вселенной может быть оценена величиной $\rho_{sum} \sim 13,22 \cdot 10^{-34}$ г/см³.

Согласно идеологии реляционного подхода вся энергия пока не поглощенного электромагнитного излучения должна быть распределена между его возможными поглотителями, то есть между всеми частицами Вселенной. Это следует трактовать как дополнительную энергию материи Вселенной, каковой естественно считать энергию расширения Вселенной. (Отметим, что альтернативу этому – сжатие – следует отвергнуть по той причине, что поглощение излучения приводит к отталкиванию.)

При оценке энергии расширения Вселенной ограничимся учетом только наблюдаемой ее части, в которой надежно наблюдается космологическое красное смещение. Кроме того, будем учитывать только наблюдаемые виды материи (без гипотетических темной материи и темной энергии), причем будем считать ее однородной изотропной сплошной средой, а скорость рас-

ширения определять законом Хаббла $v = Hr$. Согласно современным оценкам, ее плотность $\rho_m \sim 10^{-34}$ г/см³.

На основании современных наблюдательных данных можно с достаточной уверенностью рассуждать о плотности материи и ее движении лишь в ограниченном объеме пространства (в котором закон Хаббла линеен), что заставляет ограничиться значениями красного смещения до $z \sim 0,1$.

Вычисления показывают, что плотность энергии расширения указанного объема Вселенной оценивается величиной $\rho_E = (12 \pm 3,1) \cdot 10^{-34}$, что находится в хорошем соответствии с подсчитанной плотностью электромагнитного излучения (в единицах г/см³) [25]. Это позволяет утверждать, что *энергия расширения указанного объема наблюдаемой Вселенной можно считать обусловленной излученной электромагнитной энергии*.

При сделанном утверждении на основании реляционного подхода возникает ряд естественных вопросов. Главным из них является: действительно ли Вселенная расширяется или эффект ее расширения следует считать кажущимся наблюдателю? В последнем случае под вопрос ставится гипотеза Большого взрыва. Заметим, что расширение будет происходить лишь в случае реального поглощения «моря фотонов». Другой вопрос относится к обоснованию самого хаббловского закона, то есть пропорциональности красного смещения расстоянию до наблюдаемого источника (звезды или галактики). Имеются и другие вопросы.

Природа свободного действия

Вернемся к обсуждению теории прямого межчастичного взаимодействия фоккеровского типа. Пока обсуждались лишь вклады в действия прямых электромагнитного и линеаризованного гравитационного взаимодействий. Однако для получения уравнений движения необходимо к слагаемым взаимодействия добавить члены, описывающие действие свободных частиц.

Однако в последовательной реляционной теории отсутствует понятие свободной частицы. Частицы могут рассматриваться лишь в отношении с другими частицами. То, что в общепринятых формулах трактуется вкладом в действие «свободной» частицы, должно получаться из отношений рассматриваемой частицы с частицами окружающего мира, в согласии с принципом Маха.

Это подтверждается сравнением формулы, полученной из минора второго порядка с фоккеровским действием для линеаризованной гравитации. Они отличаются одним из коэффициентов. Анализ показывает, что это отличие может быть интерпретировано именно через автоматическое возникновение членов свободного действия взаимодействующих частиц.

При получении этого результата используется примечательное соотношение в виде суммы отношений избранной частицы со всеми частицами окружающего мира

$$\sum_{b \neq a} m_b \int \delta(s^2(a,b)) ds_b = 2M/R_g.$$

Учитывая, что в определение дельта-функции неявно входит расстояние между выделенной и другой частицей, это выражение можно трактовать как отношение полной массы Вселенной M к ее наблюдаемому (кажущемуся?) размеру (радиусу) R_g .

Вспоминая определение в общей теории относительности понятия гравитационного радиуса массивного источника, можно также трактовать получившееся выражение как определение гравитационной постоянной G , так что $R_g = 2MG/c^2$.

Заметим, что данная интерпретация существенно отличается от предлагаемой в теории Хойла и Нарликара [26], которые пытались с помощью подобных соображений получить значения масс частиц.

Таким образом, в данном реляционном подходе показывается обусловленность лагранжиана «свободных» частиц их взаимодействием со всеми частицами окружающего мира (Вселенной) в духе принципа Маха. *«Свободная» часть в действии представляет собой лишь завуалированное суммирование взаимодействия выделенной частицы со всем окружающим миром.*

Отметим, что данное проявление принципа Маха принципиально отличается от рассмотренного выше влияния «моря» электромагнитного излучения на пространственно-временные отношения. Исходя из этого, предлагается различать несколько видов проявлений принципа Маха.

Заключение

В данной статье обсуждена лишь часть проявлений принципа Маха, однако реляционный подход позволяет выйти и на ряд других проявлений этого принципа. Напомним некоторые из них.

1. В работах Р. Фейнмана и Дж. Уилера [27] в рамках теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия показано, что учет отклика мирового поглотителя (материи окружающего мира) на взаимодействия любой пары зарядов (с одинаковыми долями опережающих и запаздывающих взаимодействий) приводит к компенсации опережающих взаимодействий и удвоению запаздывающих.

2. В работах тех же авторов было показано, что учет отклика мирового поглотителя приводит к появлению в уравнениях движения заряженных частиц силы тормозного электромагнитного взаимодействия, обоснование которого в рамках общепринятой теории доставило много хлопот ряду авторов, в том числе П. Дираку, пытавшемуся обосновать ее с помощью гипотезы протяженного электрона.

3. В реляционном подходе предлагается новый взгляд на квантовомеханические закономерности, в том числе и на теорию атома. Согласно данному подходу атом удерживается не абстрактным электромагнитным полем притяжения разноименно заряженных частиц, а совокупностью вкладов от испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения [28].

Это позволяет утверждать, что каждый атом «чувствует» весь окружающий мир.

Наконец, отметим, что реляционный подход позволяет подойти к реализации еще одной идеи, высказанной П.К. Рашевским [29], – о возможном изменении законов общепринятой арифметики в очень больших масштабах. Он писал: «Быть может, положение с натуральным рядом в настоящее время имеет смысл сравнивать с положением евклидовой геометрии в XVIII веке, 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. должен подчиняться существующим схемам натурального ряда и числовой прямой (а чему же еще?)» [29].

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 (см. [30]) было показано, что изменения в представлениях о свойствах натурального ряда фактически уже воплощены в физике в виде закономерностей специальной теории относительности (в пространстве скоростей или в импульсном пространстве).

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. Есть достаточно оснований полагать, что именно таким образом можно будет обосновать так называемое ускоренное расширение Вселенной.

В наших работах [31] было предложено на этой основе обосновать загадочное поведение звезд на краях спиральных галактик. Как известно, попытки обоснования такого поведения звезд на основе общей теории относительности привели к гипотезе темной материи.

Рассмотренные в этой статье проявления принципа Маха и сопутствующие обстоятельства в гигантских масштабах заставляют более серьезно отнестись к идеям реляционной теории и ее следствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирова Ю.С. Метафизика. – М.: БИНОМ (Лаборатория базовых знаний), 2002.
2. Кулаков Ю.И. О новом виде симметрии, лежащей в основании физических теорий феноменологического типа // Доклады АН СССР. – 1971. – Т. 201. – № 3. – С. 570–572.
3. Кулаков Ю.И. Теория физических структур. – М., 2004.
4. Фридман А.А. О кривизне пространства // Избранные труды. – М.: Наука, 1966.
5. Фок В.А. Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание. – М.: Мысль, 1969. – С. 290.

6. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», URSS, 2014.
7. Уилер Дж.А. Гравитация, нейтрино и Вселенная. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962.
8. Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства // Собр. научн. трудов. – Т. 2. – М.: Наука, 1966. – С. 749.
9. Эйнштейн А. Принципиальное содержание общей теории относительности // Собр. научн. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 613.
10. Мах Э. Познание и заблуждение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
11. Нарликар Дж.В. Инерция и космология в теории относительности // Астрофизика, кванты и теория относительности. – М.: Мир, 1982. – С. 498–534.
12. Френкель Я.И. Природа электрического тока. (Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте). – Л-М: ГТТИ, 1933.
13. Владимиров Ю.С. Проблема вывода классического пространства-времени из закономерностей физики микромира // Метафизика, 2015. – № 2 (16). – С. 21–27.
14. Владимиров Ю.С. Физика дальнего действия. Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
15. Раиевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1967.
16. Chew G.F. The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress. 1963. – Vol. LI. – No. 204. – P. 529–539.
17. Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю. Теория прямого межчастичного взаимодействия. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
18. Грановский Я.И., Пантюшин А.А. К релятивистской теории тяготения // Изв. АН Каз.ССР, сер. физ.-мат. – 1965. – № 2. – С. 65–69.
19. Владимиров Ю.С. Геометрофизика. М.: БИНОМ (Лаборатория базовых знаний), 2005.
20. Сахаров А.Д. Научные труды. – М.: АПЦТ Изд-во «ЦентрКом», 1995.
21. Арсенов О.О. Никола Тесла. Открытия реальные и мифические. – М.: Эксмо, 2010.
22. Эйнштейн А. Об эфире // Собр. научн. трудов. Т. 2. – М.: Наука, 1966. – С. 154–160.
23. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results / P.A.R. Ade et al / (Planck Collaboration) // Astronomy and Astrophysics. 2014. Manuscript “Planck’ parameters 2015”.
24. Eddington A.S. The internal constitution of the stars. – Cambridge University Press, 1930.
25. Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B. Relational justification of the cosmological redshift // Gravitation and Cosmology. – 2015. – Vol. 21. – № 4. – P. 279–282.
26. Hoyle F., Narlikar J.V. Action at a distance in physics and cosmology. – San Francisco: W.N. Freeman and Comp., 1974.
27. Wheeler J.A., Feynman R.P. Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys. 1945. – Vol. 17. – P. 157–181.
28. Владимиров Ю.С. Основания физики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
29. Раиевский П.К. О догмате натурального ряда // Успехи матем. наук. – 1973. – Т. XXVIII. – Вып. 4 (172). – С. 243–246.
30. Рвачев В.Л. Релятивистский взгляд на развитие конструктивных средств математики. – Харьков: Препринт Инст-та проблем машиностроения АН УССР, 1990.
31. Владимиров Ю.С., Ромашика М.Ю. Модифицированная ньютоновская динамика (MOND) и ее возможные интерпретации // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2013. – № 1. – С. 64–77.

MACH'S PRINCIPLE AND COSMOLOGY

Yu.S. Vladimirov

The article shows the need for developing a relational approach to describing physical reality. Within the framework of this approach, interactions are described using the concept of action at a distance, where Mach's principle, which is most directly related to the problems of cosmology, plays a major role. Discussed are interpretations of Mach's principle and discussions between proponents of the concepts of close-range action and action at a distance. The path is shown for developing a relational approach and its fundamentally important effects are noted such as the secondary character of gravitational interaction, a new view on the nature of the cosmological red shift, two types of manifestations of the Mach's principle, and some other circumstances.

Key words: Mach's principle, cosmology, concept of action at a distance, electromagnetic interaction, gravitation, emanation, cosmological red shift.

ВСЕЛЕННАЯ В РАЗНЫХ МЕТАФИЗИЧЕСКИХ ПАРАДИГМАХ

В.Ф. Панов, А.Ю. Внутских

*Пермский государственный
национальный исследовательский университет*

Рассматриваются особенности моделирования Вселенной в разных метафизических парадигмах. Высказана гипотеза, что в современную эпоху расширение Вселенной является относительным в разных парадигмах. Сделана гипотеза, что всё развитие Вселенной идёт из монистической Суперкатегории, из неё образуется «пространство-время» и «вакуумозфир», и далее из «вакуумозфира» рождаются частицы и поля. Дается философское обоснование эволюции Вселенной.

Ключевые слова: Вселенная, космология, мультиверс, метафизические парадигмы, реляционная теория, редукционизм, холизм, Суперкатегория, пространство-время, «вакуумозфир», частицы, поля, философия.

Исаак Ньютон существенно расширил научное познание. Он открыл, что несколько математических уравнений могут описать движение тел как здесь, на Земле, так и в просторах космоса. Однако применение теории Ньютона к созданию научной космологии привело к парадоксам [1]. Построить современную научную космологию удалось на основе теории гравитации Эйнштейна.

Однако возникает вопрос о реальности за пределами современных физических представлений. Это – очень существенный вопрос хотя бы потому, что его адекватное решение может пролить свет на будущее развитие теоретической физики. По образному выражению Б. Рассела, на этих пределах, то есть между расширяющейся областью фактически обоснованных научных представлений и областью веры, находится «ничья земля» – область философии. Что же говорят философы об истоках вселенной?

Работа [2] посвящена анализу представления Платона об образовании и устройстве мироздания. По мнению философа Платона, до появления Вселенной не было как такового пространства, времени и каких-либо вещей – всё это содержалось лишь в «замысле вечносущего бога» [3. С. 474]. Подобные представления древнегреческого философа перекликаются с библейскими, согласно которым земля и небеса были сотворены в соответствии с замыслом Творца «из ничего». Современная космология «реабилитировала» некоторые древние интуиции, лежащие в основе таких мировых религий, как христианство, иудаизм и ислам, с их идеей сотворения Вселенной из ничего Богом, сделав эти идеи возможными в современной науке [1].

Платон поднимает тему множественности миров [2]. В качестве исходного элемента своих космологических построений он использует вращающуюся сферу как прообраз Вселенной [2]. Эти идеи также созвучны современной космологии. Когда-то слово «вселенная» означало «всё сущее». «Лишённое своего господствующего положения, слово “вселенная” открыло путь другим терминам, охватывающим то более обширное полотно, на котором можно разместить картину всей полноты реальности. Параллельные миры, или параллельные вселенные, или множественные миры, или альтернативные вселенные, или метаверс, мегаверс либо мультиверс, мультивселенные – всё это синонимы в ряду тех слов, с помощью которых люди стремятся охватить не только нашу Вселенную, а весь спектр других вселенных, возможно, существующих за пределами известного» [4]. Мы считаем, что в мультиверсе возможны вселенные с глобальным вращением [5].

Является ли наша Вселенная эволюционирующей или она – статическая? На наш взгляд, по отношению к Вселенной можно поставить вопрос – в чём «смысл её существования»? И, на наш взгляд, ответ такой – это её развитие!

Мы исходим из обоснованной системой фактов частных наук концепции единого закономерного мирового процесса (ЕЗМП), “общенаучным аналогом” которой выступает концепция глобального (универсального) эволюционизма [6; 7]. В рамках концепции ЕЗМП высказываются следующие положения. Мировой процесс структурирован на магистраль (главное направление развития), на которой наиболее ярко проявляется процесс движения от неживого к живому, к человеку, тогда как подчиненные направления развития, обуславливающие магистраль, обеспечивают ее продолжение. В этом механизме обуславливания и заключается, на наш взгляд, рациональный смысл представлений о *направленности развития* – объективной тенденции материи в целом к самоусложнению. Разумеется, не все объекты усложняются – например, не на каждой планете может возникнуть жизнь и разум, но благодаря подчиненным направлениям развития условия во вселенной складываются так, что *некоторые* объекты усложняются с необходимостью, то есть растет «диапазон сложности» – а значит, усложняется, развивается вселенная в целом. Это развитие и создает объективные предпосылки для осмысления и осмысливания Вселенной человеком. Если бы Вселенная не была единой системой, организованной развитием, если бы она была хаосом несвязанных частей (как это утверждается иногда представителями крайнего редукционизма), то, во-первых, мы не появились бы в такой Вселенной, а во-вторых, даже если бы появились, не могли бы наблюдать факт целостности, связанности нашего мира, а потому, осознавая себя в качестве кратковременной флуктуации, не были бы способны наделить смыслом собственное бытие и бытие Вселенной.

Отметим здесь, что в современной квантовой космологии рассматривается рождение Вселенной из ничего [8]. Начальное состояние, предшествующее туннелированию, – это Вселенная с нулевым радиусом, то есть попро-

сту отсутствие Вселенной [8]. До туннелирования пространства и времени не существует, так что вопрос о том, что было раньше, не имеет смысла. «Ничто» – состояние без материи, без пространства и без времени, – по-видимому, единственное, что удовлетворяет требованиям к начальной точке творения. Если считать, что Вселенная не существовала всегда, то она должна эволюционировать и должен быть акт творения Вселенной!

Физическая наука развивалась в направлении уменьшения количества базовых (фундаментальных) объектов, лежащих в основании физической природы, которые принимались в науке. В настоящее время принято, что таких базовых сущностей всего три: пространство-время, материальные частицы (в микромире – это фермионы) и поля физических взаимодействий [9]. Продолжают развиваться научные направления, где фундаментальными признаются какие-либо две из вышеназванных, а оставшаяся сущность выводится из этих двух [10]. В результате возникли три физические парадигмы, развивающиеся в настоящее время. Первая – это квантово-полевая парадигма, где основными базовыми сущностями объявляются пространство-время и физическое квантовое поле. Вторая это – геометрическая парадигма. В её основании положены пространство-время и материальные частицы, а поля физических взаимодействий рассматриваются как проявление геометрических свойств пространства-времени [9]. Существует и третья парадигма, названная реляционной [11], в которой основными категориями постулируются материальные частицы и взаимодействия между ними, а пространство-время – как следствие проявления взаимодействий между объектами.

В геометрической парадигме физики используется субстанциональная концепция природы пространства-времени. В. Клиффорд выдвинул программу геометризации физики, а позднее А. Эйнштейн построил теорию гравитации как проявление искривления пространства. На основе ОТО была создана современная космология и появились астрофизические данные, которые можно трактовать как свидетельства расширения Вселенной. Позднее «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, сообразных свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда и выявляются пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы» [12; 13]. «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» [13].

«В последнее время всё более настойчиво высказывается мысль о необходимости развития реляционно-статистического подхода к природе пространства-времени и физических взаимодействий» [14]. Именно этому направлению посвящены многолетние исследования в группе Ю. С. Владимирова. Они возникли на базе настойчивых попыток построения квантовой теории гравитации, точнее, – попыток совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории. По мнению Ю.С. Владимирова, «в результате сложилась твердая убежденность в том, что решение этой задачи возможно лишь на базе решения еще более глубокой проблемы – вывода классических пространственно-временных представлений из неких более элементарных физических факторов и закономерностей, вместо того чтобы продолжать подкладывать готовое классическое пространство-время под все наши физические построения и теории» [14]. «В наших работах постепенно вырисовывался путь решения этой проблемы на базе реляционно-статистического подхода к природе физического мироздания» [14]. Отметим, что «реляционная парадигма опирается на два типа отношений между событиями и материальными объектами: пространственно-временные и токовые. В этом подходе готовое пространство-время заменено системой отношений между событиями» [14].

В реляционной теории рассматривается идея об альтернативном объяснении гравитационного красного смещения [14, 15]. Согласно работе [14], следует вспомнить вопрос, который был задан Я. И. Френкелю: если принять концепцию дальнего действия, то где локализована энергия испущенных, но еще не поглощённых фотонов? «Сегодня уже можно ответить на этот вопрос. Поскольку в реляционном подходе излучение фотона означает задание фотонной мировой матрицы, означающей, что фотон как бы находится во всем мире в виде отношения между излучателем и возможными поглотителями, то естественно полагать, что то, что мы привыкли считать его энергией, сосредоточено в характеристиках всех возможных поглотителей. Но фотонов очень много, – много и объектов-поглотителей во Вселенной. Это означает, что относительно любого наблюдателя окружающие его объекты должны обладать некой дополнительной энергией (к энергии их пекулярных движений). Это соображение можно сопоставить с тем фактом, что в рамках общепринятой геометрической парадигмы наблюдаемый эффект космологического красного смещения интерпретируется через эффект Доплера, то есть трактуется как процесс разбегания галактик-расширения Вселенной. Если связать между собой эти два соображения в разных парадигмах, то возникает возможность взглянуть на космологическое красное смещение под иным углом зрения» [14].

Если во Вселенной было бы только одно тело, а все остальные тела отсутствовали, то понятие скорости не имело бы смысла. Скорость имеет смысл как скорость одного тела относительно другого. При этом всегда одно тело можно считать неподвижным, а другое движущимся, и наоборот. «В специальной теории относительности Эйнштейн показал, что понятия

пространственной длины и временной длительности “относительны” и только пространственно-временной интервал абсолютен. На наш взгляд, смысл этой относительности хорошо выразил швейцарский физик-теоретик Яух» [1]. «Согласно Яуху, в теории относительности некоторые свойства окружающего мира, предполагавшиеся ранее атрибутами самих вещей, превратились в “отношения” между вещами. Так, длина предмета, ранее считавшаяся свойством самого предмета, оказалась “отношением” этого предмета к другому предмету, называемому системой отсчета» [1]. С относительностью скорости, пространства и времени ситуация понятна. А что можно сказать об ускорении? Согласно работе [1]: «...Эйнштейн ставил своей целью построить теорию, в которой не только скорость, но и ускорение делаются относительными, так что ускорение теряет смысл, если во Вселенной будет только одно тело. И этой цели он достиг в построенной им теории гравитации как общей теории относительности, где общую относительность можно понимать как относительность не только скорости, но и ускорения». Таким образом, в физике происходит расширение «зоны относительности».

На наш взгляд, сейчас с учетом различных парадигм в фундаментальной физике целесообразно рассматривать кроме систем отсчета еще и различные «парадигмальные системы восприятия мира» («парадигмальные системы мировоззрения») (ПСМ)). На наш взгляд, по отношению к ПСМ некоторые величины могут быть, по крайней мере, «локально относительны». Мы выскажем гипотезу, что расширение Вселенной в современную эпоху является «относительным» в разных парадигмах (в разных ПСМ) – в геометрической парадигме оно имеется, в реляционной парадигме оно отсутствует. Подчеркнем здесь важность слов «в современную эпоху», – «относительность расширения» понимается на ограниченном временном интервале.

В триалистических парадигмах три базовые категории (пространство-время, частицы, поле) выступают в качестве отдельных элементов. Автор [16] эту ситуацию наглядно изобразил в виде «метафизического треугольника». Вершины этого треугольника описывают три базовые категории, а внутренняя часть символизирует физическую реальность – «сущность». «Триалистическая парадигма соответствует принципу полного редукционизма. В рамках этого принципа лежащее в основе мироздания единое первоначало расщепляется на отдельные части, применяемые в теории в качестве первичных элементов. В противоположном пределе монистической парадигмы используется принцип полного холизма, когда физическая реальность описывается в терминах самой сущности. Всё развитие теоретической физики исторически связано с постепенным переходом от триалистических парадигм к монистической парадигме, основанной на одной обобщенной категории» [16].

Мы являемся сторонниками эволюционной (развивающейся) Вселенной. На наш взгляд, Вселенная родилась из монистической Суперкатегории («метафизического прасгустка», в котором частицы, поля, пространство-время были слиты воедино). Разделение Суперкатегории на «вакуумоэфир»

и пространство-время состоялось в результате некоторого первичного фазового перехода, что и дало начало эволюции Вселенной. Из «вакуумоэфира» произошло рождение частиц и полей. Существование гипотетической категории – «вакуумоэфира», на наш взгляд, подтверждают эксперименты по воздействию нашим генератором (созданным на основе электромагнитного излучателя) на расплавы металлов [17]. «Вакуумоэфир» – это более сложный физический объект, чем физический вакуум в квантовой теории поля. Вопрос, могут ли в качестве Суперкатегории выступить «праспиноры», предложенные Д.Д. Иваненко и Г.А. Сарданашвили в [18], – требует специального рассмотрения. Таким образом, возможно, в современной Вселенной надо рассматривать четыре фундаментальные категории: пространство-время, «вакуумоэфир», частицы, поля. При этом, возможно, в рамках реляционной физики «вакуумоэфир» можно «исключить», заменив его «эффектами отношения частиц».

Теперь, что касается взаимоотношения редукционизма и холизма. Мы думаем, что здесь в силу диалектической связи частей и целого нужно использовать обобщенный принцип дополненности: ни одна физическая система не может быть описана только в рамках холизма или только в рамках редукционизма, только их совместное использование позволит познать глубинную сущность физического объекта. Да, «отношения» между частицами важны и фундаментальны, но ведь можно поставить вопрос: фундаментален ли кварк, не состоит ли он из «гипотетических преонов»? А этот вопрос ставится уже в рамках редукционистской парадигмы. Иными словами, холизм и редукционизм (иногда называемый также меризмом) являются неустраняемыми «сквозными» тематическими структурами в смысле Дж. Холтона [19]. В каждую эпоху развития науки вопрос о соотношении частей и целого ставится по-новому, и каждый раз диалог «линии Платона» (холизм) и «линии Демокрита» (редукционизм-меризм) приносит свои новые плоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриб А.А. Основные представления современной космологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2008.
2. Поройков С.Ю. Космос Платона как физико-математическая модель Вселенной // Метафизика. – 2013. – № 2 (8). – С. 147–161.
3. Платон. Диалоги. Книга вторая. – М.: Эксмо, 2008. – С. 474.
4. Грин Брайан. Скрытая реальность: Параллельные миры и глубинные законы космоса. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – С. 13.
5. Панов В.Ф. Геометрофизика и эволюция Вселенной // Метафизика. – 2014. – № 3 (13). – С. 139–142.
6. Орлов В.В. Материя. Развитие. Человек. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1974.
7. Янч Э. Самоорганизующаяся вселенная // Общественные науки и современность. – 1999. – № 1. – С. 143–158.
8. Виленкин А. Мир многих миров: Физики в поисках параллельных вселенных. – М.: Астрель, 2011.

9. *Кречет В.Г., Лоди М.Н.* О геометрической парадигме в физике // *Метафизика*. – 2014. – № 3 (13). – С. 30–42.
10. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. – М.: БИНОМ, 2007.
11. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ, 2009.
12. *Фок В.А.* Квантовая физика и современные проблемы // *Ленин и современное естествознание: сб.* – М.: Мысль, 1969. – С. 200.
13. *Владимиров Ю.С.* Состояние и перспективы исследований в рамках геометрической парадигмы // *Метафизика*. – 2014. – № 3 (13). – С. 43–58.
14. *Владимиров Ю.С.* Идеи реляционно-статистического подхода к природе пространства-времени // *Метафизика*. – 2014. – № 2 (12). – С. 10–28.
15. *Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B.* Relational justification of the cosmological redshift // ICGAC-12: тезисы XII Международной конференции по гравитации, астрофизике и космологии, посвященной столетию общей теории относительности Эйнштейна. Россия, Москва, РУДН, 28 июня – 5 июля 2015 г. – М.: РУДН, 2015. – С. 60–61.
16. *Жилкин А.Г.* Реляционная физика с точки зрения метафизики // *Метафизика*. – 2014. – № 2 (12). – С. 49–67.
17. *Панов В.Ф., Курапов С.А., Бояришинов А.Е.* Структура и механические свойства металла после обработки расплава электромагнитным излучателем // *Метафизика*. – 2012. – № 2 (4). – С. 126–139.
18. *Иваненко Д.Д., Сарданашвили Г.А.* Гравитация. – Киев: Наукова думка, 1985.
19. *Холтон Дж.* Тематический анализ науки. – М.: Прогресс, 1981.

THE UNIVERSE IN VARIOUS METAPHYSICAL PARADIGMS

V.F. Panov, A.Yu. Vnutskikh

The article examines the specific features of modeling the Universe in various metaphysical paradigms. A hypothesis is proposed that, in the contemporary era, the expansion of the Universe is relative in different paradigms. A hypothesis is advanced that entire development of the Universe emanates from the monistic Supercategory: it gives rise to “space-time” and “vacuum-ether,” and “vacuum-ether” is what then generates particles and fields. A philosophical substantiation is given of the evolution of the Universe.

Key words: the Universe, cosmology, multiverse, metaphysical paradigms, relational theory, reductionism, holism, Supercategory, space-time, “vacuum-ether,” particles, fields, philosophy.

МАТЕМАТИКА КОСМОЛОГИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА

С.А. Векшенов, А.С. Бешенков

Российская академия образования

В статье рассматривается новая модель континуума, реализующая идею «стоячей волны». Эта модель видится более приближенной к физической реальности, чем традиционная теоретико-множественная модель. В рамках «волновой» модели континуума космологический принцип трансформируется в математический принцип «порядковой инвариантности», который имеет нетривиальные следствия: математические, физические и метафизические. В частности, обозначается связь космологического принципа с квантово-механическим эффектом «одновременной реализации всех возможностей». В свою очередь, этот эффект оказывается связанным с принципом Маха.

Ключевые слова: космология, пространство-время, континуум, процесс измерения, интерференция, реляционный подход, аппарат отношений.

Введение

Как известно, космологический принцип является основой современной космологии. Однако оказывается, что в рамках конкретной формальной конструкции его можно рассматривать как математический постулат, который имеет крайне интересные и нетривиальные следствия, относящиеся к структуре и внутренней динамике континуума как модели пространства-времени.

Вполне возможно, что подобная трансформация не является случайной. В этом случае математика космологического принципа может оказаться полезным астрофизическим инструментом.

1.

Рассмотрим вначале математический контекст, позволяющий выйти на математическую формулировку космологического принципа.

Начнем с того факта, что все без исключения физические и астрофизические процессы «завязаны» на пространство-время. Их соотношение может быть различным:

- пространство-время субстанционально и служит «ареной» физических процессов;
- пространство-время является частью физических процессов;
- пространство-время генерируется физическими процессами, что соответствует реляционному подходу.

Что же касается самого пространства-времени, то, как всякий геометрический объект, оно предполагается состоящим из точек, которые в совокупности образуют интуитивно непрерывное многообразие, континуум.

Можно заметить, однако, что это представление (модель) континуума адекватна именно субстанциональной концепции пространства-времени. Теоретико-множественная, точечная модель континуума закрепила (хотя и неявно) субстанциональный статус пространства-времени. Очевидно, что связать эту модель континуума с физическими процессами можно только через ее метрические и отчасти топологические характеристики.

Что же касается реляционного подхода, то он, как представляется, требует более адекватных ему моделей континуума.

Попытаемся разобраться в этом вопросе.

С точки зрения физики континуум возникает как абстракция процедуры измерения. В этом континууме можно выделить числа двух видов:

- 1) рациональные числа, которые могут быть результатом непосредственного измерения;
- 2) числа, которые являются абстракцией процесса всех более точных измерений.

Отождествив эти числа с точками (что является далеко не очевидным постулатом), мы получаем традиционную точечную модель континуума. В этой модели имеются «обычные» точки и точки, сгенерированные самим процессом измерения (принцип вложенных отрезков Г. Кантора). Таким образом, геометрическая модель континуума в реальности оказывается моделью процессуальной, где универсальным процессом выступает процесс увеличивающейся точности измерения. Это процесс можно «спрятать», введя конструкцию дедекиндовых сечений, что, однако, не меняет сути дела.

В 70-х гг. XX в. Д.Х. Конвей установил чрезвычайно глубокий факт (правда, до конца не осознанный как таковой): процесс измерения не является обязательным в построении континуума действительных чисел, то есть рациональные числа не обязательно предшествуют действительным числам. Принципиальным является наличие самого процесса, в котором можно выделить отдельные шаги, а также возможность осуществлять шаги в противоположном направлении. Этот факт означает принципиальную возможность генерации континуума из процессов как таковых.

Реализация этой возможности может быть такова.

Поскольку континуум является абстрактным понятием, он может быть сгенерирован только на основе абстрактных процессов. В свою очередь, носителями этого абстрактного процесса может быть реальный физический процесс. Аналогичная ситуация имеет место в теории множеств, когда собрание объектов несет в себе «идею» абстрактного множества.

Отталкиваясь от конструкции Конвея, можно предположить, что континуум представляет собой некую «стоячую волну», образованную разнонаправленными абстрактными процессами. Именно такая модель континуума видится адекватной реляционному подходу.

Перейдем к необходимым уточнениям.

Основой всей конструкции выступает идея длительности, *durée* в смысле А. Бергсона.

Предположим также, что некий наблюдатель обладает способностью различать отдельные шаги этой длительности, то есть возникает некий «стрелочный» процесс:

$$\rightarrow \rightarrow \rightarrow \dots \rightarrow \dots$$

При этом стрелки:

- однонаправленны (скажем, слева направо);
- не имеют какой-либо длины, а только фиксируют шаг процесса.

Будем обозначать этот стрелочный процесс как W^{\rightarrow} .

Чтобы образовать континуум, необходимо сделать трансфинитный шаг, аналогичный аксиоме Кантора о вложенных отрезках: из процесса надо «извлечь» объект. Более того, чтобы реализовать идею континуума как «стоячей волны», необходимо иметь *два*, бесконечных объекта различных типов, один из которых «существенно больше» другого. Это позволит создать некую «клетку» (в смысле принципа Дирихле) для процесса W^{\rightarrow} , получить «отраженный» процесс W^{\leftarrow} и на основе абстрактного аналога интерференции этих процессов построить «стоячую волну» – континуум, изоморфный при этом континууму вещественных чисел.

Для облегчения понимания существа дела дальнейшие рассуждения будут опираться на язык образов, хотя могут быть полностью формализованы.

Необходимые типы бесконечных объектов можно получить, используя следующие два способа извлечения бесконечного объекта из процесса.

Для получения бесконечного объекта **первого типа** необходимо собрать в одно целое все шаги стрелочного процесса W^{\rightarrow} , как уже пройденные, так и потенциально возможные. Образно говоря, необходимо взять стрелочный процесс «в скобки»:

$$\{ \rightarrow \rightarrow \rightarrow \dots \rightarrow \dots \}$$

Результатом этого действия является бесконечный объект ω .

Для получения бесконечности **второго типа** необходимо «замкнуть» стрелочный процесс на себя:

$$\begin{array}{c} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \dots \rightarrow \dots \searrow \\ \swarrow \dots \leftarrow \dots \leftarrow \leftarrow \leftarrow \end{array}$$

В результате получается бесконечный объект Ω . В отличие от статичного бесконечного объекта ω бесконечный объект Ω наделен внутренней динамикой и представляет собой «фундаментальное вращение».

Основополагающим соотношением между определенными выше бесконечными объектами является неравенство $\Omega > \omega$. Опуская формальное дока-

зательство, основанное на свойствах ординальных чисел, можно отметить очевидный факт, что постоянно пополняемый «изнутри» процесс нельзя «взять в скобки» и образовать бесконечность первого типа. Этим свойством как раз и обладает фундаментальное вращение. При минимальном формализме этому факту можно придать форму названного выше неравенства.

Полученное неравенство означает, что, извлекая из процесса W^{\rightarrow} бесконечность первого типа мы, тем не менее, не «останавливаем» процесс (что в принципе невозможно), а только ставим для него «препятствие», от которого он «отражается».

Можно предложить два образа дальнейшего развития процесса W^{\rightarrow} .

А) «Отражение» W^{\rightarrow} от препятствия ω оборачивается появлением процесса W^{\leftarrow} , который вливается в процесс W^{\rightarrow} , что ведет к появлению фундаментального вращения Ω .

Само фундаментальное вращение, как таковое, не наблюдаемо. Оно проявляется поворотом в процессе W^{\rightarrow} некоторого количества стрелок (в простейшем случае одной стрелки), что приводит к появлению процесса W_1^{\rightarrow} . Этот процесс, в свою очередь, отражается от препятствия ω и новый оборот фундаментального вращения Ω приведет к появлению процесса W_2^{\rightarrow} и т.д.

Б) Если на время «забыть» о фундаментальном вращении и видеть только «обратный» процесс W^{\leftarrow} , то поворот стрелок можно понимать как взаимодействие этих процессов, как их своеобразную «интерференцию» (к такой интерпретации есть еще и дополнительные аргументы, проистекающие из конструкции Конвея). Конечным итогом этой «интерференции» являются процессы с различными комбинациями взаимно-противоположных стрелок.

Приведенные манипуляции «со стрелками» могут показаться сродни детским развлечением, однако за ними стоит строгая, весьма продуктивная, хотя и очень непривычная математика.

Во-первых, точным теоретико-множественным аналогом первого из названных выше образов является так называемый диагональный процесс, которым в реальности является «диагональный метод» Г. Кантора (это было установлено еще О. Беккером в 50-х гг. XX в.).

Во-вторых, в конструкции Конвея действительное число определялось как последовательность, образованная некоторой «смесью» процессов W^{\rightarrow} и W^{\leftarrow} (или их усечений). Это значит, что каждой «оборот» фундаментального вращения порождает некоторое действительное число, а все «раскручивание» вращения в пределе порождает континуум. При этом слово «оборот» надо использовать с осторожностью. В отличие от традиционного понимания, «обороты» фундаментального процесса включают в себя элемент случайного, поскольку характер «вливания» процесса W^{\leftarrow} в процесс W^{\rightarrow} не подчинен никаким закономерностям (что, собственно говоря, и делает возможным появление континуума).

Как уже отмечалось, – если на время забыть о фундаментальном вращении, то проявление «препятствия» ω сводится к появлению процесса W^{\leftarrow} ,

который начинает взаимодействовать с процессом W^{\leftarrow} способом, похожим на наложение прямой и обратной волн в конечном пространстве.

Наложение друг на друга процессов W^{\leftarrow} и W^{\rightarrow} осуществляется предельно прямолинейно – как появление «взаимно-противоположных шагов» и образование стрелочного процесса W^{\leftrightarrow} :

$$\Leftrightarrow \Leftrightarrow \Leftrightarrow \dots \Leftrightarrow \dots \Leftrightarrow \dots$$

В этом процессе можно увидеть два принципиальных момента.

Во-первых, процесс W^{\leftrightarrow} визуально разворачивается в уже упомянутую «смесь» процессов W^{\rightarrow} и W^{\leftarrow} , то есть разворачивается в строгий континуум. Таким образом, континуум действительно можно мыслить как некий абстрактный аналог стоячей волны.

Во-вторых, в данной модели континуума, как и во всякой стоячей волне, должны присутствовать неподвижные точки-узлы. Процесс W^{\leftrightarrow} как раз и описывает эти узлы.

Построенная «волновая» модель континуума идейно отличается от традиционной модели, экстраполирующей процесс измерения. В традиционной модели целые числа предшествуют рациональным, а на основе рациональных чисел строятся действительные числа. В «волновой» модели действительные числа возникают сразу из стрелочных процессов, образованных «интерференцией» процессов W^{\rightarrow} и W^{\leftarrow} . Сразу же возникает вопрос: какие стрелочные процессы определяют целые числа? Имеется точное утверждение, что этим процессом является стрелочный процесс W^{\leftrightarrow} , что хорошо соответствует интуиции.

Попытаемся подвести первые итоги нашей «игры со стрелками».

Как уже подчеркивалось, за этой «игрой» стоит строгая математика. В рамках этой математики возникают динамические структуры: W^{\rightarrow} , W^{\leftarrow} , W^{\leftrightarrow} , которые очерчивают некоторый «мост» между семантикой континуума и семантикой квантовой теории. Фактически это означает «подсоединение» квантовой теории к общей методологии «семантического обмена», реализованного в программе Бурбаки. Это не только создает теоретическую платформу для реализации реляционного подхода, но и продуцирует разного рода реляционные эффекты. Например, в рамках рассмотренной выше модели натуральные числа возникают как узлы некоего абстрактного аналога стоячей волны. Получается так, что над собственно физическим миром находится его некий идеальный образ, продуцирующий математические объекты (как тут не вспомнить «Розу Мира» Д. Андреева). Упрощенно можно сказать, что «физика творит математику», что, собственного говоря, и вписывается в реляционную парадигму.

2.

Как нам представляется, «волновая» модель континуума более приближена к физической реальности, чем традиционная теоретико-множественная модель. В частности, в рамках этой модели ряд фундаментальных физических принципов имеет нетривиальные и весьма продуктивные математические проекции. Это относится и к космологическому принципу.

Как известно, космологический принцип утверждает, что Вселенная однородна и изотропна, то есть все ее «точки» равноправны и не существует выделенного направления. Рассмотренная выше «волновая» модель континуума позволяет переформулировать его таким образом, что он становится постулатом структуры определяющих континуум процессов. Конкретно, речь идет о следующем.

Рассмотрим стрелочный процесс $W^{\rightarrow} : \rightarrow \rightarrow \rightarrow \dots \rightarrow \dots$. Если понимать его как абстракцию реального физического процесса, происходящего в пространстве (в создании которого он сам участвует), то космологический принцип означает, что в этом процессе нужно «устранить» начальную точку отсчета. Традиционный способ такого устранения – предъявление всех возможных таких начал пересчета. Иными словами, если занумеровать n первых шагов процесса натуральными числами, то необходимо рассмотреть все возможные процессы, соответствующие перестановкам n чисел.

Существенным моментом данной конструкции является тот факт, что все такие процессы осуществляются *одновременно*, поскольку время для них едино (что, строго говоря, является следствием того же космологического принципа). Это свойство мы будем называть *порядковой инвариантностью*. Именно порядковую инвариантность можно рассматривать как математическую проекцию космологического принципа.

Следствием порядковой инвариантности является появление рассмотренных выше *фундаментальных вращений*, то есть объектов, выражающих саму идею вращения безотносительно среды, в которой это вращение осуществляется.

Возьмем первые n шагов процесса W^{\rightarrow} и применим к ним сформулированный выше принцип порядковой инвариантности (рис. 1).

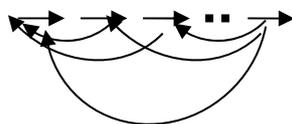


Рис. 1

В этом случае возникает последовательность из $\lambda(n)$ фундаментальных вращений, где:

$$\begin{aligned} & 0, \text{ при } n = 0, \\ \lambda(n) &= 0, \text{ при } n = 1, \\ \lambda(n+1) &= \lambda(n)(n+1) + 1, n \geq 2 [2]. \end{aligned}$$

Порядковая инвариантность включает в себя также перемещение начала отсчета в противоположную сторону и появление последовательности, представленной на рис. 2.

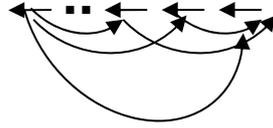


Рис. 2

Это приводит к появлению такого же количества фундаментальных вращений, направленных в *противоположную сторону*.

Итоговая трансформация W° процесса W^{\rightarrow} выглядит следующим образом:

$$\begin{array}{ccccccc} & \circlearrowleft & \circlearrowleft\circlearrowleft\circlearrowleft\circlearrowleft & \circlearrowleft^{\lambda(5)} & & & \\ \Leftrightarrow, & \Leftrightarrow, & \Leftrightarrow, & \Leftrightarrow, & \dots & & \\ & \circlearrowright & \circlearrowright\circlearrowright\circlearrowright\circlearrowright & \circlearrowright^{\lambda(5)} & & & \end{array}$$

Аналогично предыдущему процесс W° может быть развернут в совокупность одновременно осуществляющихся процессов, где к каждому шагу «прикреплено» соответствующее количество фундаментальных вращений. Направление этих вращений детерминировано направлением шага, например:

$$\begin{array}{ccccccc} & \circlearrowleft^{(4)} & \circlearrowleft^{(21)} & & & & \\ \rightarrow & \leftarrow & \rightarrow & \rightarrow & \dots & & \\ & \circlearrowright & & & & & \end{array}$$

Отделив линейные шаги и фундаментальные вращения, эту последовательность можно записать как: $(\rightarrow \leftarrow \rightarrow \rightarrow \dots) (\circlearrowright \circlearrowleft^{(4)} \circlearrowleft^{(21)} \dots)$. Эти две последовательности можно рассматривать как порядковый образ комплексного числа $re^{i\varphi}$.

Суммируя все вышеизложенное, можно сказать, что космологический принцип, в его математической трактовке, приводит к примечательной трансформации волновой модели континуума.

А. Рассмотренный выше континуум, изоморфный континууму действительных чисел, получается «обращением» процесса W^{\rightarrow} и «интерференцией» процессов W^{\rightarrow} и W^{\leftarrow} .

Б. Космологический принцип, в форме принципа порядковой инвариантности, трансформирует процесс W^{\rightarrow} таким образом, что возникает не только процесс W^{\leftarrow} , но и некоторая «добавка» к каждому его шагу фундаментальных вращений, которые делают волновой континуум подмножеством континуума комплексных чисел.

3.

Как уже подчеркивалось, сверхзадачей реляционного подхода является развитие концепции пространства-времени как генерации происходящих в мире физических процессов. В настоящее время наиболее последовательно эта точка зрения, со всеми необходимыми уточнениями, представлена в теории БСКО Ю.С. Владимирова, хотя высказывания на эту тему можно встретить и у других исследователей, начиная с Г.В. Лейбница.

Несмотря на алгебраический фундамент, эта теория вынуждена оперировать образами и понятиями, так или иначе связанными с теоретико-множественной парадигмой, которая, как известно, выросла из синтеза арифметики и геометрии. Необходимость мыслить процессуально, «поверх» геометрических образов, которые «тянут» в другую сторону, создает объективные трудности для понимания фундаментальных идей БСКО. Заметим, что такая ситуация характерна для любой масштабной «смены вех». Например, полифонические сочинения И.С. Баха были написаны им для некоего идеального Hammerklavier'a, в то время как в реальности он имел дело с весьма ограниченными возможностями клавесина. Поиск адекватных средств выражения в этом случае становится ключевой задачей.

Возможный путь решения сформулированной выше сверхзадачи может быть в ее «обращении». Опираясь на ту или иную модель континуума (пространства-времени), можно попытаться «состыковать» ее с теорией систем отношений, составляющей аппарат БСКО.

В случае канторовской, точечной модели континуума эта задача видится неразрешимой. Попробуем наметить ее реализацию для волновой модели континуума.

Начнем с фундаментального теоретико-множественного понятия отношения $R(a, b)$ между объектами a и b . В нем нет намека на идею перехода от a к b . Более того, сами объекты a и b мыслятся как предшествующие отношению R . С другой стороны, на языке отношений, как показали Ю.И. Кулаков и Г.Г. Михайличенко, можно описать дискретным образом широкий спектр симметрий. Однако необходимую для развития физической теории процессуальную компоненту приходится домысливать, поскольку сам аппарат отношений «по умолчанию» интерпретируется теоретико-множественным образом.

Интерпретация отношения R как стрелочного процесса:

$$\rightarrow \leftarrow \rightarrow \rightarrow \dots (*)$$

позволяет понимать его как *процесс взаимодействия* между объектами материальной природы, поскольку в нем явно просматривается идея обмена (виртуальными частицами). Принципиальным моментом является то, что информация о существовании этих объектов заложена прямо в стрелочной последовательности. Подобный формализм представляется чрезвычайно полезным, поскольку в конечном счете нас интересуют отношения, понимае-

мые как процесс обмена. Можно сказать, что такие отношения генерируются испущенным, но еще не поглощенным излучением.

С другой стороны, в арифметике Конвея стрелочный процесс – это некоторое действительное число. Это позволяет предположить, что учет всех возможных взаимодействий – стрелочных процессов – приводит к волновой модели континуума.

Чтобы получить характеристики этого взаимодействия (излучения), необходимо перейти к комплексным числам, что в нашей модели означает дополнение каждого шага стрелочного процесса (*) фундаментальными вращениями:

$$\begin{array}{ccccccc} \mathbb{C}^{(l)} & & \mathbb{C}^{(m)} & & \mathbb{C}^{(n)} & & \\ \rightarrow & \leftarrow & \rightarrow & \rightarrow & \dots & & \\ & \mathbb{C}^{(k)} & & & & & \end{array}$$

При определенном соотношении чисел k, l, m, n волновая модель континуума будет удовлетворять принципу порядковой инвариантности, то есть математическому образу космологического принципа.

Дальнейшее развитие стрелочного формализма позволяет увидеть ряд примечательных взаимосвязей.

Например, «подключение» к конкретному взаимодействию – стрелочному процессу взаимодействий от всех материальных объектов во Вселенной (принцип Маха) на языке стрелочных процессов означает рассмотрение *всех возможных стрелочных процессов, осуществляемых одновременно*. Это, в свою очередь, означает следующее:

- возникает волновая модель континуума с «защитыми» в ней квантовыми эффектами;
- появляются фундаментальные вращения и возникает «идея» комплексного числа;
- в модели Вселенной, основанной на данной концепции континуума, реализуется космологический принцип.

Разумеется, эти названные связи нуждаются в дальнейшем осмыслении и формализации.

Автор выражает благодарность Ю.С. Владимирову, идеи которого оказали существенное влияние на содержание данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров Ю.С. Метафизика. – М.: БИНОМ, 2009.
2. Векшенов С.А., Бешенков А.С. Порядковые образы комплексных чисел и кватернионов в основаниях физики // Метафизика. – 2013. – № 9. – С. 70–85.
3. Кнудт Д. Сюрреальные числа. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
4. Кулаков Ю.И. Элементы теории физических структур (Дополнение Г.Г. Михайличенко). – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1968.

MATHEMATICS OF THE COSMOLOGICAL PRINCIPLE

S.A. Vekshenov, A.S. Beshenkov

The article examines a new continuum model implementing the idea of “stationary wave.” This model is viewed as being closer to physical reality than the traditional set-theoretical model. Within the framework of the “wave” model of the continuum, the cosmological principle is transformed into the mathematical principle of “ordinal invariance,” which has non-trivial – mathematical, physical and metaphysical – effects. In particular, there appears to be a link between the cosmological principle and the quantum-mechanical effect of “simultaneous implementation of all potentials.” This effect, in turn, turns out to be related to Mach’s principle.

Key words: cosmology, space-time, continuum, measurement process, interference, relational approach, relational apparatus.

КОСМОЛОГИЯ, ФИЗИКА И МЕТАФИЗИКА

С.В. Сипаров

Государственный университет гражданской авиации

В статье анализируются особенности известных космологических моделей и требований, выдвигаемых к ним. Показано, что можно добиться соответствия теоретической модели с наблюдениями за счет модификации математического аппарата. При этом можно отказаться от ряда гипотез, касающихся физических свойств Вселенной, с наблюдением которых имеются проблемы.

Ключевые слова: космология, Большой взрыв, сингулярность, реликтовое излучение, геометрия, анизотропия.

Математик может говорить все, что взбрედет ему в голову, но физик обязан сохранять хотя бы крупицу здравого смысла.

Уиллард Гиббс

Введение

Трудно представить более метафизический раздел науки, чем космология. Даже жизнь и разум при всей своей непостижимости допускают хотя бы принципиально проверку теорий, объясняющих их происхождение. Мы можем надеяться получить жизнь – путем химических экспериментов в пробирке и разум – путем конструирования все более совершенных схем искусственного интеллекта. Хотя на определенном этапе могут возникнуть проблемы с определением того, что считать жизнью и разумом. Но создать такой Мир или такую Вселенную, что можно будет хоть как-то сравнить этот «новодел» с той Вселенной, которую мы наблюдаем, не представляется возможным. Наш удел – выдвинуть гипотезу о сущности Вселенной, желательно такую, чтобы в ней нашлось место всему наблюдаемому. Дело осложняется тем, что и с понятием *наблюдаемости* не все обстоит так просто. Как известно, американские индейцы видели, но не наблюдали паруса европейских каравелл – паруса находились за пределом их осознанного восприятия. Кроме того, имеется идея сущности, по определению находящейся за пределами чувственного восприятия, то есть идея Творца, и она имеет столь глубокий смысл, что никакие усилия по ее ниспровержению не приводят к успеху. К ней примыкает идея математического моделирования – формирования системы абстрактных понятий, связанных правилами логики, позволяющая получать определенные конструкции, такие, что соотношения меж-

ду их абстрактными элементами напоминают соотношения между наблюдаемыми элементами окружающего мира и Вселенной в целом.

Таким образом, создание космологической теории представляет собой обратную задачу – поиск наиболее удаленной причины для максимального количества наблюдаемых следствий. И поскольку выбор ее не ограничен законами, справедливыми для следствий, космология становится метафизикой, что сближает ее с религией и мифологией.

Краткий обзор космологических теорий

Космология древности, включающая в себя небесные объекты, была отражением представления о (математической и даже геометрической) гармонии, управляющей миром. Поэтому в ней присутствовали правильные тела, такие, как сферы или пять Платоновых многогранников. Причина наблюдаемого движения звезд и планет была сверхъестественной и не подлежала постижению. По мере уточнения наблюдательных данных космологическая картина искажалась, выворачивалась наизнанку, изменяла положение своего центра... До 1923 года Вселенная была одинока и представляла собой вечно существовавшую стационарную галактику, звезды которой не разлетались, но и не падали друг на друга. Оказалось, что в Солнечной системе теория Эйнштейна еще более успешно, чем теория Ньютона, дала математическое описание движения тел, а кроме того, предсказала эффекты, проявления которых выходили за пределы Солнечной системы, такие как отклонение светового луча массивным телом и гравитационное красное смещение. Это наводило на мысль о применимости математических структур ОТО и для описания систем еще большего масштаба – всей Вселенной в целом. Что и было проделано разными способами, однако результат, касавшийся поначалу все той же стационарной, а затем и нестационарной Вселенной, казался слишком формальным и не соответствующим «здравому смыслу». Научное сообщество начала XX века было еще недостаточно готово вернуться к идеалистическим представлениям об основе мироустройства, которые на новом этапе оказались связанными с математическими обстоятельствами. Такому возвращению, как ни удивительно, помогли наблюдения – Хаббл обнаружил красное смещение, которое было интерпретировано как один из вариантов распространения геометрической теории Эйнштейна, точнее, ее нестационарного варианта, предложенного Фридманом и Леметром, на всю Вселенную. Основой космологии стала теория Большого взрыва – таинственного события возникновения *всего из ничего*, которое не только соответствовало наблюдениям Хаббла, но и количественно оправдало предсказание Гамова о наличии реликтового излучения, – последнее также было обнаружено в наблюдениях. И, таким образом, в рамках любой из возможных альтернатив стандартной космологии Большого взрыва оба эти феномена, красное смещение и фоновое излучение должны быть объяснены. Это обстоятельство поставило барьер целому ряду релятивистских и пострелятивистских космо-

логических моделей. В дальнейшем оказалось, что почти все современные модели ранней Вселенной, основанные на представлении о Большом взрыве, требуют существования краткого периода экспоненциального роста (инфляция, А. Старобинский), в процессе которого соседствующие частицы оказываются быстро разделенными огромными областями пространства.

Существует, однако, и такая точка зрения, что теория Большого взрыва требует слишком много гипотетических вещей: инфляция (необходимая для объяснения наблюдаемого однородного распределения масс и температур), темная материя (необходимая для объяснения наблюдаемых плоских кривых вращения спиральных галактик), темная энергия (необходимая для объяснения наблюдаемого нарушения линейности в законе Хаббла), не говоря уже о нарушении закона сохранения энергии.

В середине 20-го века в качестве альтернативы рассматривалась теория стационарной Вселенной, принадлежавшая Г. Бонди, Т. Голду и Ф. Хойлу, которые для объяснения расширения предположили, что во вселенной постоянно рождается новая материя в постоянном, но умеренном темпе – несколько атомов на кубический километр в год. Но обнаружение космического фонового излучения поставило на этой теории крест. Другие сторонники стационарности Вселенной (Ф. Цвикке) исходили из того, что фотоны теряют энергию по мере движения через космическое пространство, и их частота смещается к красной части спектра. Но и это приводит к спектру фонового излучения, который не соответствует наблюдениям.

В плазменной космологии (И. Великовский, Р. Юргенс) считается, что гравитация – это электромагнитный феномен, вытекающий из взаимодействия между свободными зарядами и магнитными полями Солнца и планет, а звезды работают не на термоядерных, а на электрических процессах. Кроме того, известны конкретные расчеты (Э. Лернер), из которых следует, что теория Большого взрыва приводит к ряду технических неточностей. Например, из нее следует неправильное значение измеренной плотности легких элементов вроде дейтерия, лития-7 и гелия-4; пустоты между галактиками оказываются слишком большими, чтобы их можно было объяснить временными рамками теории Большого Взрыва; яркость поверхности далеких галактик наблюдается как постоянная, тогда как в расширяющейся вселенной эта яркость должна уменьшаться с расстоянием из-за красного смещения. Теория плазмы, напротив, правильно предсказывает изобилие легких элементов, макроскопическую структуру Вселенной и поглощение радиоволн, являющихся причиной космического микроволнового фона. В плазменной космологии также допускается, что Вселенная бесконечна в размере и возрасте.

Еще одно остроумное предположение состоит в том, что наблюдаемая Вселенная является трехмерным миражом, возникающим на горизонте событий четырехмерной звезды, коллапсирующей в черную дыру. Поскольку четырехмерная объемная вселенная может быть намного старше или даже бесконечно старой, это могло бы объяснить однородное распределение тем-

пературы, наблюдаемое в нашей Вселенной. А в теории множественных Вселенных (А. Линде) вместо Вселенной с одним законом физики имеется вечная хаотическая инфляция, которая предполагает самовоспроизводящуюся и вечно существующую мультивселенную, в которой все возможно, что исключает все вопросы к наблюдениям.

Помимо стационарности Вселенной и особенностей фонового излучения имеются и другие вопросы, возможные ответы на которые приводят к специфическим космологическим представлениям. Один из таких вопросов состоит в том, что теоретические модели работают одинаково хорошо, независимо от того, идет время вперед или назад. В реальном же мире время не движется вспять. Стандартное объяснение связано с представлениями о необывании энтропии, то есть порядок растворяется в беспорядке. Однако, раз уж оказалось, что площадь поверхности черной дыры пропорциональна ее энтропии, ничто не мешает допустить, что Вселенная началась как раз с высокоупорядоченного состояния и низкой (нулевой) энтропии. Это позволяет предположить (Дж. Барбур), что Большой Взрыв привел к созданию не одной, а двух Вселенных, в каждой из которых время течет в противоположную от другой сторону.

Одной из наиболее привлекательных космологических теорий (причины этого несколько подробнее обсуждаются ниже) в настоящее время является конформная циклическая космология (Р. Пенроуз). В ней событие Большого взрыва не является уникальным, но разделяет продолжительные периоды сжатия и расширения Вселенной – *зоны*, в процессе которых происходит изменение геометрии Вселенной. Интересно, что этому подходу удалось найти и наблюдательное подтверждение. Другим перспективным подходом представляется теория (С. Дас), базирующаяся на квантовой механике Бома, основанной на понятии траектории и требующей существования темной материи, обладающей свойствами сверхтекучей жидкости. Последнее вновь апеллирует к идее эфира, которая по-прежнему возникает в связи то с одним, то с другим.

Несколько замечаний

О внутренней задаче

Гипотеза Большого взрыва связана с представлением о гравитационном коллапсе и так называемых черных дырах, которое стало настолько привычным, что существует целая дисциплина под названием «Физика черных дыр». Хотя последние возникли в результате интерпретации решения Шварцшильда уравнений ОТО, наличие черной дыры с теми же параметрами имеется и в классической теории Ньютона – достаточно потребовать, чтобы вторая космическая скорость, соответствующая некоторому тяготеющему телу, была равна скорости света. Строго говоря, существование замкнутого горизонта событий для отдельного тела превращает обсуждение того, что находится внутри него, в непроверяемую фантазию, то есть и пре-

вращение звезды в сингулярность в процессе коллапса, и возникновение Вселенной из точки не могут иметь никакого проверяемого смысла, на наличии которого в физической теории настаивал Н. Бор. Более того, внимательное рассмотрение этой проблематики приводит к любопытным заключениям [1].

Обычно неявно считается, что плотность вещества под горизонтом событий является огромной. Эта точка зрения связана с известными оценками для радиуса Шварцшильда объектов, находящихся вокруг нас. Так, для того, чтобы свет не мог покинуть Землю, ее радиус при той же массе следует сжать примерно до 5 мм. Рассмотрим, однако, однородный разреженный шар с конечной плотностью и радиусом r_b . Найдем такое соотношение между его радиусом и массой – критическую плотность ρ_c , что его радиус равен

гравитационному радиусу, т. е. $r_b = r_s$, где $r_s = \frac{2GM}{c^2}$ – радиус Шварцшильда этого шара, а M – его полная масса. Поскольку

$$M = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi r_b^3, \text{ то из условия } r_b = r_s \text{ следует } \rho_c = \frac{3c^2}{8\pi G} \frac{1}{r_b^2} \sim 10^{26} \frac{1}{r_b^2}. \text{ То-}$$

гда для того, чтобы свет не мог покинуть однородный шар с радиусом Земли 6400 км, его плотность должна быть равна $\rho_c \sim 10^{12}$ кг/м³, но для галактики с радиусом

100 кпс $\sim 10^{21}$ м, получим $\rho_c \sim 10^{-16}$ кг/м³. И если актуальная плотность ρ_a больше ρ_c , то радиус горизонта окажется за пределами шара и, начиная с r_b , и далее будет выполняться закон Шварцшильда (Ньютона). Если же актуальная плотность меньше критической, то радиус горизонта окажется внутри (однородного) шара, и в окрестности r_b будет справедлив закон Гука. Несмотря на то, что вещество в галактике распределено между звездами и межзвездным газом весьма неоднородно, а сама галактика может оказаться недостаточно уединенной, эти простые соображения трудно не принимать во внимание, особенно с переходом к большим масштабам.

Продолжая рассмотрение сферической области с однородной плотностью, можно рассмотреть внутреннюю задачу Шварцшильда [2] и потребовать, чтобы на границе происходило сшивание ее решения с решением внешней задачи. Тогда связь между собственным временем τ и координатным временем t , измеряемым бесконечно удаленными часами, будет иметь вид

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{3}{2} \sqrt{1 - \frac{r_s}{r_b}} - \frac{1}{2} \sqrt{1 - \frac{r_s}{r_b^3} r^2}. \quad (1)$$

Для центра шара получим

$$d\tau = dt \left(\frac{3}{2} \sqrt{1 - \frac{r_s}{r_b}} - \frac{1}{2} \right). \quad (2)$$

Таким образом, если радиус сферы r_b изначально меньше, чем $9/8$ ее гравитационного радиуса r_s или если тело прошло эту границу в процессе гравитационного сжатия (коллапса), то собственное время меняет знак, и гравитационное притяжение сменяется гравитационным отталкиванием. Поэтому прохождение границы шара внутрь горизонта и превращение тела в черную дыру едва ли возможны.

Оба рассмотренных обстоятельства одновременно отсылают и к обсуждению понятий «темной материи» и «темной энергии». Так, если в упомянутой (спиральной) галактике имеется 10^{11} звезд с массой Солнца 10^{30} кг, то ее средняя плотность составляет 10^{-44} кг/м³ и нет никаких оснований ожидать, что потенциал на ее границе будет убывать, как $1/r$ даже с более точным учетом дискообразного галактического распределения масс. Поэтому та интерпретация плоских кривых вращения, которая приводит к введению понятия темной материи, основана на неверной исходной посылке. В то же время из формулы (2) следует, что и расширение всей Вселенной в целом не требует *сингулярного* события Большого взрыва, равно как и наличия специального вида энергии, приводящей к отталкиванию. По этой причине можно считать, что Вселенная, представляя собой распределение масс, близкое к однородному, находится под своим горизонтом событий.

Примем во внимание явное разделение внутренней и внешней задач для физических систем. Если наделить такие математические объекты, как точка, бесконечная нить и плоскость, некоторым зарядом, что сделает их источниками полей в задаче Пуассона, то решения для напряженности полей, создаваемых этими объектами, будут пропорциональны $1/r^2$, $1/r$ и константе соответственно. Однако в физике все объекты конечны, и в данном случае следует рассмотреть шар радиуса r_b , цилиндр радиуса r_b и слой толщиной $2r_b$. По этой причине задача каждый раз будет естественно распадаться на внутреннюю и внешнюю задачи, решения которых должны совпадать на границе. При этом внешние задачи будут иметь те же решения, что и раньше, пропорциональные $1/r^2$, $1/r$ и константе соответственно. А внутренние задачи будут иметь решения одинакового вида, пропорциональные r , где r ($r < r_b$) – расстояние от точки наблюдения до центра шара, до оси цилиндра и – удивительным образом – до произвольной точки внутри слоя, выбранной в качестве начала координат, соответственно. В последнем случае величина напряженности в этой произвольной точке выбирается также произвольно и может быть положена равной нулю. Результат для слоя выглядит несколько парадоксально, но прямым интегрированием легко проверить, что значение поля не зависит от точки, выбранной в качестве начала координат.

Осталось упомянуть, что эллиптические траектории планет, измеренные Кеплером, Ньютон описал с помощью решения внешней задачи, в то время как Гук не исключал, что Солнце находится в центре, а не в фокусе этих эллипсов (что соответствовало бы решению задачи внутренней). Это было, конечно, преждевременное заявление, вдобавок не согласующееся с опытом. Однако «яблоко Ньютона» двигалось бы внутри (однородной) Земли как раз

по эллипсу, который предложил Гук. И поскольку расстояния между галактиками превосходят размеры галактик лишь на 1–2 порядка, интерпретация наблюдаемых космологических явлений с помощью решения внешней задачи вряд ли оправдана. Но для внутренней задачи гравитационная напряженность во Вселенной должна линейно расти по мере удаления от наблюдателя. Соответственно, должно линейно расти и наблюдаемое ускорение тел «под действием гравитации». С помощью наблюдений Хаббл установил, что красное смещение в удаленных галактиках линейно меняется с расстоянием, и выдвинул две интерпретации: либо Вселенная описывается моделью Де Ситтера, либо имеет место эффект, подобный «эффекту Допплера». Научное сообщество предпочло вторую из них, причем из физического эффекта она превратилась в *космологическое расширение*, согласующееся с решением Фридмана. Однако с точки зрения предположения о том, что внутренняя задача более пригодна для моделирования Вселенной, возможна и еще одна интерпретация. Линейный рост напряженности гравитационного поля с расстоянием до наблюдателя может приводить к возникновению *гравитационного* красного смещения в соответствии с классической ОТО.

О геометрии

Таким образом, предварительный анализ свойств используемой математической модели приводит к отказу от необходимости введения неочевидных физических свойств самого моделируемого объекта, которые, кстати, могут меняться как при выборе масштаба рассмотрения, так и с изменением объекта с течением времени. Удачный выбор математической модели иногда оказывается очень эффективным и обладает прогностической ценностью, но это происходит не всегда, поэтому и подгон свойств объекта под свойства модели может быть оправдан не всегда.

В частности, такой удачный выбор имел место в начале XX века, когда Минковский предложил использовать для моделирования реальности новую и неочевидную геометрию. Это позволило не только получить все результаты электромагнитной теории Лоренца более экономными средствами, но и справиться с проблемой невозможности экспериментально обнаружить эфир – в новой теории он перестал быть необходимым. Выбор геометрии, то есть *формального способа* описания, основанного на определении понятия «расстояние», заменил собой использование и измерение этого гипотетического физического объекта. Следующий шаг на этом пути – использование геометрии Римана – привел к появлению ОТО Эйнштейна, успех которой в описании Вселенной в масштабе Солнечной системы неоспорим. С увеличением масштаба рассмотрения до масштаба всей Вселенной и при сопоставлении с соответствующими наблюдениями у теории появился ряд проблем, о возможности чего предупреждал еще В.А. Фок. Научным сообществом это было воспринято как необходимость внесения новых сущностей в конструкцию Вселенной, причем таких, наблюдать которые обычными средствами не удастся подобно тому, как ранее дело обстояло с эфиром. Это

наводит на мысль о том, что следовало бы снова попытаться ввести новые геометрические идеи в космологическую теорию, хоть это и не является единственно возможным направлением ее развития. Именно это характеризует упоминавшуюся выше теорию Пенроуза, в которой геометрия меняется с изменением масштаба и течением времени. Дополнительным привлекательным обстоятельством этой теории является «повторяемость» события Большого взрыва, что придает связанной с ним непостижимой сингулярности физический оттенок.

Космологическая гипотеза

С учетом сделанных выше замечаний о применимости внутренней задачи для описания Вселенной, можно окончательно отказаться от точечной сингулярности, связанной с Большим взрывом и сохранить лишь конечную сферу с радиусом Шварцшильда, пропорциональным массе наблюдаемой Вселенной. Однако полностью отказаться от метафизических допущений не удастся, поскольку возникает вопрос о том, что может находиться *за пределами* наблюдаемой Вселенной.

Сформулируем в общих чертах космологическую гипотезу, в которой есть место для двух базовых наблюдений – космологического красного смещения и фонового излучения. Ее основой является обобщенный принцип эквивалентности, использованный в [1] для построения анизотропной геометродинамики (там же имеется и математический аппарат, положенный в основу АГД). Отличие обобщенного принципа от обычного состоит в том, что сила инерции зависит также и от скорости, с которой движется тело, поэтому сила гравитации, которую невозможно отличить от силы инерции экспериментальным путем, должна также зависеть от скорости. В рамках ОТО соответствующая поправка к метрическому тензору имеет следующий порядок малости. Но так получается только потому, что используемая в ОТО геометрия (Римана) не предусматривает исходной зависимости метрики от скорости.

При разработке динамики исходят из предположения о существовании сил (силовых полей) и их источников. Однако в случае далекодействующих сил это является просто гипотезой¹, проверить которую можно, лишь измеряя кинематические параметры, такие, как координата, скорость и ускорение дистанционно, и именно так она и возникла. Ясно поэтому, что в основе вычислений по данным таких измерений лежит соглашение о правиле определения расстояния, то есть конкретная геометрия и ее следствия. При этом современные представления о структуре вещества исключают наличие контактных сил и на малых масштабах, превращая геометрию в универсальный инструмент, имеющий разную структуру на разных масштабах [3]. Впервые эта идея была в явном виде сформулирована Клиффордом, однако она не

¹ Слова Ньютона «*Hypotheses non fingo*», сказанные им о природе сил гравитации, действующих на расстоянии, можно отнести и к существованию самих сил.

была реализована в полной мере, несмотря на значительные усилия, принятые физиками и математиками по геометризации физики после успеха ОТО.

Все удаленные наблюдаемые источники двигаются со скоростями, имеющими радиальную и тангенциальную составляющие. Очевидно, что тангенциальная составляющая приводит к наблюдаемому ускорению, прямо пропорциональному расстоянию до данного источника. В анизотропной геометродинамике скорость непосредственно входит в метрику, которой и обусловлен гравитационный потенциал. В соответствии с общим релятивистским подходом это должно выражаться в гравитационном красном смещении, что и наблюдается. Таким образом, выбор геометрии (в данном случае анизотропной) позволяет рассматривать Вселенную как турбулентную среду, наполненную вихрями разных масштабов, и не поднимает вопросов о происхождении Вселенной из сингулярности и последовавшем расширении. Эта космологическая модель, как и любая другая, по своему масштабу может соотноситься не с масштабом планетной системы, где у ОТО все хорошо, а, скорее, с галактическим масштабом, где у ОТО имеются нестыковки. Поэтому естественно обратить внимание на использование анизотропной геометродинамики в масштабе галактик.

Следует отметить, что в этом случае выбор анизотропной геометрии позволяет обойтись без темной материи, которая в рамках ОТО была введена для объяснения плоских кривых вращения спиральных галактик. Оказывается, что на этом масштабе использование анизотропной метрики предсказывает не только плоские кривые вращения, но и закон Талли–Фишера, отсутствующий в ОТО и имеющий эмпирическое происхождение. Он состоит в том, что светимость (спиральной) галактики пропорциональна четвертой степени скорости орбитального движения звезд на ее периферии. Предсказание этого закона в рамках АГД представляется достаточно важным, так как гипотеза существования темной материи и эмпирический закон Талли–Фишера входят в радикальное противоречие между собой: скорость движения массивных тел (звезд) определяется лишь массой барионной (светящейся) материи и никак не учитывает «наличие» огромного количества материи темной. По неясным причинам этим парадоксом в настоящее время пренебрегают. В настоящее время также считается, что темная материя необходима для протекания первичного нуклеосинтеза, но это не совсем верно, поскольку для этого требуется не материя как таковая, а лишь дополнительный гравитационный потенциал. В анизотропной геометродинамике он обеспечивается зависимостью метрики от скоростей. Таким образом, выбор способа описания (геометрии) на масштабе галактики позволяет обойтись без введения дополнительных (и противоречивых) сущностей, что делает его более обоснованным для использования на космологическом масштабе.

Второй базовый эффект космологической модели Большого Взрыва – фоновое излучение. Для его объяснения можно привлечь эффект Унру, состоящий в наблюдении теплового излучения в ускоряющейся системе при

отсутствии этого излучения в инерциальной системе. Ускоряющийся наблюдатель (или наблюдатель ускоренного движения) увидит фон излучения, даже если в системе покоя источника излучения нет. Физический вакуум в неподвижной системе окажется состоянием с ненулевой температурой в ускоренной системе отсчёта, то есть наблюдатель увидит множество частиц, находящихся в термодинамическом равновесии, – тёплый газ.

Значение температуры, соответствующей такому излучению, равно $T = \frac{\hbar a}{2\pi k c} \sim a \cdot 4 \cdot 10^{-21}$ К. Таким образом, для того, чтобы наблюдать температуру фонового излучения 2,7 К, источник должен двигаться с ускорением $a \sim \frac{2,7}{4 \cdot 10^{-21}} \sim 0,7 \cdot 10^{21}$ м/с². Таким источником могут быть, например, атомы водорода, представляющие собой основную массу окружающей межзвездной материи. Тогда для электрона в атоме Бора² можно полагать $a = \omega^2 R$, и эффект Унру для радиуса атома порядка 10^{-10} м и частоты вращения электрона порядка 10^{15} с⁻¹ приводит к фоновому («реликтовому») излучению с температурой, порядок величины которой совпадает с порядком величины наблюдаемой температуры. Таким образом, и наблюдаемое фоновое излучение не требует возникновения всего из ничего, но для своего объяснения обходится лишь наличием во Вселенной атомов.

Резюмируя, можно заметить следующее. Использование адекватного математического аппарата и различение внешней и внутренней задач при решении уравнений космологических моделей позволяет избежать использования излишних экзотических гипотез. Это, конечно, не означает, что можно полностью обойтись без их выдвигания, поскольку в основе любой теории лежит та или иная аксиома. Можно, однако, постараться выбрать ее так, чтобы наблюдаемые следствия были связаны с ней наиболее детерминированным образом, то есть чтобы вопросы к ней могли иметь определенные и проверяемые на опыте ответы. В частности, рассуждения, изложенные выше, приводят к предположению о существовании некоторого расстояния, характеризующего расположение границы Вселенной, внутри которых мы находимся. Что находится за этой границей, какова там плотность вещества, если оно там есть, и что оно собой представляет, почему в настоящее время имеется граница, как будет меняться ее расположение в дальнейшем и др.?.. Эти вопросы не кажутся принципиально неразрешимыми, но требуют дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Siparov S.* Introduction to the Anisotropic Geometrodynamics. World Scientific. – New Jersey-London-Singapore, 2011.
2. *Hobson M., Efstathion G., Lasenby A.* General relativity. – Cambridge, 2009.

² Интересно, что геометрический подход можно применить и для рассмотрения модели атома Бора [3].

3. *Siparov S.* Metrical interpretation of field theories. Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 29 June–02 July, 2015. – Moscow : BMSTU, 2015. – P. 483–501.

COSMOLOGY, PHYSICS AND METAPHYSICS

S.V. Siparov

The article analyzes the characteristics of the known cosmological models and the requirements put forward by them. It has been shown that it is possible to achieve compliance between the theoretical model and observations by modifying the mathematical apparatus. It turns out to be possible to reject a number of hypotheses regarding some physical properties of the Universe, that have principal problems in observation.

Key words: cosmology, Big Bang, singularity, cosmic microwave background radiation, geometry, anisotropy.

ВАРИАНТ МНОГОМЕРНОЙ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В.Г. Кречет

*Московский государственный технологический университет «Станкин»,
Ярославский государственный педагогический университет
имени К.Д. Ушинского*

С.В. Родичев

Московский государственный технологический университет «Станкин»

Обсуждается новый подход в исследованиях самой начальной фазы существования Вселенной и ее последующей эволюции, основанный на положениях об исходном 5-мерии Вселенной с начальным моментом импульса у нее, когда она находилась еще в квантовом состоянии. Показывается, что эти начальные факторы естественным образом могут приводить к классической фазе эволюции Вселенной, в процессе которой ее развитие по 5-му измерению затухает, а эволюционирует лишь 4-мерное пространство-время Вселенной в соответствии со стандартным сценарием космологической эволюции.

Ключевые слова: квантовая космология, 5-мерие, вихревое гравитационное поле, космологическое вращение, эволюция Вселенной, первая и вторая инфляция, пространство-время, волновая функция Вселенной, «темная энергия».

Введение

В данной статье предлагается новый подход к исследованию проблем и свойств начального состояния Вселенной, а также к описанию движущих сил ее эволюции. Он базируется на концепции многомерия, конкретнее – на предположении, что начальная Вселенная была 5-мерной с дополнительным четвертым пространственным измерением.

Кроме того, как и во многих космологических работах по описанию начального состояния Вселенной, полагается, что ее начальное состояние является квантовым, то есть начальная Вселенная была 5-мерным квантовым объектом, изучаемым методами современной квантовой космологии.

Но поскольку, как известно из квантовой физики, большинство квантовых объектов обладают еще и собственным моментом импульса (спином), то естественно полагать, что начальная 5-мерная квантовая Вселенная также имела собственный момент импульса. Показывается, что это свойство начальной Вселенной в процессе перехода к классической эволюции приводит к индуцированию вихревого гравитационного поля, описываемого космологической моделью с вращением.

1. Обоснование 5-мерного варианта космологии

Использование идеи 5-мерия для построения космологической модели обусловлено следующими факторами:

1. Во-первых, известные в настоящее время далекодействующие фундаментальные физические взаимодействия – электромагнитное и гравитационное, в соответствии с единой теорией гравитации и электромагнетизма Т. Калуцы, в полном, корректном и окончательном виде сформулированной Ю.С. Владимировым [1] с использованием монадного формализма, описываются компонентами 5-мерного метрического тензора.

Было показано, что система из 15 пятимерных уравнений Эйнштейна посредством процедуры (4+1)-расщепления в рамках монадного формализма представляется в виде системы из десяти обычных 4-мерных уравнений Эйнштейна, системы из четырех обычных уравнений Максвелла и еще одного уравнения для скалярного поля. Особо следует подчеркнуть, что в полученных уравнениях Эйнштейна справа автоматически возникает источник гравитационного поля, в точности равный известному тензору энергии-импульса электромагнитного поля. Нужный знак этого выражения, соответствующий положительной определенности энергии электромагнитного поля, получается только в том случае, когда пятая координата является пространственно-подобной.

2. Еще одно удивительное свойство 5-мерной теории Калуцы состоит в виде 5-мерных уравнений геодезических линий. Оказывается, четыре из них соответствуют известным в 4-мерной теории уравнениям движения заряженных частиц в гравитационном и электромагнитном полях. Пятое уравнение геодезической линии при условии цилиндричности по пятой координате означает постоянство отношения электрического заряда частицы q к его массе m .

3. Еще одним существенным доводом в пользу 5-мерия является тот факт, что элементарные фермионы (кварки, лептоны), из которых формируется наблюдаемая материя (атомы, молекулы, макротела), описываются дираковскими 4-компонентными спинорами, которые также присущи как 4-мерному, так и 5-мерному пространству-времени, так как они являются спинорным представлением алгебры Клиффорда $C(4,1)$, соответствующей 5-мерному пространству-времени с дополнительным четвертым пространственным измерением. Отсюда следует, что число компонент N спинорной функции связано с размерностью n пространства соотношением 2 в степени n пополам. Это имеет место и для следующей размерности. В частности, при $n = 4$ и $n = 5$ имеем число компонент $N = 4$.

Таким образом, наблюдаемые далекодействующие поля фундаментальных взаимодействий и исходные частицы вещества (фермионы) являются по сути 5-мерными объектами.

4. Отметим также, что развитая в недавнее время космология на бранах [2] также формулируется в 5-мерном пространстве-времени. В соответствии

с этой теорией наша 4-мерная наблюдаемая Вселенная является 4-мерной мембраной (браной), имеющей малую толщину вдоль 5-го измерения, которая располагается в окружающем 5-мерном пространстве. На этой 4-мерной мембране (бране) производные от пятимерного метрического тензора по координатам терпят разрыв. Это интерпретируется как наличие гравитационного силового барьера между двумя сторонами браны, поскольку гравитационные силы описываются коэффициентами связности искривленного пространства, и которые как раз выражаются по определенным формулам через первые производные от метрического тензора.

5. Кроме всего сказанного в пользу 5-мерия говорит и тот факт, что нами в рамках геометрической парадигмы была построена 5-мерная геометрическая модель объединения гравитационного, электромагнитного и слабого взаимодействий [5] на базе 5-мерного аффинно-метрического пространства с кривизной, кручением и неметричностью. Последняя, как известно, изменяет модуль любого вектора при его параллельном переносе в таком пространстве. В нашей работе было показано, что лагранжиан, или плотность действия предложенной 5-мерной геометрической теории в виде 5-мерного скаляра кривизны 5R аффинно-метрического пространства-времени, посредством процедуры (4+1)-разбиения с помощью монадного формализма разбивается на лагранжиан гравитационной теории Эйнштейна, то есть общей теории относительности (ОТО) и лагранжиан теории электромагнитного и слабого взаимодействий Вайнберга–Салама, включая в него и поле Хиггса.

Отметим сам факт значительной информационной содержательности всего лишь одного геометрического объекта 5-мерного пространства – скаляра кривизны 5R .

Есть и другие удивительные свойства 5-мерного искривленного пространства-времени, в свое время названные А. Саламом «чудесами теории Калуцы». Все это убедительно свидетельствует в пользу описания физической реальности, и в частности космологических моделей, на базе 5-мерной геометрической теории.

2. Особенности 4-мерного пространства-времени

Но с другой стороны, 4-мерное пространство-время, в котором мы живем и на которое осуществляется проецирование 5-мерной теории, обладает рядом удивительных особенностей. Пространство с тремя пространственно-подобными измерениями ($n = 3$) и одним временным резко выделяется среди пространств с другим количеством измерений [8]. Перечислим главные особенности.

1. Круговые орбиты пробных тел в ньютоновском гравитационном поле в плоском пространстве-времени ($n+1$)-измерений устойчивы при $n \leq 3$ и неустойчивы при $n > 3$.

2. Полученный результат остается в силе и для гипотетической «общей теории относительности» в пространствах $(n + 1)$ -измерений.

3. Только в пространстве-времени $(3 + 1)$ -измерений и меньше возможны устойчивые атомы. В многообразиях большего числа измерений, как показывают решения уравнения Шредингера для атома, следует, что либо вообще нет связанных состояний для электронов в атоме, либо отрицательные уровни энергии простираются до значения, равного минус бесконечности. В обоих случаях атом не будет устойчивым.

В таких мирах не могут существовать ни планеты, ни материальные тела, ни живые существа.

4. Только в пространствах нечетной размерности, то есть при $n = 3, 5, 7$ (в пространствах-временах четной размерности – $n + 1 = 4, 6, 8$) справедлив принцип Гюйгенса, в отсутствие которого всегда будет наблюдаться последствие электромагнитной волны вслед за прохождением ее фронта через приемник.

5. Только в 3-мерном пространстве сигналы могут достигать наблюдателя неискаженными.

6. 4-мерное пространство-время имеет наименьшую размерность, с которой общая теория относительности является содержательной, то есть вакуумные уравнения Эйнштейна могут иметь решения с ненулевой кривизной. Другими словами, только начиная с 4-мерия возможно существование гравитационного поля и в пустом от источников пространстве-времени.

7. Только в 4-мерном пространстве-времени уравнения электродинамики Максвелла в пустоте не зависят от изменения масштабов.

8. Только в пространстве-времени с размерностью $n+1 \leq 4$ квантовая электродинамика перенормируема.

Есть и другие более тонкие замечательные свойства 4-мерного пространства-времени, выделяющие его из пространств другой размерности.

Учитывая эти замечательные свойства 4-мерного пространства-времени, можно прийти к выводу, что такое пространство-время заключает в себе оптимальную комбинацию своей простоты, устойчивости и физической содержательности.

Можно сказать, что наш 4-мерный мир является лучшим из возможных миров, где возможно существование материальных тел, жизни и возможности физических исследований.

3. Выделенность пятой координаты

В связи с вышеизложенным возникают вопросы:

- 1) Почему 5-я координата x_5 не наблюдается?
- 2) Почему исходная первоначальная 5-мерная Вселенная перешла к состоянию эффективного 4-мерия?

Один из способов объяснения ненаблюдаемости наличия 5-го измерения был предложен в работе А. Эйнштейна и П. Бергмана «Обобщение тео-

рии электричества Калуцы», опубликованной в 1938 году. Они предположили, что пятая координата x_5 может изменяться лишь в некотором малом интервале от 0 до некоторого значения T ($0 \leq x_5 \leq T$), то есть мир по пятой координате заключен в некотором слое толщиной T , где T очень мало. Поэтому при разложении любой функции в ряд Тейлора по координате x_5 все члены разложения, начиная с первого, будут малы по сравнению с $\psi(x^k)$, так что изменением функций вдоль пятой координаты можно пренебречь и считать их зависимыми только от четырех пространственно-временных координат x^k ($k = 1, 2, 3, 4$).

Здесь следует иметь в виду, что расстояние l_5 вдоль пятого измерения определяется выражением $l_5 = \int_0^T \sqrt{g_{55}} dx^5$. Поэтому, если, например, метрический коэффициент g_{55} зависит от времени, как это предполагается в 5-мерных космологических моделях, то расстояние l_5 будет также зависеть от времени, так что толщина слоя по 5-й координате, в котором заключена 5-мерная Вселенная, может меняться со временем и достигать в принципе любых значений – от очень малых до очень больших, а сама координата x_5 все равно будет изменяться лишь в малом интервале от 0 до T .

Отвечая на второй вопрос, почему исходная 5-мерная Вселенная стала 4-мерной, можно показать, что одной из причин такого явления может быть наличие вихревого гравитационного поля которое является вихревой составляющей полного гравитационного поля и определяет плотность момента импульса гравитационного поля. Кинематической характеристикой вихревого гравитационного поля является вектор ω^i ($i = 1, 2, 3, 4$), представляющий собой вектор угловой скорости вращения конгруэнций линий времени используемой системы отсчета [3, 4]. Однородное вихревое гравитационное поле в однородном пространстве приводит к космологическому вращению.

Вихревое гравитационное поле обладает тензором плотности энергии – импульса $T_k^i(\omega)$, все компоненты которого пропорциональны $\omega^2 = \omega^i \omega_i$ – квадрату угловой скорости. Этот тензор удовлетворяет локальному закону сохранения при отсутствии его источников, а его компоненты давления p_i отрицательны, что приводит к нарушению сильного условия энергодоминантности $\varepsilon + 3p > 0$, а это, в свою очередь, приводит к эффекту гравитационного отталкивания. Здесь ε – плотность энергии. Такой эффект следует из уравнения Ландау–Райчаудхури, описывающего динамику конгруэнций времени-подобных кривых. Из него видно, что энергия вихревого гравитационного поля, как и положительная космологическая постоянная Λ , приводит к положительному ускорению объемного расширения. Поэтому, как показано в наших работах [5] и др., вихревое гравитационное поле в космологии может играть роль «темной энергии», как и космологическая константа Λ .

4. Модель космологии в рамках 5-мерия с вращением

В нашем подходе к описанию эволюции Вселенной полагается, что ее первичная стадия есть квантовое состояние 5-мерной вращающейся пустой Вселенной, причем проблему возникновения такой Вселенной мы здесь не рассматриваем, так как эта проблема является метафизической. До сих пор она обсуждается в космологической науке и еще очень далека от своего разрешения. Впрочем, вся космология имеет метафизический характер, в том числе и вопрос об истинном числе измерений пространственно-временного многообразия.

В предлагаемом варианте квантовая Вселенная обладает собственным угловым моментом (спином). Соответствующая ей 5-мерная космологическая метрика дается формулой

$$dl^2 = -dt^2 + a^2(t)(dx^2 + ke^{2\lambda x}dy^2 + dz^2) + 2a(t)e^{\lambda x}dtdy + b^2(t)(dx^5)^2, \quad (1)$$

$(k, \lambda - const).$

Здесь $a(t)$ – масштабный фактор 4-мерного пространственно-временного сечения, $b(t)$ – масштабный фактор при пятом измерении, k – параметр причинности.

Если $k < 0$, то через каждую точку пространства-времени проходит замкнутая времени-подобная кривая, а когда $k \geq 0$ – замкнутые времени-подобные линии отсутствуют и причинность восстанавливается.

Метрика (1) является одним из наших обобщений метрики Гёделя для вращающейся стационарной космологической модели [7].

Одним из недостатков этой модели является то, что через каждую точку в пространстве этой модели проходит замкнутая времени-подобная линия, то есть в ней нарушается принцип причинности.

Мы ранее обобщили эту модель, введя в метрику Гёделя параметр причинности k и на нестационарный случай [3; 5]:

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(t)(dx^2 + kdy^2e^{2\lambda x} + dz^2) + 2a(t)e^{\lambda x}dydt. \quad (2)$$

Здесь, как уже отмечалось, при $k \geq 0$ замкнутых времени-подобных линий нет и причинность восстанавливается, а при $k < 0$ они появляются. В стационарной модели Гёделя $k = -\frac{1}{2} < 0$.

Метрика (1) является дальнейшим нашим обобщением метрики Гёделя на случай 5-мерной вращающейся нестационарной космологической модели. Полагаем, что волновая функция $\psi(a, b)$ данной 5-мерной квантовой космологической модели удовлетворяет уравнению Уилера – ДеВитта, которое, как известно, получается при квантовании вторичной гамильтоновой связи: $H = 0$, где H – функция Гамильтона космологической модели.

Интересно, что получившееся уравнение Уилера – ДеВитта для квантовой 5-мерной Вселенной с неизвестной волновой функцией Вселенной $\psi(a, b)$, обладающей начальным моментом импульса (спином), принимает

вид уравнения Шредингера для квантовой частицы e энергией E , которая оказалась пропорциональна квадрату спина квантовой Вселенной.

Таким образом, получается, что первоначальная квантовая Вселенная имела образ квантовой частицы со спином. Причем оказалось, что корректное решение получившегося шредингероподобного уравнения Уилера – ДеВитта для начальной квантовой Вселенной, при котором волновая функция Вселенной может рассматриваться как амплитуда вероятности ее реализации, существует лишь когда ее исходный момент импульса (спин) отличен от нуля.

При этом оказалось, что полученная ψ -функция Вселенной, то есть ее амплитуда вероятности, обращается в нуль при нулевых значениях масштабных факторов $a(t), b(t)$, что означает исключение начальной космологической сингулярности. Отсюда следует, с учетом вышесказанного, что первоначальная квантовая Вселенная родилась в результате квантового скачка как частица со спином из физического вакуума, как это вообще принимается в квантовой теории поля и элементарных частиц. Причем здесь наличие первоначального момента импульса (спина) является необходимым условием ее рождения.

Следует отметить, что родившаяся Вселенная не содержала в себе обычной материи, то есть была с этой точки зрения пустой, так как мы решали уравнение Уилера – ДеВитта для квантовой космологической модели без материи, но с собственным моментом импульса, определяемым вихревым гравитационным полем, и именно при такой постановке задачи получается корректное решение квантового уравнения для начальной квантовой Вселенной.

По нашему мнению, в связи с вышеизложенным, уместно сделать следующее замечание. Так, в с марксистско-ленинской философии пространство-время определяется как форма существования материи. Следуя этому определению в рамках квантово-полевой парадигмы, можно сделать вывод, что пустое пространство-время, то есть в котором нет обычной наблюдаемой материи, есть форма существования физического вакуума, поскольку в квантовой физике он рассматривается как материальная среда, но никак не наблюдаемая.

Из этого можно сделать следующий логически вытекающий вывод, что поскольку в нашей модели Вселенная родилась из физического вакуума в результате квантового скачка, то физический вакуум уже существовал до рождения Вселенной и значит уже существовало и пустое пространство-время как форма существования физического вакуума.

Далее, поскольку полученное корректное решение уравнения Уилера – ДеВитта существует при всех возможных значениях масштабных факторов $a(t), b(t)$, в том числе и при $a \rightarrow \infty$, и $b \rightarrow \infty$, то это обеспечивает существование квазиклассического предела.

Вследствие наличия квазиклассического предела квантовая Вселенная перейдет в состояние классической эволюции, и поэтому для исследования

этого процесса можно использовать аппарат теории гравитации Эйнштейна, то есть ОТО, и решать вакуумные уравнения Эйнштейна для 5-мерной космологической модели с метрикой.

Полученное решение показывает, что в данной космологической модели по трем пространственным измерениям происходит экспоненциальное расширение (1-я инфляция), а вдоль 5-го измерения происходит сжатие с замедлением и предельное значение соответствующего масштабного фактора $b(t) = 1$, то есть эволюция вдоль 5-го измерения останавливается, но ускоряется эволюция 4-мерного пространственно-временного сечения.

В результате указанного процесса толщина 5-мерной Вселенной l_5 по 5-му измерению уменьшается от бесконечно больших значений, так как $b(t) \rightarrow \infty$ при $t \rightarrow 0$, до величины T , равной пределу изменения 5-й координаты, которая, как указывалось, очень мала – порядка нескольких планковских длин $\sqrt{G\hbar/C^3} \sim 10^{-31}$ см или порядка $\sqrt{G\hbar}/ec \sim 10^{-31}$ см, как в теории Т. Калуцы.

Таким образом, получилось, что весь 5-мерный мир оказался заключенным в конце стадии инфляции по 5-й координате в тонком слое толщиной T , и вся 5-мерная Вселенная превратилась в 4-мерную мембрану (брану) с толщиной вдоль 5-го измерения, равной T .

При этом образовавшаяся 4-мерная Вселенная, согласно виду масштабных факторов $a(t), b(t)$, расширяется экспоненциально со временем, как раз в соответствии с инфляционной космологией.

Показано, что в такой модели во всем раздувшемся пространстве с вихревым гравитационным полем после распада начального физического вакуума и фазового перехода образуется множество доменов новой фазы материи. Один из таких доменов с малым начальным объемом стал зародышем нашей Метагалактики – наблюдаемой Вселенной.

Естественно считать, что зародыш Метагалактики, кроме материи из родившихся частиц, мог содержать в себе и однородное вихревое гравитационное поле, оставшееся от предыдущей стадии инфляционной вращающейся космологической модели. Эволюция, то есть возникшая после фазового перехода наблюдаемая Вселенная, также обладала космологическим вращением и потому должна описываться метрикой вращающейся однородной космологической модели, в общем случае анизотропной.

Как известно, в соответствии с современными космологическими концепциями, базирующимися на принципах инфляционной космологии, материя Вселенной после фазового перехода и разделения сильного и электрослабого взаимодействий находилась некоторое время в форме кварк-глюонной плазмы [2]. При этом, как показали результаты экспериментов на Большом Адронном Коллайдере, кварк-глюонная плазма имеет свойства идеальной жидкости, но с неопределенным пока уравнением состояния.

Затем, в процессе расширения Вселенной, материя остывала и плотность её уменьшалась и, проходя через эпохи доминирования адронной материи, лептонной материи и эру радиации, имела свойства ультрареляти-

вистского газа с уравнением состояния $p = \frac{1}{3}\varepsilon$. После окончания эры радиации наступила эра господства «темной материи» с пылевидным уравнением состояния $p = 0$.

Отсюда следует, что материя расширяющейся Вселенной, находясь в форме идеальной жидкости, имела переменное уравнение состояния $p = p(\varepsilon)$ для каждого из доминирующих её видов в каждую эпоху.

Заключение

В итоге отметим, что в представленном сценарии эволюции Вселенной получились все свойства эволюции, характерные для современного общепринятого космологического сценария, следующего из инфляционной космологии и данных астрофизических наблюдений.

В нашем подходе получается и 1-я инфляция экспоненциального характера, заканчивающаяся распадом вакуумного состояния и фазовым переходом, после чего начинается космологическая эволюция Вселенной с новой фазой материи с первоначальным сверхплотным состоянием и с первоначальным фридмановским характером расширения при отрицательном ускорении, но без начальной сингулярности.

Полученная космологическая модель очень быстро изотропизируется, её метрика быстро стремится к евклидовой в полном соответствии с современными наблюдениями.

Затем, в полном соответствии с современными результатами наблюдений, фридмановский режим на поздних временах переходит в режим 2-й инфляции с экспоненциальным характером расширения. Причем все эти режимы эволюции наблюдаемой Вселенной описываются одной формулой, полученной аналитически путем решения соответствующих космологических уравнений ОТО.

Таким образом, представленный здесь космологический сценарий согласуется со всеми установленными характерными этапами эволюции Вселенной и со всеми современными наблюдаемыми космологическими данными и описывает всю эволюцию Вселенной на основе современных представлений о свойствах материи, избегая гипотез о новых видах материи, таких как инфлатонное поле и «темная энергия».

Наконец, обратим внимание на тот факт, что предложенная космологическая модель в полной мере соответствует трактовке пространства-времени в геометрической метафизической парадигме, где оно рассматривается не как фон для существования материи, а как источник всех материальных объектов.

Работа выполнена в рамках НИР № 1678 госзадания № 2014/105 Министерства образования и науки РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий. – М.: Изд. МГУ, 1987.
2. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. – М.: Изд. URSS, Москва, 2013.
3. *Кречет В.Г.* Известия вузов // Физика. – 2005. – № 3. – С. 3–6.
4. *Кречет В.Г.* Известия вузов // Физика. – 2007. – № 10. – С. 1021–1025.
5. *Кречет В.Г.* Известия вузов // Физика. – 1985. – № 12. – С. 57–61.
6. *Родичев В.И.* Теория тяготения в ортогональном репере. – М.: Наука, 1974.
7. *Godel K.* // Rev. Mod. Phys. – 1949. – 447.
8. *Владимиров Ю.С.* Пространство-время. Явные и скрытые размерности. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.

VARIANT OF A MULTIDIMENSIONAL COSMOLOGICAL MODEL

V.G. Krechet, S.V. Rodichev

A new approach is discussed to the studies of the earliest phase of the existence of the Universe and its subsequent evolution. Underlying this approach are the assumptions about the original five-dimensionality of the Universe, which had the initial impulsive moment at the time when it was still in a quantum state. It is shown that these initial factors can naturally lead to the classical phase of the evolution of the Universe, in the process of which its development in the fifth dimension dies out and only the 4-dimension space-time of the Universe evolves in accordance with the standard scenario of cosmological evolution.

Key words: quantum cosmology, five-dimensionality, vortex gravitational field, cosmological rotation, evolution of the Universe, first and second inflation, space-time, wave function of the Universe, “dark energy.”

НА ПУТИ К МЕТАФИЗИКЕ, ИЛИ ФОРМЫ АНТРОПНОГО ПРИНЦИПА В СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ

Л.М. Чечин

*Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова,
АО «НЦКИТ», Республика Казахстан,
Казахский национальный университет имени аль-Фараби*

В данной статье обсужден ряд метафизических проблем некоторых разделов современной астрономии – инфляционной космологии, релятивистской небесной механики и нейрокосмологии – в рамках диалектической парадигмы «Человек и Природа». Рассмотрены формы реализации антропного принципа в ряде разделов современной астрономии с упором на анализ вклада казахстанских астрономов в развитие этих научных направлений.

Ключевые слова: космология, астрофизика, антропный принцип, нейрокосмология, теория гравитации, монадный формализм.

Сама наука является метафизикой.

А. Эйнштейн¹

Введение

Согласно Ю.С. Владимирову [1] современную теоретическую физику целесообразно разделить на три взаимосвязанные составляющие: фундаментальную теоретическую физику, собственно теоретическую физику и прикладную теоретическую физику.

Фундаментальная теоретическая физика имеет дело с основными понятиями, принципами, концепциями и законами, составляющими категориальный базис физической картины мира. Он представляет собой самый глубокий уровень физического познания, который не лежит на поверхности восприятия физики. Поэтому он зачастую игнорируется в исследовании или воспринимается как известная или даже априорная данность. *Именно фундаментальная теоретическая физика может ассоциироваться с метафизикой – целостной системой представлений об основах бытия материального мира.*

Собственно теоретическая физика занимается развитием научных представлений на базе принятых принципов, известных законов и имеющихся основных уравнений. К ним, например, принадлежат уравнения общей теории относительности, являющиеся краеугольным камнем современной теоретической космологии.

¹ Цит. по кн.: Брайен Д. Альберт Эйнштейн. – Минск: ПОПУРРИ, 2000. – С. 331.

И наконец, прикладная теоретическая физика нацелена на использование стандартных уравнений и методов их решений для анализа конкретных физико-технических проблем.

В предыдущей статье [2] нами было обосновано, что казахстанская теоретическая физика вносит определенный вклад в становление метафизической парадигмы знания. В данной статье, развивающей идеи предыдущего исследования, будут обсуждены метафизические проблемы некоторых разделов современной астрономии – инфляционной космологии, релятивистской небесной механики и нейрокосмологии – в рамках диалектической парадигмы «Человек и Природа» с упором на анализ вклада казахстанских астрономов в развитие этих научных направлений.

1. Человек и Природа в контексте логики развития науки

Сначала кратко напомним основные формы отношения Человека и Природы в контексте социально-культурного развития общества и формирующейся на ее основе логики науки.

В античный период предметом физики была статика, изучавшая условия равновесия тел. И хотя в тот период предпринимались попытки понять сущность движения, важнейший шаг был сделан лишь в эпоху Нового Времени (НВ). Именно тогда были сформированы новые физические понятия (скорость, сила, гравитационное поле), выведены законы природы (законы Ньютона, законы сохранения) и разработаны соответствующие методы исследования (экспериментальный и теоретический). Изменилась функция науки – она, например, стала иметь предсказательный характер. Стала иной и внутренняя логика науки – она формировалась на базе логики объектных отношений.

Возникает вопрос – за счет каких внутренних изменений общества произошли эти трансформации? Анализ показывает, что они были обусловлены различным отношением Человека к Природе [3]. В самом деле, если в античный период Человек только начал «выходить» из Природы, то в эпоху НВ произошел их «полный» отрыв друг от друга. Эпоха Нового времени, в том числе – это эпоха изучения Природы без Человека, это эпоха доминирования логики объектных отношений.

Но в начале XX века физическое знание (в лице новых физических теорий – теории относительности и квантовой механики) продемонстрировало переход к новой логике мышления – к логике субъект-объектных отношений, а с ней и обозначило тенденцию к «возвращению» Человека в Природу. Поэтому основной тенденцией всей современной физики является переход к изучению роли Человека в Природе. Более того, процесс «возвращения» Человека в Природу имеет явную тенденцию к их взаимопроникновению, последующему слиянию и формированию субъектного естествознания. Стало быть, такой процесс может быть понят лишь в рамках другой логики – логики субъект-субъектных отношений.

Фундаментальным основанием такой логики является преодоление жесткого противопоставления материи и духа, материального и идеального, вещества и сознания. В этой связи А.Д. Линде писал: «Не может ли быть так, что сознание, как и пространство-время, имеет свои собственные степени свободы, без учета которых описание Вселенной будет принципиально неполным? Не окажется ли при дальнейшем развитии науки, что изучение Вселенной и изучение сознания неразрывно связаны друг с другом и что окончательный прогресс в одной области невозможен без прогресса в другой» [4]?

2. Антропный принцип как метафизический принцип в космологии, теории гравитации и нейрокосмологии

2.1. Антропный принцип в космологии – формулировка Г.М. Идлиса

Можно утверждать, что антропный принцип является одним из метафизических принципов современной космологии, поскольку он вскрывает фундаментальную связь Вселенной с существованием в ней Человека. В частности, это выражается в такой «естественной подгонке» основных физических констант, что даже малые отклонения от их стандартных значений привели бы к радикальному изменению свойств Вселенной, и существование в ней Человека было бы невозможным в принципе. Такое утверждение, как известно, впервые высказали А.Л. Зельманов и казахстанский астроном Г.М. Идлис [6].

Кратко изложим обоснование этого принципа в формулировке Идлиса и ее диалектико-материалистическую трактовку. Именно такая трактовка дает основание для понимания антропного принципа как метафизического принципа в космологии. Почему я акцентирую на этом особое внимание?

Дело заключается в том, что, как справедливо отмечалось Ю.С. Владимировым, в физике советского периода возникла парадоксальная ситуация – официальная пропаганда на протяжении многих десятилетий утверждала, что физика «рождает диалектический материализм», а ведущие физики-теоретики, которые внесли значительный вклад в мировую науку, игнорировали его, насколько это было возможно. Так что же – материалистическая диалектика, понимаемая как логика и теория познания, действительно не могла оказать (или не оказывала) эвристическое влияние на развитие теоретической физики?

«Справедливости ради, следует отметить, что троичность рассматривалась и идеологами марксистско-ленинского учения. Говорилось о «трех источниках и трех составных частях» этого учения, то есть о диалектике Г. Гегеля, материализме Л. Фейербаха и учении о социализме французских утопистов... Более того, в отдельных частях названной триады можно усмотреть проявление принципа фрактальности. В частности, в диалектике Гегеля говорится о трех составляющих: «тезисе, антитезисе и синтезе». *Этот триалистический метод в философии можно только приветство-*

вать. Ни у меня, ни у моих коллег эта гегелевская триада никогда не вызывала никаких возражений (курсив наш. – Л. Ч.). Но в марксистско-ленинской диалектике триада Гегеля лишь декларировалась, на практике же из нее оказалась исключенной (точнее, извращенной) третья составляющая – синтез. В итоге диалектический материализм из тринитарного превратился в дуалистический» [1. С. 229].

На наш же взгляд, гегелевская триада «тезис, антитезис и синтез» не только могла, но и была одним из руководящих принципов, например при формировании антропного принципа, несмотря на отсутствие ее явного упоминания Идлисом. Покажем это, опираясь на его основополагающую работу [6].

Итак, обсудим некоторые физические условия существования жизни.

А) Прежде всего, это температурная область жизни. Необходимым условием возникновения и развития любых форм жизни нашего типа является наличие воды. При давлении в одну атмосферу вода замерзает при 0 градусов и закипает при 100 °С градусах. Но и при любом другом давлении температура воды не может превышать значения критической температуры примерно 647 К.

С другой стороны, хотя с увеличением давления температура замерзания воды и понижается, но она не может быть ниже соответствующей тройной точки, приблизительно равной 251 К. Поэтому можно считать, что температурный режим на Земле не только не может выйти за рамки обозначенных крайних значений, но должен быть близок к вполне определенному оптимальному значению 300 К.

Близкая температурная оценка получается при использовании закона излучения абсолютно черного тела и величины светимости источника излучения (Солнца). Она оказывается равной 380 К. Таким образом, нетрудно понять, что расстояние от Земли до Солнца находится в границах, обеспечивающих выполнение оптимальности температурного режима нашей планете.

Б) Важнейшим условием существования жизни является обмен веществ, начавшийся с возникновением коацерватных капель. Поэтому резонно считать, что в первичных зачатках жизни скорость обмена вещества по порядку величины должна быть сравнима со скоростью обновления молекулярного состава коацерватной капли. Другими словами, скорость усвоения вещества должна быть сравнима со скоростью его поступления. Этим и определяется нижний предел температуры источника излучения – звезды. Он оказался равным примерно 2000 К.

С другой стороны, температура этого источника не должна быть слишком высокой, так как в противном случае он растратит всю энергию раньше, чем жизнь успеет развиваться до своих высших форм. Используя фундаментальное релятивистское соотношение между массой и энергией тела, а также величину верхнего предела массы звезды (порядка 100 масс Солнца), получаем его верхнее значение примерно 100 000 К. Из этих оценок видно, что эффективная температура Солнца 6000 К как раз находится между этими

пределами. Так что необходимый для развития жизни на планете источник энергии действительно должен принадлежать миру звезд.

В) Полученная выше оценка оптимальной температуры на планете приводит также и к другому следствию – она должна иметь достаточно малую массу в сравнении с массой внешнего источника энергии. Дело в том, что в телах со звездными массами начинают сказываться внутриядерные источники энергии, которые существенно повышают значение оптимальной температуры. Но при этом масса планеты должна быть существенной, а именно такой, чтобы плотность окружающей ее атмосферы обеспечивала бы процесс обмена веществ.

С другой стороны, масса планеты не должна быть и слишком малой, чтобы она сохранила атмосферу и из нее не улетучился бы кислород. Применяв барометрическую формулу, было показано, что масса планеты должна иметь значение не более чем в миллион раз меньше массы Солнца. Реальное отношение этих масс составляет величину порядка одного миллиона раз и, следовательно, полностью укладывается в вышеприведенные независимые оценки.

Ограничимся лишь тремя этими аргументами в пользу выдвижения антропного принципа и приведем общий вывод по работе – космическая система может стать обитаемой лишь в том случае, если она включает в себя планеты, обращающиеся вокруг звезд, которые, в свою очередь, составляют звездные системы с параметрами типичных галактик. Причем эти звездные системы должны входить в расширяющуюся систему более высокого ранга, свойства которой описываются релятивистскими космологическими моделями.

Анализ упомянутой аргументации показывает, что она построена по одной и той же схеме – сначала были найдены граничные значения конкретных физических параметров (температуры, массы, расстояний), а затем обоснованы их оптимальные величины. Однако нетрудно заметить, что такая схема есть не что иное, как конкретная реализация упоминавшейся выше гегелевской триады.

В самом деле, граничные значения – максимальные и минимальные величины – представляют собой «тезис» и «антитезис» соответственно, хотя и не доведенные до своей абсолютной противоположности, как того требует диалектика. Что же касается оптимальных значений физических параметров, то они являются своего рода «синтезом» их противоположных значений. Отсюда видна внутренняя неразвитость логической триады Иддиса, и, видимо, поэтому антропный принцип ему не удалось довести до конкретной физико-математической формулировки, которая дала бы возможность построения модели Вселенной, сочетающей Природу и Человека.

Логически правильный шаг в этом направлении был сделан в рамках вакуумной модели Вселенной, которая построена на основе внутренне противоречивого понятия космического вакуума.

Действительно, космический вакуум представляет собой новый вид субстанции, которая создает поле антигравитации и вызывает не только космологическое расширение (инфляцию), но и его ускорение. В настоящее время он обладает постоянной во времени и всюду одинаковой пространственной плотностью, причем в любой системе отсчета.

Возникновение же самой инфляции объясняется изначальным наличием набора соответствующих скалярных полей, которые обладают вакуумным уравнением состояния. Напомним, что для адиабатических процессов, протекающих в замкнутой Вселенной, любое вещество описывается двумя физическими характеристиками – ее плотностью ρ и давлением p . Обычно они связаны между собой простейшей – алгебраической зависимостью $p = \omega\rho$, параметр которой ω определяется свойствами самого вещества. Например, если вещество во Вселенной является пылью, то $\omega = 0$; если это релятивистский газ, то $\omega = 1/3$. И, наконец, если вещество во Вселенной представляет собой вакуум, то $\omega = -1$. Отсюда следует, что сумма давления и плотности вещества во Вселенной равняется нулю, хотя по отдельности они не равны нулю. Такое состояние называется космическим вакуумом, и оно, как видно, является абсолютно противоречивым – положительная плотность равняется отрицательному давлению (при условии $c = 1$).

Вакуумная модель Вселенной позволила удовлетворительно описать ее рождение, эволюцию и наблюдаемые свойства в целом, а также происходящие в ней многочисленные физические процессы [4; 7]. При этом важное внимание было обращено на процесс формирования галактик и их эволюции до стадии возникновения в них жизни нашего типа, что оказалось возможным, если плотность вакуума в современную эпоху составляет примерно 0,7 полной плотности Вселенной. Замечательно, что наблюдательные данные дают следующую оценку – плотность вакуума составляет 0,73 критической плотности Вселенной [8; 9].

Таким образом, вакуумная (инфляционная) модель Вселенной логически более полно реализует проявление антропного принципа в космологии. Но также следует подчеркнуть, что глубокой внутренней связи концепции вакуумной Вселенной (Природы) с феноменом жизни нашего типа (Человек) достичь пока не удалось, и, стало быть, понимание антропного принципа как метафизического принципа в космологии до сих пор остается нераскрытым.

2.2. Монадный формализм как антропный принцип в общей теории относительности

В начале XX в. прочно утвердилось одно из главных направлений развития теоретической физики – релятивистская программа, наметившая последовательное применение идей и принципов релятивизма в физическом познании [10]. С формулировкой релятивистской теории гравитации связывались надежды на преодоление ряда существенных недостатков, присущих ньютоновской теории тяготения.

Однако согласование принципов специальной теории относительности (СТО) с теорией тяготения Ньютона натолкнулось на одну существенную трудность: непосредственное их соединение приводило к выводу о несовместимости специального принципа относительности с равенством инертной и гравитационной масс. Действительно, масса тела, согласно СТО, не является величиной постоянной, а зависит от скорости его движения. А это и вступает в противоречие с условием $m_i = m_g$.

После создания основ СТО и блестящей экспериментальной проверки ее выводов не было сомнения в справедливости специального принципа относительности. Поэтому основное внимание было обращено на условие $m_i = m_g$, правильность которого и была поставлена под сомнение. Планк подчеркивал, что в данной ситуации, видимо, приходится «отказаться от общепризнанной тождественности инертной и тяжелой масс, подтвержденной всеми предпринятыми до сих пор опытами» [11].

Здесь важно подчеркнуть, что экспериментальный факт (единичное), проверенный с очень высокой точностью, отвергается в угоду теоретическому принципу (всеобщему). Возникает, таким образом, типичная для рассудочного мышления гносеологическая ситуация: или единичное, или всеобщее. Оценивая ход мыслей Эйнштейна, можно сказать, что противоречие между специальным принципом относительности и условием $m_i = m_g$ он решил подлинно диалектически, найдя особый пункт теории – принцип эквивалентности. Его смысл состоит в том, что в поле тяготения все происходит так, как в пространстве без тяготения, если в нем вместо инерциальной системы отсчета ввести систему, ускоренную относительно нее [12].

Но хотя Эйнштейн разрешил противоречие между единичным (эмпирическое условие $m_i = m_g$) и всеобщим (специальный принцип относительности), он не выразил его в наиболее развитой форме [13]. Этот логический недостаток восполнил В.А. Фок, который эмпирическое условие $m_i = m_g$ довел до его теоретического обобщения – обосновав локальную тождественность метрики гравитационному полю. Именно эта идея и является основой общей теории относительности, поскольку приводит к возможности непосредственного вывода уравнений поля [14].

С моей точки зрения, фиксирование этого утверждения является чрезвычайно важным моментом в корректной интерпретации общей теории относительности, даже если такую ситуацию и рассматривать как (более или менее) удачное согласование полученных научных результатов с основными положениями материалистической диалектики как логики и теории познания [1. С. 231].

Говоря об интерпретации общей теории относительности и ее небесномеханических следствий, уместно привести замечательное высказывание Ю. Вигнера. Он писал, что мы до какой-то степени обманываем себя и студентов, не объясняя, как расположена система координат при изучении движения перигелия Меркурия в общей теории относительности (см. [15]). А дело заключается в том, что общая теория относительности оперирует с

искривленными координатами, которые не имеют метрического смысла. Но если это так, то из понятийного аппарата общей теории относительности элиминируется наблюдатель. Тем самым роль антропного принципа в общей теории относительности сильно затушевывается, а его функционирование ставится под сомнение.

Осознание такой гносеологической ситуации было связано с пониманием некорректности отождествления системы координат с системой отсчета. В этой связи Фок писал, что понятие системы отсчета не равносильно понятию системы координат [16]. Что же представляет собой система отсчета и какова логическая структура этого понятия?

Согласно [17] система отсчета включает две важнейшие составляющие – базис системы отсчета, который может быть связан как с реальными, так и с воображаемыми телами, и четырехмерную координатную сетку, которая может быть как ортогональной, так и криволинейной. Эти составляющие, как отмечено в работе [18], являются противоположными сущностями и поэтому формируют внутренне противоречивое, развивающееся понятие системы отсчета в общей теории относительности. Действительно, базис системы отсчета отражает способ введения наблюдателя (Человека), а система координат – способ исследования физических процессов (Природу). Так что в понятии системы отсчета явно зафиксированы противоположные сущности – «тезис» и «антитезис», которые требуют конкретного логического синтеза, то есть нахождения формы выражения антропного принципа в общей теории относительности.

Теория систем отсчета в общей теории относительности весьма подробно изложена в монографии [19], в которой, следовательно, обсуждены конкретные формы реализации антропного принципа в ОТО. Это хронометрически – инвариантный формализм, кинеметрически – инвариантный формализм, диадный и диарный формализмы, тетрадный формализм. Каждый из них преимущественно разрабатывался для решения конкретных проблем общей теории относительности – энергии-импульса гравитационного поля (тетрадный метод), гравитационных волн (диадный метод), квантования гравитации (кинеметрически-инвариантный метод), эволюции Вселенной (хронометрически-инвариантный метод) и т.д. Однако наиболее развитой формой реализации антропного принципа в ОТО оказался монадный метод, позволивший исследовать отмеченные проблемы с единой точки зрения.

Кроме того, монадный метод оказался весьма плодотворным при изучении релятивистской небесной механики или теории движения тел в общей теории относительности. Он привел к разработке универсального подхода к проблеме движения, позволившего с единой точки зрения рассмотреть динамику произвольной системы тел, которые участвуют в различных взаимодействиях [20].

Опираясь на этот подход, в наших работах была рассмотрена задача двух тел конечных масс в неподвижной хронометрической системе отсчета. Найдено, что релятивистская сила состоит из двух частей, одна из которых

внешне совпадает со своим координатным представлением, а вторая – обязана своим существованием явному введению системы отсчета. Но поскольку задача двух тел, взаимодействующих посредством первой силы, к настоящему времени исследована достаточно полно (см., например, [21]), то было изучено воздействие второй силы. При этом было показано, что и для задачи двух тел конечных размеров, как и для двух точечных тел, смещение перигелия относительной траектории в неподвижной хронометрической системе отсчета равно эйнштейновскому эффекту.

Таким образом, сдвиг перигелия Меркурия можно уверенно интерпретировать как динамический эффект, имеющий место в системе отсчета при хронометрической калибровке монадного вектора.

2.3. Модель Хопфилда, развивающая предьявленный образ, и антропный принцип в нейрокосмологии

Во-первых, напомним еще раз, что логическим основанием будущей науки должна стать логика субъект-субъектных отношений. Таковую науку целесообразно назвать пост-неклассической или пост-современной наукой. Ее объектом являются саморазвивающиеся сложные природные структуры, включающие человека. Поэтому основной особенностью таких объектов является их «человекоподобность» или «антропоморфизация». Так что совершенно справедливо замечание А.Д. Линде о том, что следующим важнейшим этапом развития физики должен стать единый подход ко всему нашему миру, включая внутренний мир человека.

Однако включение Человека в Природу неизбежно обогащает ее характеристиками самого человека, важнейшей из которых является мышление. Именно этой способности, отмечал Р. Пенроуз, мы обязаны тому, что человеку удалось преодолеть его физические ограничения и встать в своем развитии выше других живых существ. А если когда-нибудь машины превзойдут нас там, где, по нашему мнению, нам нет равных – не получится ли так, что мы отдадим пальму первенства своим же собственным творениям? [22].

Итак, можно ли считать, что механическое устройство в принципе способно мыслить, то есть допустима ли антропоморфизация машины? Этот вопрос с появлением современных компьютерных технологий (нейронных сетей) приобрел новое значение, в частности, в связи с проблемой моделирования памяти и процесса понимания. При этом наиболее распространенным в нейронауке является процессор Хопфилда, демонстрирующий процесс организации машинного понимания в форме распознавания образа.

В наших работах была рассмотрена модель обобщенного процессора Хопфилда, которая способна развивать (углублять) предьявленный образ и в еще большей степени антропоморфизировать нейронную сеть для ее применения, например, в нейрокосмологии. (Следует заметить, что самоорганизующиеся нейронные сети уже с успехом используются при автоматической

классификации результатов обработки астрономических экспериментов [23]).

Напомним, что модель профессора Хопфилда основана на механической модели о движении воображаемого шарика единичной массы в вязкой жидкости в потенциальном поле. Если задана поверхность типа «стеганого одеяла», то есть двумерная поверхность с лунками и водоразделами, то распознавание образа соответствует движению шарика в какую-нибудь лунку и остановке в ней. Повышение внимания к образу означает углубление лунки, ослабление внимания – уменьшение глубины лунки. Таким образом, изменение внимания соответствует изменению глубины лунок, что на языке механической аналогии означает либо вливание воды в лунку, либо ее выкачивание оттуда.

При разработке обобщенной модели Хопфилда особое внимание было уделено следующему обстоятельству. Для того чтобы корректно судить о движении частицы в вязкой жидкости (равно как и для других типов движения), ее уравнения движения необходимо увязать с начальными и граничными условиями. Поэтому «уравнения движения» в данной теории были дополнены специальными «граничными» условиями, что соответствовало более полному описанию процесса мышления.

В рамках такой задачи «граничное» состояние нейрона n следует рассматривать и как функцию «глубины» некой лунки h . При этом оно, как отмечалось, должно быть самосогласовано с уравнением движения. Связано это с тем, что процесс углубления содержания некоторого материала начинается с определенного интеллектуального уровня (набор «глубин» лунок) и он должен постоянно с ним соотноситься.

Это утверждение легко понять, вспомнив процесс формирования нового знания на базе старого [24]. Здесь исследователь повторно осваивает известный материал или иначе – повторно распознает предъявленный образ. Затем происходит процесс его углубления и, следовательно, появления нового образа или нового знания. Отсюда ясно, что процесс углубления знания (или развития предъявленного образа) происходит на базе процесса распознавания первоначального образа. Поэтому только обученный нейропроцессор может быть применен для описания процесса углубления предъявленного образа.

Итак, граничные условия, а также сами уравнения движения должны следовать из некоторого общего соотношения. Эта проблема, следовательно, связана с унификацией уравнений движения и их начальных и граничных условий. Заметим, что она имеет первостепенное значение для всей современной физики, и особенно для релятивистской космологии [25–27].

Нами было показано, что, используя потенциальное представление модели Хопфилда и метод унификации уравнений движения с начальными и граничными условиями, можно описать процесс изменения состояния нейрона в зависимости от «глубины» лунки h , то есть в зависимости от глубины понимания исследуемого объекта следующим выражением:

$$w(h) + w_0 = w_0 \left[\left(h + \frac{h_0 h^2}{2} \right) + (1 + h_0 h) \left(1 + h + \frac{h_0 h^2}{2} \right) \exp(2h) \right].$$

(Здесь $w(h)$ определенная функция состояния нейрона $u(h)$). При такой интерпретации можно сказать, что система нейронов, анализируя предъявленный образ (модель, теорию), развивает (углубляет) его и доводит до некоторого общего образа.

Обсуждая процесс вливания воды в лунку либо ее выкачивание из нее, целесообразно ввести понятие темпа мышления, то есть быстроты углубления знания (или скорости вливания «жидкости» в лунку). Пусть в простейшем случае $h \propto t$, что соответствует обычному (так сказать, линейному) типу мышления. Тогда из приведенного выражения следует, что даже на малых временах изменение состояния нейрона будет расти экспоненциально быстро, то есть $w \propto \exp(2t)$.

Если же иметь дело с нестандартным (нелинейным) типом мышления, описываемым, например, степенной зависимостью $h \propto t^n$ (при показателе $n > 1$), то изменение состояния нейрона будет происходить практически мгновенно. Соответственно этому, процессор Хопфилда может моделировать мышление не только обычного человека, но и человека с экстраординарными мыслительными способностями. (Механической моделью процессов такого типа будет наполняемое или сливаемое, то есть неравномерно дышащее «стеганое» одеяло).

Во-вторых, отметим, что компьютерное моделирование такого феномена, как мышление основано на установлении системы причинно-следственных связей между элементами нейронной сети. Но замечательно, что такая система связей аналогична каузальной структуре пространства-времени в общей теории относительности – нейрокосмологии. Например, в работах [28, 29] показано, что распределение узлов каузальной структуры в пространстве-времени де Ситтера описывается степенным законом с показателем, совпадающим с аналогичным показателем для многих сложных сетей типа нейронной структуры мозга. Этот результат, очевидно, представляет собой следствие реализации антропного принципа в нейрокосмологии. Использование же процессора Хопфилда, развивающего предъявленный образ, возможно, позволит обнаружить более сложную структуру причинно-следственных связей в сети и установить ее связь с каузальной структурой пространства-времени ранней Вселенной (проблема горизонта).

Заключение

В качестве эпиграфа к этой статье выбрано высказывание Эйнштейна о том, что сама наука является метафизикой. Почему он допускал такую мысль? На мой взгляд, здесь выражено более глубокое, чем это обычно считается, его понимание логики развития науки в целом. Известно, что философские взгляды Эйнштейна традиционно оцениваются как стихийного диа-

лектика [30] и рассматриваются в рамках неклассической науки, основанной, как уже отмечалось ранее, на логике субъект-объектных отношений [14].

Но все же возможность допущения или предчувствия Эйнштейном перспективы возникновения новой – субъект-субъектной – логики в основании всей физической науки полностью исключать не стоит. Поручкой тому являются те новые тенденции в ее развитии (на примерах инфляционной космологии, релятивистской теории гравитации и нейрокосмологии), которые были кратко обсуждены, и те результаты, которые были достигнуты в рамках этих наук при учете конкретных форм реализации антропного принципа в каждой из них.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 1: Диамату вопреки. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
2. *Чечин Л.М.* На пути к метафизике, или «Физика не бойся метафизики» // *Метафизика*. – 2012. – № 3 (5). – С. 119.
3. *Косарева Л.М.* Предмет науки. Социально-философский аспект. – М.: Наука, 1977.
4. *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1991.
5. *Barrow J. D., Tipler F. J.* The anthropic cosmological principle. – Oxford, 1986.
6. *Идлис Г.М.* Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы // *Известия АФИ АН КазССР*. – 1958. – 7. – С. 39.
7. *The Big Bang: theory, assumptions and problems / ed. J.R. O'Connell, A.L. Hale.* – N-Y: Nova Science Publisher, 2012.
8. *Linde A.* Inflation, quantum cosmology and the anthropic principle. – ArXiv:hep-th/0211048.
9. *Чернин А.Д.* Космический вакуум // *УФН*. – 2001. – 171. – С. 1153.
10. *Визгин В.П.* Релятивистская теория тяготения (истоки и формирование. 1900–1915 гг.). – М.: Наука, 1981.
11. *Планк М.* Избранные труды. – М., 1975. – С. 468.
12. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. – Т. 4. – М.: Наука, 1967. – С. 282.
13. *Диалектическая логика*. – Т. 4: Диалектическая логика как методология научного познания. – Алма-Ата: Наука, 1985.
14. *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Физматгиз, 1961.
15. *Левашев А.Е.* В кн.: Методологический анализ теоретических и экспериментальных оснований физики гравитации. – Киев: Наукова Думка, 1973. – С. 258.
16. *Фок В.А.* Об основных принципах теории тяготения Эйнштейна // *Современные проблемы гравитации*. – Тбилиси: ТГУ, 1967. – С. 5.
17. *Родичев В.И.* Нерешенные проблемы общей теории относительности // *Эйнштейновский сборник*. – 1968. – М.: Наука, 1968.
18. *Чечин Л.М., Чечин М.Н.* К диалектико-логическому анализу некоторых понятий релятивистской теории тяготения // *Философские науки*. – Вып. 7. – КазГУ, Алма-Ата, 1975. – С. 36.
19. *Владимиров Ю.С.* Системы отсчета в теории гравитации. – М.: Энергоиздат, 1982.

20. Чечин Л.М. Движение тел в классических калибровочных полях. – Lambert Academic Publishing, Deutschland, 2012.
21. Брумберг В.А. Релятивистская небесная механика. – М.: Наука, 1972.
22. Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики. – М.: УРСС, 2003.
23. Voinea P., De Angelis A., Milotti E. Automatic classification using self-organizing neural networks in astrophysical experiments – ArXiv:cs/0307031v2 [cs.NE]. – 2003.
24. Чернавский Д.С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // УФН. – 2000. – 170. – № 2. – С. 157.
25. Хокинг С., Пенроуз Р. Природа пространства и времени. – М.: Амфора, 2012.
26. Халатников И.М., Каменщик А.Ю. Сингулярность, начальные условия и квантовое туннелирование в современной космологии // УФН – 1998. – 168. – С. 593.
27. Chechin L.M. The two-dimensional operator model of Lagrange's equation // Reports NAS Republic of Kazakhstan. – 2001 – № 4. – С. 33.
28. Krioukov D., Kitsak M., Sinkovits R.S., Rideout D., Meyer D., Boguna M. Network cosmology – ArXiv:1203.2109v1 [gr-qc].
29. Krioukov D., Papadopoulos F., Kitsak M., Vahdat A., Boguna M. Hyperbolic geometry of complex networks. // Phys. Rev. E. – 2010. – 82. – 36106.
30. Грибанов Д.П. Философское мировоззрение Эйнштейна // Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. – М.: Наука, 1979. – С. 7.

ON THE WAY TO METAPHYSICS OR FORMS OF THE ANTHROPIC PRINCIPLE IN MODERN ASTRONOMY

L.M. Chechin

This article discusses a number of metaphysical problems relating to some of the areas of modern astronomy—inflation cosmology, relativistic celestial mechanics, and neurocosmology – within the framework of the Man and Nature dialectical paradigm. Examined are forms of implementing the anthropic principle in a number of areas of modern astronomy, with emphasis on the analysis of the contribution made by the Kazakhstan astronomers to the development of these research areas.

Key words: cosmology, astrophysics, anthropic principle, neurocosmology, gravitation theory, monadic formalism.

КОСМОЛОГИЯ В МИФАХ

КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПЕРИОДА «ОСЕВОГО ВРЕМЕНИ» ПО ЯСПЕРСУ

С.Ю. Поройков

Российское философское общество РАН

Работа посвящена анализу космогонических идей, отраженных в философско-религиозных системах, возникших в VI-IV вв. до н.э. – в «Осевое время» по Ясперсу. Сравнение древних космогоний: библейской, буддийской, даосской, а также космогонии Платона показывает, что ряд основных, не противоречащих друг другу положений данных систем соотносится с современными естественнонаучными представлениями.

Ключевые слова: Вселенная, космология, пространство-время, многомерие, архетипические символы, психофизическая проблема.

Около двух с половиной тысячелетий назад произошел всплеск философско-религиозной мысли, охвативший практически весь Древний Мир, включая Грецию, Китай, Индию, Иран, Палестину. Как известно, К. Ясперс обозначил данный период как «Осевое время», когда одновременно действовали первые греческие философы и основатели важнейших философско-религиозных традиций Азии. Достаточно вспомнить таких выдающихся мыслителей, как Гераклит, Пифагор, Сократ, Платон, Аристотель, а также основоположников целого ряда религий: даосизма Лао-цзы; конфуцианства – Конфуция; буддизма – Будду; зороастризма – Заратустру; джайнизма – Махавира. Также можно упомянуть авторов индийских Упанишад и Бхагавадгиты, иудейских пророков Иезекииля и Даниила. По Ясперсу, «Осевое время», став общим истоком культур Востока и Запада, имеет общечеловеческое (общемировое) значение. Действительно, в незначительный, по историческим меркам, период времени были заложены основы многочисленных религий и философских систем, способствовавших формированию мировоззрения многих народов, в существенной степени определившего их дальнейшее культурно-историческое развитие.

Древние философско-религиозные системы имеют немало общих черт. Так, известный востоковед В.Н. Торопов замечает: «Мысли, отраженные в

Дхаммападе, находят в индийской литературе разных народов, времен, направлений, в диалогах Платона, в раннехристианских произведениях». Исключив возможность заимствования, Торопов делает тот вывод, что в древних текстах «поднято много вечных вопросов, всегда волновавших человека» [1. С. 100]. Действительно, если не касаться вероучительных и богослужебных аспектов традиционных религий, в древних философско-религиозных текстах можно выделить ряд схожих положений, в том числе относящихся к сфере космологии. Так, представления о возникновении и строении Вселенной содержатся не только у древнегреческих философов, например Платона [2; 3], но и в буддизме, даосизме, иудейском Ветхом Завете [4; 5].

Зарождение представлений о закономерном ходе вещей

Философско-религиозные системы, зародившиеся в период «Осевого времени», содержат представления о том, что мироздание подчинено закономерному порядку вещей [4; 5]. Так, идея закономерного и «естественного пути вещей», выражаемая понятием «дао», лежит в основе учения даосов [6. С. 9]. Основоположник даосизма Лао-цзы писал: «Земля следует [законам] неба. Небо следует [законам] дао, а дао следует самому себе» (Дао дэ Цзин, 25).

Одним из ключевых понятий буддизма является «дхамма» (дхарма), означающая закон, принцип, истину [1, С. 101]. Дхаммападу – сборник изречений Будды – предваряет та идея, что дхаммы отражают разумный порядок мира: «Дхаммы обусловлены разумом, их лучшая часть – разум, из разума они сотворены» (Дх. 1). Заметим, что дхамма олицетворяет обезличенный закон, «лишенный души» (Дх. 279), подобно научным законам, которым подчинено мироздание.

Под «логосом», то есть «словом», в древнегреческой философии со времен Гераклита понимались законы и принципы бытия. В целом учение Гераклита о логосе близко к учению Лао-цзы о дао. Развивая идеи Гераклита, Платон соотнес логос со словом истины, изрекаемым в «самодвижущейся» (саморазвивающейся) Вселенной: «Слово, безгласно и беззвучно изрекаемое в самодвижущемся [космосе], одинаково истинно» [2. С. 476].

Платоновское понимание логоса как слова истины впоследствии закрепилось в христианском богословии: «В начале было Слово» (Ин. 1:1). Иисус, воплотивший христианские представления о «Боге-слове», призывал «постигать истину» (Ин. 8:32), следовать «духу истины» (Ин. 14:17). При этом предполагается, что мировой порядок зиждется на непреложном законе: «Доколе не прейдет небо и земля, ни одна йота или ни одна черта не прейдет из закона» (Мф. 5:18). Подобные новозаветные христианские представления восходят к ветхозаветным иудейским. Библейский ветхозаветный Бог, давший людям свод законов, выступает в роли «законодателя» (Ис. 33:22). Само слово «Тора» (обозначение пятикнижия Моисея) означает закон.

Рассмотренные аспекты религиозных учений согласуются с теми естественнонаучными представлениями, что процесс рождения и эволюции Вселенной подчинен определенным закономерностям.

Рождение Вселенной

Древние космогонические системы, включающие в себя определенный набор метафизических идей, носят достаточно умозрительный характер. Вместе с тем подобные умозрительные концепции соотносимы с современной естественнонаучной картиной мира [3; 4; 5]. Так, например, все они содержат представления о рождении Вселенной.

Процесс образования Вселенной наиболее подробно описан Платоном в «Тимее». По мнению философа, до появления Вселенной не было как такового пространства, времени и каких-либо вещей. Вселенная изначально не обладает подлинным бытием, а существует лишь в «потенции», в качестве ее прообраза [2. С. 469]. Для древних космогоний в целом характерны те представления, что мир рождается «из ничего» (2 Мак. 7:28); из «неисчерпаемой пустоты» (Дао дэ Цзин, 4). Подобные воззрения соотносятся с современными естественнонаучными представлениями о рождении Вселенной из точки сингулярности, когда материя возникает вместе с пространством-временем.

Под изначальной пустотой в буддизме понимается неопределенное состояние, на грани бытия и небытия. Данный этап отвечает буддийскому термину «несозданное» (Дх. 97). С «несозданным» ассоциируется непроявленное состояние Вселенной, как одна из четырех последовательных фаз ее существования согласно буддийской космогонии. «Несозданное» является как источником всего, обретающего бытие, так и финалом всего, возвращающегося к небытию: «Познавая уничтожение санкхар, ты узнаешь несозданное» (Дх. 383). Сходным образом, согласно Лао-цзы, «бытие и небытие порождают друг друга» (Дао дэ Цзин, 2). «Бытие рождается в небытии» (Дао дэ Цзин, 40), после чего все «снова возвращается к небытию» (Дао дэ Цзин, 14).

Представления о первородном хаосе – неопределенном состоянии, из которого образуется упорядоченный мир, отражена в древнегреческой философии. Так, буддийская концепция «несозданного» находит свое соответствие в рассуждениях Платона о «вечно возникающем, но никогда не сущем» – то, что «возникает и гибнет, но никогда не существует на самом деле» [2. С. 469]. Фактически Платон дает философское определение виртуальной реальности – современному научному понятию. Действительно, природа платоновского «прообраза», существующего лишь в «потенции» даосской «неисчерпаемой пустоты» и буддийской «пустоты» (шуньяты) ассоциируется с вакуумом, наполненным виртуальной субстанцией.

Виртуальным частицам в полной мере отвечает даосская концепция «скрытых тончайших частиц» ци (Дао дэ Цзин, 21), порождаемых дао, кото-

рое «неясно и туманно» (Дао дэ Цзин, 14). Так, в даосизме под мельчайшими частицами ци (тяжелыми и легкими), пребывающими в хаосе, понимается первоначальная форма существования дао [6. С. 332]. Подобные представления согласуются с принципом неопределенности, допускающим существование виртуальной реальности, как бы находящейся на грани бытия и небытия.

Даосская традиция подразделяет «тончайшие частицы» ци на два типа: тяжелые и легкие. Сходным образом к виртуальной материи относятся как массивные виртуальные частицы, такие как кварки, так и безмассовые частицы – переносчики взаимодействий, например виртуальные фотоны. Частицы ци, как и виртуальную материю, невозможно увидеть. По выражению Лао-цзы, первоначальное состояние дао «глубоко и темно», однако «в его глубине и темноте скрыты тончайшие частицы» (Дао дэ Цзин, 21). В этом смысле на символическом уровне тяжелые и легкие частицы ци, подобно массовым и безмассовым виртуальным частицам, ассоциируются с непосредственно ненаблюдаемой темной материей и темной энергией [5].

Цикличность Вселенной

Древние космогонии, основанные на представлениях о всеобщем круговороте вещей, предполагают циклическое рождение и уничтожение Вселенной. Предполагается, что Вселенная, как и все тварное, не вечна. Однажды возникнув, затем она исчезнет, после чего родится заново. Так, концепции периодически рождающейся и уничтожаемой Вселенной придерживался ряд древнегреческих философов. К примеру, Гераклит полагал, что Вселенная периодически уничтожается в мировом пожаре, после чего заново возрождается. Согласно Платону, космос обладает лишь «подобием вечности», поскольку все некогда рожденное подвержено «распаду»: «Время возникло вместе с небом, дабы, одновременно рожденные, они и распались бы одновременно» [2. С. 477].

Для сравнения, согласно даосской концепции мира, «рождается дао» (Дао дэ Цзин, 51), после чего обращается к своему «истоку» – дао (Дао дэ Цзин, 25). Возникнув из небытия, мир вновь возвращается к небытию как «возвращение к своему началу» (Дао дэ Цзин, 16).

Идеи цикличности Вселенной придерживается буддизм, рассматривающий весь мир как «возникновение и разрушение элементов» (Дх. 374). При этом мир уподобляется «пузырю», который в свое время исчезает, подобно «миражу» (Дх. 170).

Библия содержит указание на то, что в конце времен земля и небеса «разрушатся», а «стихии растают» (2 Пет. 3:10-12). Затем последует рождение «нового неба и новой земли, ибо прежнее небо и прежняя земля миновали» (От. 21:1). При этом Бог является тем отправным началом, от которого все исходит и к которому все возвращается – «Альфа и Омега, начало и конец» (От. 1:8).

Подобные космогонические представления отвечают известной концепции периодической Вселенной, описанной А.А. Фридманом.

Строение Вселенной

Древние космогонические системы содержат общие представления об устройстве мира, представляя собой умозрительную модель Вселенной. Достаточно часто мироздание делится на два мира: «небо» и «землю», в том числе, согласно буддийским, даосским и иудео-христианским представлениям. Платон именуется соответствующие миры «душа космоса» и «тело космоса» [2. С. 474]. Одновременно указывается на множественность миров. Так, индуистская космогония описывает четыре мира, имеющих единую основу. В буддийской космогонии, изложенной в каноне «Трипитака» и трактате «Абхидхармакоша», выделяются пять миров, относящихся к «сфере форм». Платон в «Тимее» обосновывает существование пяти миров, сводимых к одному. По мнению Платона, все зависит от точки зрения, или, иными словами, от позиции наблюдателя: «Существует ли один космос или их на самом деле пять... Мы... утверждаем, что существует один космос; но другой, взглянув на вещи иначе, составит себе, пожалуй, иное мнение» [2. С. 498].

Ряд философско-религиозных концепций содержит представления о том, что отдельные миры соединены между собой проходами в виде вихрей. Так, Платон в «Федоне» и «Государстве» описывает четыре мира, связанных между собой проходами, названными им «устьями», «истоками», «зевами» и «расселинами». При этом прохождение через эти проходы сопряжено с движением по спиралям, подобным «вихрю» [7. С. 706]. В платоновском описании проходы в противоположные миры ведут «по дороге направо, вверх по небу» либо «по дороге налево, вниз». Путь в иные миры изображен так, словно он сопряжен с искривлением пространства. Так, один из путей ведет не «направо» или «вверх», а «направо, вверх» [2. С. 447]. Для сравнения, согласно Библии пророк Илия был взят в «вихре на небо» (4 Цар. 2:11). Путь в Эдемский сад (рай) проходит через «пламенный меч обращающийся» (Быт. 3:24). Сам финал мироздания описан как «сворачивание» неба и земли: «Вначале Ты, Господи, основал землю, и небеса – дело рук Твоих; они погибли... и все обветшают, как риза, и как одежду свернешь их» (Евр. 1:10-12). В даосско-буддийском символе инь-ян, олицетворяющем дуальность мироустройства, в сферу вписаны две каплевидные формы, как бы закручивающиеся по спирали.

Сходным образом принцип спирали прослеживается во временных периодах. Например, в Библии время не всегда отмеряется линейным образом. В определенные периоды оно как бы ускоряется, словно закручиваясь в сжимающуюся спираль. Писание неоднократно упоминает о нескольких временах, составляющих определенный период, а именно: «времени, времен и полувремени» (Дан. 7, 25); (От. 12, 14). Полный период согласно данной формуле составляет семь минимальных промежутков (полувремени), со-

ставляющих «седьмину». Так, некоторые важные исторические события Библия разделяет временным промежутком в «семьдесят седьмин» (Дан. 9:24) – около половины тысячелетия.

Иными словами, в строении и эволюции Вселенной прослеживается принцип спирали. Заметим, что данный философско-религиозный принцип соотносим с искривлением пространства-времени в общей теории относительности Эйнштейна. В свою очередь, платоновское описание пространственной топологии космоса согласуется с современной концепцией черных дыр, согласно которой различные области пространства Вселенной связаны между собой проходами – пространственно-временными тоннелями [3]. Действительно, рождающийся космос Платона напоминает структуру, состоящую из двух сопряженных черных дыр, разделенных горизонтами событий, которые ничто не может преодолеть: «Ничто не выходило за его пределы и не входило в него откуда бы то ни было» [2. С. 473]. При этом в «Федоне» Платон указывает, что невозможно достичь «крайнего рубежа» – границы, разделяющей миры [7. С. 704], ассоциируемой с горизонтом событий. Библия разделяет различные миры непреодолимым барьером: «Утверждена великая пропасть, так что хотящие перейти отсюда к вам не могут, также и оттуда к нам не переходят» (Лк. 16:26).

Концепция множественных Вселенных отвечает многомировой интерпретации квантовой механики, включая четырехмировую интерпретацию [8]. Представления о множественности Вселенных развиты в рамках многомерных моделей пространства-времени. Сосуществование двух ортогональных трехмерных пространств обосновывалось, в частности, О.Д. Бартини [9]. Возможность существования параллельных Вселенных также вытекает из концепции черных дыр. Так, С. Хокингом показана возможность образования из черных дыр целых Вселенных [10].

Возможность существования параллельных Вселенных, разделенных световым барьером, в частности, выводится из кватернионной модели пространства-времени [11; 12]. Соответствующая структура пространства реализуема в системе, состоящей из четырех подпространств, разделенных горизонтами событий. Подобная система включает в себя четыре сопряженные между собой черные дыры. Напомним, что согласно теории относительности искривление пространства-времени происходит под действием гравитации, достигающей максимальной величины в области сингулярности (черной дыры). При пересечении горизонта событий черной дыры пространственноподобные и времениподобные координаты меняются местами, что соответствует повороту пространства на девяносто градусов. Такой поворот, то есть переход к ортогональной координате, алгебраически эквивалентен умножению на мнимую единицу i . При этом в ходе ряда последовательных поворотов пространство в итоге переходит само в себя.

В полярной системе координат соответствующие повороты эквивалентны последовательным сдвигам фазы времени на $\pi/2$. Учитывая принцип эквивалентности пространственных и временных координат в теории относительности

тельности, пересечение горизонта событий эквивалентно соответствующему сдвигу фазы времени. Так, три дополнительные фазы времени, в частности, возникают в рамках кватернионной концепции пространства-времени [12]. В данном случае дополнительные (мнимые) координаты в кватернионной модели пространства-времени ассоциируются с различными фазами времени, отделенными от действительного времени соответствующими горизонтами событий, что отвечает концепции четырехфазной Вселенной. Для сравнения, идею сосуществования настоящего, прошлого и будущего отражает понятие интервала в теории относительности.

Идея сосуществования различных фаз времени характерна для целого ряда философско-религиозных систем. Например, буддизм исходит из того, что можно узнать как прошлое, так и будущее (Дх. 419). При этом в буддийской космогонии Вселенная проходит четыре фазы своего развития, длительностью в одну кальпу каждая. В Библии под вечностью понимается совокупность различных фаз времени. Согласно одному из библейских определений, вечный Бог «есть, и был и грядет» (От. 1:8). Платон, развивая концепцию времени, «бегущего по кругу согласно законам числа» [2. С. 477], связывает ведомое богам настоящее, прошлое и будущее с вращением «веретена» мировой оси [Там же. С. 450].

Архетипические символы и числа

С целью наглядного изображения основных принципов устройства мироздания философско-религиозные традиции, как правило, используют характерные символы, отнесенные К.Г. Юнгом к архетипическим. Так, Юнг обосновал актуальность исследования «символических феноменов религии» как одного из проявлений архетипов [13. С. 38].

В частности, Платон при описании Вселенной использует образ вращающейся сферы или кольца [2. С. 474–475]. Символично, что форму кольца имеет сингулярность вращающейся черной дыры. Пользуясь терминологией Платона, первичная сингулярность является «прообразом» Вселенной. Процесс рождения космоса Платон иллюстрирует на примере двух вращающихся кругов – «внешнего» и «внутреннего». Для сравнения описание сходной структуры из движущихся перекрещенных колец – «колесо в колесе» содержится Библия (Иез. 1:16-20). Два круга, расположенные в перпендикулярных плоскостях, образуют фигуру наподобие знака бесконечности ∞ . У Платона внутреннее переходит во внешнее, что наглядно иллюстрирует лист Мебиуса. С учетом того, что платоновские круги символизируют земной и небесный миры, фактически двумерные окружности обозначают трехмерные сферы. По существу, Платон пытается передать образ многомерной структуры, напоминающей два сопряженных (перекрученных) тора [3]. Своего рода «двумерным срезом» подобной структуры является даосско-буддийский символ инь-ян, олицетворяющий идею дуализма как единства противоположных начал:



В данном символе каждая из двух сфер приобретает каплевидную форму, как бы закручиваясь по спирали и сужаясь к горловине, пронзая центр противоположной сферы в виде точки. В этом смысле двухчастная мандала инь-ян является символическим отображением концепции платоновского космоса как системы, состоящей из двух сопряженных, переходящих друг в друга вращающихся пространств. В свою очередь, платоновское описание рождающегося космоса напоминает многомерную систему, образуемую черной и белой дырами, находящимися за горизонтами событий друг друга. Подобно двум сторонам одной медали, черная и белая дыры составляют единое образование в многомерном пространстве-времени, связанное пространственно-временным тоннелем – так называемой кротовой норой [5. С. 79].

Напомним, что в наиболее общем случае Платон описывает систему, включающую четыре «прохода», соединяющих миры. Подобную структуру может отобразить более сложный символ – четырехчастный. Заметим, что четырехчастные мандалы также встречаются в буддийской традиции. К четырехчастным символам, в частности, относится христианский крест:



Другим известным библейским образом, символизирующим процесс управления мирозданием, выступает престол Бога, окруженный четырьмя движущимися животными (Иез. 1:14-22); (От. 4:2-6). В основе платоновского космоса лежат «четыре» первостихии – «буквы Вселенной» [2. С. 489], как бы задающие математический код мироздания. По выражению Платона, из «составных частей числом четыре родилось тело космоса» [Там же. С. 472].

В свою очередь, удвоение числа четыре дает восемь. Символично, что Платон подразделяет мироздание на «восемь» сфер [Там же. С. 449]. Один из основных символов буддизма – дхармачакра (колесо закона) олицетворяет идею восьмеричного пути, проповеданного Буддой:



Заметим, что концепция восьмеричного пути находит свое образное соответствие в более древней китайской «Книге перемен» («И цзин») (см. [5]). Она содержит описание восьми гексаграмм, состоящих из трех пар противоположных элементов, символизирующих инь и ян. Восемь гексаграмм оли-

лицетворяют определенные этапы жизни человека как отражение всеобщих принципов последовательного развития мироздания. Подобный подход, в частности, традиционен для древнегреческих философов, рассматривавших человека в качестве микрокосма, в котором отражается макрокосм – весь космос. Соответственно, познавая себя, можно познать весь мир. Так, космос Платона – единое «живое существо», которое «содержит в себе все живые существа», включая человека [2. С. 473].

Рассмотренные архетипические символы отвечают известной философской идее соотнесения частей и целого, как отражения множества в едином. Данный принцип, помимо прочего, находит свое отражение в образах многоликих божеств: античного двуликого Януса; индуистского Тримурти; древнеславянского четырехглавого Свентовита, библейского Тетраморфа. В свою очередь, например, каждое из четырех животных, образующих Тетраморф, имеет «четыре лица, и... четыре крыла» (Иез. 1:6). Для сравнения, один из ликов Тримурти – Шива – нередко изображается многоруким. Подобный принцип отвечает известной идее «ветвления» логоса, высказанной Максимом Исповедником. Так, распространенным христианским символом Бога-Слова, то есть логоса, как одной из трех божественных ипостасей, является образ ветвящейся лозы (Ин. 15:5). Приведенные примеры на символическом уровне отвечают идее структурированности физической реальности, реализуемой в рамках определенных принципов симметрии. Так, например, принципы симметрии реализуются в физике элементарных частиц в виде существования нескольких поколений частиц и их разновидностей.

Отметим, что рассмотренные выше структуры, олицетворяющие строение платоновского космоса, структуру буддийско-даосских мандал, а также многих других религиозных символов и образов, математически отображают набор чисел, которые можно считать фундаментальными архетипическими числами: 1, 2, 3, 4, 8. Юнг отнес эти числа (за исключением числа 2) к «важнейшим арифметическим символам» [14. С. 261].

Системный анализ архетипических чисел показывает, что они подчиняются определенной математической закономерности [3; 5]. В основе соответствующей последовательности лежат числа два и три, согласно Платону определяющие пропорции рождающегося космоса. Фактически Платон, развивая идеи Пифагора о «музыке сфер», строит космос по принципу музыкальной гармонии, подчиняющейся определенным математическим закономерностям [2. С. 668–670]. Исходными элементами мироздания Платон полагает геометрические «формы», являющие собой «упорядоченное» отображение первичных «образов и чисел» [Там же. С. 495]. Подобный подход отвечает геометрическому видению мира, когда основной категорией полагается пространство-время [15. С. 207]. Наиболее общую последовательность архетипических чисел математически выражает формула следующего числового ряда:

$$A = 2^n \times 3^m, \text{ где } n, m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Как пример может быть рассмотрено число «сто восемь», имеющее важное символическое (сакральное) значение в буддизме [1, С. 194]:

$$108 = 2^2 \times 3^3.$$

Юнгом предложены формулы, раскрывающие структуру архетипических чисел, где единица олицетворяет единство прочих элементов: « $3 = 2 + 1$ » [16. С. 225]; « $4 = 3 + 1$ » [17. С. 167–171]. В аналогичном ключе могут быть рассмотрены нечетные архетипические числа «семь», «тринадцать» и «тридцать три». Подобный подход отвечает той идее, что увеличение количества элементов в системе до некоторой критической величины переводит ее в иное качество. При этом нечетные архетипические числа отвечают общей формуле:

$$A' = (An \times An + 1) + 1.$$

В данной формуле An и $An+1$ являются двумя соседними архетипическими числами из последовательности «важнейших» чисел по Юнгу: 1, 2, 3, 4, 8. Действительно, нечетные архетипические числа являются производными от фундаментальных архетипических чисел: « $3 = 1 \times 2 + 1$ »; « $7 = 2 \times 3 + 1$ »; « $13 = 3 \times 4 + 1$ »; « $33 = 4 \times 8 + 1$ ».

Метафизические проблемы, поднятые религиями

Философско-религиозные концепции традиционно поднимают ряд метафизических вопросов, таких как соотношение Вселенной (Бога) и человека [5]. Близкая по своей сути проблематика обсуждается в рамках целого ряда гуманитарных и естественных наук. К числу подобных проблем, например, относится соотношение материального и идеального (духовного); бытия и сознания, рассматриваемое в качестве основного вопроса философии. Сходное соотношение – между физическим и психическим, формулируемое в качестве психофизической проблемы, считается основным вопросом психологии.

Как известно, в материалистической концепции первичную роль играет материя. При этом предполагается, что идеальное может существовать лишь в сознании, как форме отражения материи, а потому идеальное вторично. Для сравнения, религиозные системы по своей сути являются идеалистическими. Например, в рассматриваемых философско-религиозных концепциях ключевую роль играют такие понятия, как дао, дхамма, логос, олицетворяющие принципы и законы, то есть идеальные конструкты.

Разрешение вопроса о соотношении материального и идеального, в частности, предопределяет решение проблемы, актуальной для физики и математики, а именно: соотношение материи и физических законов, которым она подчиняется, выражаемых посредством математических уравнений.

Сходный вопрос о соотношении материи и числа поднимался еще древнегреческими философами Пифагором и Платоном. Подобного рода проблематика обсуждается и современными учеными. Например, В. Гейзенберг полагал, что, разделяя «материю все дальше и дальше, мы в конечном счете придем не к мельчайшим частицам, а к математическим объектам, определяемым с помощью их симметрии» [18. С. 88].

Представляется, что решение подобного рода проблем возможно в рамках реляционной парадигмы. Предтечей реляционного подхода можно считать основоположника даосизма Лао-цзы, соотносившего противоположные начала между собой. Согласно Лао-цзы все вещи определяются посредством других вещей, взаимообуславливают друг друга и существуют благодаря друг другу, включая небо и землю (Дао дэ Цзин, 7). При этом никакие вещи, сами по себе, без соотнесения с другими вещами, не могут существовать: «Бытие и небытие порождают друг друга, трудное и легкое создают друг друга, длинное и короткое взаимно соотносятся, высокое и низкое взаимно определяются» (Дао дэ Цзин, 2).

Иными словами, все вещи существуют благодаря существованию их противоположностей. При этом согласно даосам непрерывно происходит переход вещей из одного состояния в состояние, ему противоположное. Подобный метафизический принцип, выражающий основную идею диалектики, Лао-цзы считал естественным свойством вещей: «Превращение в противоположное есть действие дао» (Дао дэ Цзин, 40). Практически одновременно с Лао-цзы сходные взгляды высказывал Гераклит, считающийся одним из основоположников диалектики. Подобно Лао-цзы, Гераклит рассматривал вещи в контексте единства противоположностей и мыслил их как переход из одной противоположности в другую.

Идеи реляционного подхода применительно к физике были переформулированы Г. Лейбницем, а затем Д. Юмом и Э. Махом. Черты строгой физико-математической концепции реляционный подход обрел в конце двадцатого столетия с развитием метода физических структур Ю.И. Кулакова [19] и бинарной геометрофизики Ю.С. Владимирова [20]. В подобных концепциях в качестве исходной категории полагается множество произвольных элементов (событий), из соотношений между которыми вытекают известные законы физики, равно как и само пространство-время. Так, в рамках метода физических структур показано, что набор возможных математических соотношений между элементами бинарных систем ограничен. Определенный вид симметрии, проявляющийся в характере отношений между объектами, уже сам по себе накладывает существенные ограничения на возможный вид законов, связывающих элементы соответствующих систем [19].

Подчеркнем, что в рамках реляционной парадигмы пространство-время не задается изначально, как это делается в других физических концепциях, включая теорию относительности. В данном случае метрика пространства-времени выводится на основании общих соотношений, реализуемых между элементами произвольной природы. Так, метрика пространства-времени

теории относительности «3 + 1» естественным образом следует из бинарного характера системы комплексных отношений [21]. Также квантовая механика естественным образом отвечает бинарным системам комплексных отношений [8].

Вследствие определенных запретов и ограничений, диктуемых реляционной парадигмой, топологии, отличные от топологии нашей Вселенной, не реализуются. Фактически с позиции реляционного подхода Вселенная является такой, какая она есть, поскольку она просто не может быть иной. Так, в модели периодической Вселенной мир уничтожается, а затем воспроизводится вновь. Между тем залогом воспроизводства Вселенной по определенному образцу – «первообразу» по Платону – служит неизменность принципов, лежащих в основе ее формирования. Речь, в частности, идет о неизменности принципов математики, посредством которых формулируются законы физики, устанавливающие точные количественные соотношения между физическими объектами.

В русле реляционного подхода, основанного на принципах диалектики, основные вопросы философии и психологии разрешаются с позиции единства материи и сознания, единства физического и психического. Применительно к психологии подобную точку зрения обосновывал, в частности, С.Л. Рубинштейн [22. С. 24–25]. Сходной позиции придерживался Юнг, полагавший, что «поля реальности, являющиеся предметом изучения физики и психологии, представляют, в конечном счете, единое целое, то есть своего рода единое психофизическое пространство» [23. С. 342]. В пользу подобного способа решения указанных проблем свидетельствуют квантовомеханический принцип наблюдателя, а также антропный принцип.

Напомним, что под антропным принципом в общем случае понимается точная настроенность физических констант на возможность зарождения во Вселенной жизни и появления человека, обладающего сознанием. Антропный принцип согласуется с буддийской концепцией местопребываний, отождествляющей состояния сознания с мирами как местами пребывания живых существ. Антропный принцип находит определенное соответствие в той даосской идее, что всякая вещь существует благодаря прочим вещам (Дао дэ Цзин, 2). Согласно Лао-цзы, за счет равновесия противоположных начал поддерживается мировая гармония. Соответственно, человек существует благодаря тому, что существует мир, подобно тому, как небо существует благодаря земле, и наоборот (Дао дэ Цзин, 7).

Платоновский Бог пантеистичен, ассоциирован со всей Вселенной. При этом платоновское «тело космоса» в своем строении антропоцентрично. По Платону, рождающийся космос уже содержит в себе прообраз человека [2. С. 485]. Вселенная создается демиургом как живое и разумное существо, обладающее, подобно человеку, телом, душой и умом: «Он устроил ум в душе, а душу в теле и таким образом построил Вселенную» [Там же. С. 471]. При этом космос творится демиургом в соответствии с его «первообразом». Соответственно, человек уподобляется не только Вселенной, но и демиургу –

ее Творцу. Сходную концепцию творения человека «по образу и подобию» Бога содержит Библия (Быт. 1:26).

Касаясь проблематики антропного принципа, следует подчеркнуть, что согласно общепринятым философско-религиозным представлениям человек творится Богом, но не наоборот. Человек может сотворить себе «кумира» (Исх. 20:4), то есть идола, но не Бога. В этом контексте уместно упомянуть критику М. Бубера той юнговской идеи, что «человека следует рассматривать как «психологическую функцию Бога», а Бога – как «психологическую функцию человека» [24. С. 388].

Установлено, что на свойства вещества на квантовом уровне влияет наблюдатель, как бы вплетенный в ткань физической реальности. При этом наблюдатель, как субъект, обладающий сознанием, порождается в процессе самоорганизации материи от низших форм к высшим. Следует отметить, что важная роль, отводимая наблюдателю в физической реальности, ставит проблему корректного определения наблюдателя. Так, на первоначальной стадии образования Вселенной человек, как высокоорганизованная форма существования белковой материи, еще не появился. Тем самым в момент рождения мироздания человек не может выступать в качестве наблюдателя. Соответственно, встает вопрос – кто играет подобную роль? Подобная тематика характерна для религий, постулирующих существование Бога, а также так называемой загробной жизни, что предполагает возможность существования сознания вне человеческого тела.

Система физическая реальность (материя) – наблюдатель (сознание) в полной мере отвечает идее реляционного подхода. Наблюдатель влияет на материю и одновременно ею порождается. Иными словами, в подобной системе реализуется принцип самосогласованности. Так, согласно Юнгу связь между физическим и психическим основана на принципе «синхронистичности», как бы «соединяющим некое физическое явление с неким психическим состоянием» [23. С. 316]. С данных позиций соответствующий вариант эволюции Вселенной выбирается в процессе ее формирования. Символично, что в библейском описании шести дней (этапов) творения неоднократно отмечается: «И увидел Бог, что это хорошо» (Быт. 1:10-31). Фактически Библия содержит указание на принцип самосогласования, реализуемый при образовании мироздания.

Принцип взаимосвязи психического и физического находит свое отражение в платоновской концепции разумного космоса. Согласно Платону, невидимая «душа космоса», обладающая сознанием, пронизывает и облекает все видимое «тело космоса», соотносимое с наблюдаемой материей [2. С. 474]. Идея существования единых корней у физических явлений и психических феноменов, как уже говорилось, находит свое соответствие в буддийской концепции местопребываний, в которой состояния психики отождествляются с местами пребывания живых существ. При этом очищенный от заблуждений разум – «разум на пути к развеществлению» (Дх. 154) – Будда ассоциирует с вечной дхаммой, «постигаемой чистым разумом»

(Дх. 2). В даосизме подлинно «вечно» лишь дао (Дао дэ Цзин, 6). При этом «дао бестелесно» (Дао дэ Цзин, 21). Для сравнения, платоновский космос представляет собой «живое существо, наделенное... умом» [2. С. 471].

С точки зрения современной науки, функционирование сознания сопряжено с процессом самоорганизации высокоорганизованной материи. Между тем еще древние философско-религиозные концепции приписывали способность к самоорганизации и развитию всей Вселенной. Согласно Лао-цзы, благодаря дао все сущее «рождается и не прекращает своего роста» (Дао дэ Цзин, 34). Буддизм проникнут идеей «совершенствования» (Дх. 106). «Небо» по Платону способно к самопознанию: «Небо... благодаря своему совершенству способное пребывать в общении с самим собою... и довольствующееся познанием самого себя» [2. С. 474]. Подобные философско-религиозные представления отвечают той идее, что материя во Вселенной обладает свойством самоорганизации, характерным для деятельности сознания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалева Н. Будда и его учение. – М.: РИПОЛ классик, 2005.
2. Платон. Диалоги. Книга вторая. – М.: Эксмо, 2008.
3. Поройков С.Ю. Космос Платона как физико-математическая модель Вселенной // Метафизика. – 2013. – № 2 (8). – С. 14–161.
4. Поройков С.Ю. Общие научные основания мировых религий // Христианство и наука: сборник докладов конференции / Под ред. Ю.С. Владимирова. – М.: РУДН, 2014. – С. 69–93.
5. Поройков С.Ю. Общие основания религий. – М.: ИНФРА-М, 2015.
6. Дао дэ Цзин. Книга пути и благодати. – М.: Эксмо, 2008.
7. Платон. Диалоги. Книга первая. – М.: Эксмо, 2008.
8. Поройков С.Ю. Бинарный характер квантовой механики // Метафизика. – 2014. – № 2 (12). – С. 106–110.
9. Бартини Р.О.Д. Некоторые соотношения между физическими константами // ДАН СССР. – 1965. – Т. 163. – № 4.
10. Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные. – СПб.: Амфора, 2001.
11. Поройков С.Ю. Физическая и религиозная реальность. – М.: Ленанд, 2006.
12. Ефремов А.П. Метафизика кватернионной математики // Метафизика. Век XXI. Вып. 2: сборник статей / под ред. Ю.С. Владимирова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – С. 233–266.
13. Юнг К.Г. Проблемы души нашего времени. – М.: Флинта: МПСИ: Прогресс, 2006.
14. Юнг К.Г. Эон. – М.: АСТ: АСТ МОСКВА, 2009.
15. Владимиров Ю.С. Метафизика. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2002.
16. Юнг К.Г. Структура и динамика психического. – М.: Когито-Центр, 2008.
17. Юнг К.Г. Структура психики и архетипы. – М.: Академический проект, 2009.
18. Гейзенберг В. Развитие понятий в физике XX столетия // Вопросы философии. – 1975. – № 1. – С. 79–88.
19. Кулаков Ю.И. Элементы теории физических структур. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1968.

20. *Владимиров Ю.С.* Основания физики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
21. *Владимиров Ю.С.* Идеи реляционно-статистического подхода к природе пространства-времени // *Метафизика*. – 2014. – № 2 (12). – С. 10–28.
22. *Рубинштейн С.Л.* Основы общей психологии. – СПб.: Питер, 2007.
23. *Юнг К.Г. и др.* Человек и его символы. – М.: Медков С.Б., Серебряные нити, 2006.
24. *Бубер М.* Два образа веры. – М.: Республика, 1995.

COSMOLOGICAL SYSTEMS OF THE “AXIAL AGE” PERIOD ACCORDING TO JASPERS

S.Yu. Poroikov

This article offers an analysis of cosmogonic ideas reflected in the philosophical-religious systems which emerged in the 6th-4th centuries B.C. – the “Axial Age” according to Karl Jaspers. A comparison of ancient cosmogonies – Biblical, Buddhist, Taoist, and also Plato’s cosmogony – shows that a number of major principles of these systems not contradicting one another are relevant to contemporary natural-scientific concepts.

Key words: the Universe, cosmology, space-time, multidimensionalism, archetypal symbols, psychophysical problem.

КОСМОГОНИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В МИФАХ НАРОДОВ МИРА

Т.Е. Владимирова

Институт русского языка и культуры МГУ имени М.В. Ломоносова

С.В. Яковлева

Российский университет дружбы народов

Настоящая статья посвящена рассмотрению космогонического аспекта мифопоэтической картины мира. Особое внимание уделяется галактике Млечный Путь. Предпринятый анализ позволил проследить развитие космологических представлений о возникновении вселенной и человека, а на этой основе – выявить общее и специфическое в мифопоэтической картине народов мира.

Ключевые слова: миф, космогония, мифопоэтическая картина мира, эволюция сознания.

1. Космогония в мифопоэтической картине мира

С древнейших времен людей интересовало происхождение Вселенной и самого человека. Возникавшие космогонические и антропогонические представления становились источником «понятийных мифов» (О.М. Фрейденберг), ритуалов и обычаев, а на их основе в течение многих тысячелетий складывалась мифопоэтическая картина мира как первая попытка его осмысления архаичным сознанием. Позднее, опираясь на мифы, предания и легенды, были созданы эпические сочинения и философские трактаты, нередко представляющие собой обобщение устной народной традиции. Особый исследовательский интерес вызывают космогонические мифы, позволяющие выявить особенности начальной концептуализации пространства-времени. Примечательно, что мифы нередко становились тем импульсом, который приводил к более глубокому познанию Вселенной.

Обратимся к рассмотрению древнекитайских и греческих мифов, ставших фундаментом для восточной и западной космогонических моделей возникновения вселенной и человека.

Космогония Древнего Китая. Благодаря сочинению Сюй Чжэна (III век н. э.) и мифологической эпопее Чжоу Ю (XVI век) до нас дошли предания о том времени, когда во Вселенной царил хаос, а небо и земля еще не отделились друг от друга и были подобны содержимому огромного куриного яйца. Согласно даосским представлениям, ночью в 16-й день 10-го месяца в нем родился Паньгу, и Звезда человечества (созвездие Пегаса), сим-

волизирующая союз Неба и Земли, а также равновесие темного и светлого, возвестила о его рождении. Заснув, Паньгу спал, тяжело дыша, восемнадцать тысяч лет. Когда же он проснулся, то, не найдя выхода из этого яйца, расколол его. Сразу же всё легкое и чистое поднялось наверх и образовалось небо (*ян*), а тяжелое и грязное стало землей (*инь*). Девять раз в день небо поднималось всё выше, а земля становилась всё толще. Наконец находившийся между ними Паньгу вытянулся во весь рост и отделил небо от земли, чтобы они опять не превратились в хаос. После смерти Паньгу его вздох превратился в ветер, глаза – в Солнце и Луну, волосы и усы – в звезды на небосклоне, туловище с руками и ногами – в четыре стороны света и т. д. А паразиты на его теле превратились в людей, и ветер развеял их повсюду [1. С. 34–35]. Известна также легенда, согласно которой Паньгу поделил время суток между Солнцем и Луной, чтобы люди не оставались ночью в темноте. Поэтому он традиционно почитается как культурный герой и мироустроитель и изображается сидящим на огромной черепахе с Солнцем на правой ладони и с Луной на левой.

Если Паньгу, первопредок народов *мяо* и *яо*, является персонификацией единства макро- и микрокосма, то в более древнем мифе (II век до н. э.) появление «всех вещей в мире» и людей связано с женским божеством Нюйва. Эта прародительница племен *ся* с телом змеи или дракона вылепила из желтой глины людей обоих полов, и они становились знатными и богатыми. А из падающих на землю глиняных комочков, которых не касались ее руки, произошли бедные и низкородные. Нюйва учредила для всех людей бракосочетание и «возложила на них обязанности по воспитанию детей». Таким образом, космогоническая и антропогоническая модели Древнего Китая задавали своего рода алгоритм естественного развития Вселенной (Паньгу) и человека (Нюйва), усовершенствованный затем самими первопредками.

В этом отношении обращает на себя внимание следующий отрывок из комментария XII века к «Книге перемен» (И-Цзин), в котором подчеркивается онтологическая заданность самого хода эволюционного развития мира и человека:

*Появились Небо и Земля, а затем появилась тьма вещей.
Появилась тьма вещей, а затем появились мужчины и женщины.
Появились мужчины и женщины, а затем появились мужья и жены.
Появились мужья и жены, а затем появились отцы и дети.
Появились отцы и дети, а затем появились правители и слуги.
Появились правители и слуги, а затем появились высшие и низшие.
Появились высшие и низшие, а затем появилось то, что сплетает
правила поведения и долг [2. С. 391].*

Китайская мифологема размеренности и предопределенности мироздания и бытия человека получила лаконичное оформление в философии. Здесь мы имеем в виду, во-первых, известное положение Лао-Цзы (579–499 до н.э.) из книги «Дао дэ Цзин»: «Дао рождает одно, одно рождает два, два рождает три, а три рождает все существа» [3. С. 128]. А во-вторых, раскрытие приро-

ды *инь* и *ян* в сочинении Чжоу-цзы (1017–1073 гг. н. э.) «Объяснение чертежа Великого предела»: «Беспредельное, а затем – Великий предел! Великий предел приходит в движение, и порождает *ян*. Движение доходит до предела, и наступает покой. В покое рождается *инь*. Покой доходит до предела, и снова наступает движение. Так, то движение, то покой являются корнем друг друга. Разделяются *инь* и *ян* – поэтому устанавливаются два образа. *Ян* превращает, *инь* соединяет – происходит рождение воды, огня, дерева, металла, почвы. Пять распространяются в должном порядке – четыре времени совершают свой ход. Но пять стихий – это только *инь* и *ян*, *инь* и *ян* – это только великий предел, а Великий предел коренится в Беспредельном! Когда пять стихий рождаются, каждая наделяется своей природой» [4. С. 14].

В этом контексте обратим внимание и на введенное в «И-Цзин» (VIII–VII вв. до н. э.) понятие «срединного состояния» (*чжун*) между двумя противоположностями *инь* и *ян*. Согласно теории «И Цзин», весь мировой процесс представляет собой чередование ситуаций в процессе взаимодействия сил света и тьмы, напряжения и податливости. Так, в древнекитайском сознании закреплялось гармоничное восприятие мира как единого живого организма, наделенного способностью к саморегуляции. В итоге триединая сущность «Великого Единого» была выражена триадами <*инь – чжун – ян*>, <*природа – первопредок – род*> и <*природа – первопредок – человек*>, вытесненная позднее триадой <*земля – человек – небо*>, которая стала одним из важнейших архетипов целостного миропонимания на Востоке (см. об этом в [5. С. 156–161]). Известно и представление древних китайцев о связи музыки и космоса, в соответствии с которым планеты, времена года и система элементов находятся в гармоничном взаимодействии. Возвращаясь к мифу о Паньгу, отметим, что Лао-цзы полагал *дао* («небесный путь», «пути природы») возникшим до рождения неба и земли и поэтому являющимся матерью Поднебесной. В итоге понимание *дао* как начала, контролирующего естественный ход событий, легло в основу китайской четверицы <человек – земля – небо – дао – естественность>.

Перейдем к рассмотрению античной космогонии, утвердившей антропоцентрическую концепцию мира.

Греческая космогония также строится на поэтапной схеме развития мира из яйца, которое возникло из Эреба, сына Хаоса, и Ночи. В этом «мировом яйце» появился Эрос как самовозникшее творческое начало, а от него произошли земля, небо, море, боги и люди. В «Теогонии» Гесиода (конец VIII – начало VII в. до н. э.) утверждается, что «Прежде всего во вселенной Хаос зародился», став, наряду с Эросом, Геей и Тартаром, первопотенциями, породившими различные существа. От Хаоса произошли Ночь и Эреб, а они, в свою очередь, породили Эфир и Гелиру-день, от Гей – Небо (Уран), Нимфы, Понт (Море), титаны, киклопы и др. В итоге Небо стало «жилищем богов всеблаженных» во главе с Зевсом, а Земля – «всеобщим приютом безопасным» для человека. Так, выделив первопотенции и первое потомство Хаоса, Земли и Неба, Гесиод построил космогонию как представление о ми-

роздании, понимаемом как упорядоченное целое, в котором «верховный бог» Зевс выступает как персонификация космических и природных сил, подчиняющих себе смертных [6].

Характерной особенностью греческой мифопоэтической картины мира, сформировавшейся в гомеровский период, стало антропоморфическое представление о природно-космическом универсуме, которое пришло на смену хтоническому мировосприятию. Так солнце-бык постепенно утратило свой зооморфный образ и стало отождествляться с Аполлоном, богом солнечного света, и с Гелиосом, богом Солнца. Широкую известность получил миф о Гелиосе, который на солнечной колеснице, запряженной четырьмя огненными конями, ежедневно поднимается над Океаном, объезжает небо, а потом к ночи возвращается обратно в золотой чаше. О преодолении архаичного миропонимания свидетельствует также рассказанный Гомером эпизод об убийстве солнечных быков Гелиоса спутниками Одиссея [7. С. 125]. Что же касается звездного неба, то все небесные тела отождествлялись с богами, героями или мифическими персонажами, поэтому им поклонялись и приносили жертвы. Позднее некоторые из них получили латинское название: Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Меркурий, Орион, Плеяды и др.

Понимание Гесиодом Хаоса как олицетворения бесконечного и пустого мирового пространства получило развитие у Платона (427–347 до н. э.), который полагал Хаос материей, то есть «всеобъемлющей природой», и у Аристофана (445–386 до н. э.), считавшего мировое яйцо порождением Ночи. Таким образом, мир предстает у греков как развивающееся физическое пространство и / или как живой творческий процесс. Но в обоих вариантах миротворения было несколько этапов его эволюции. Что же касается центра Вселенной, то пифагорейцы полагали центром незатухающий огонь, порождающий небесные светила, а вокруг него по кругу движутся Солнце, Луна, Земля и 5 планет: Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Меркурий. Далее расположена сфера из неподвижных звезд. Чем ближе небесное тело к центру, тем быстрее его вращение. Так, Земля делает полный круг за 24 часа (объяснение смены ночи и дня), а Луна за 30 дней (поэтому лунный день в 15 раз длиннее земного) и т. д. Луна считалась не спутником Земли, а отдельной планетой и была обитаема. А стекловидное Солнце отражало свет «центрального огня», который полагался главной причиной порядка во Вселенной.

Примечательно, что в учении о числах, мире и душе Филолая (V век до н. э.), который был учеником Пифагора, первоначально Вселенной составляют безграничные и ограничивающие элементы. В этой связи отметим, что Филолай опирался на бинарные оппозиции, активизирующие в сознании противоборство: 1) ограниченное и неограниченное; 2) нечетное и четное; 3) единое и многое; 4) правое и левое; 5) покоящееся и движущееся; 6) прямое и кривое; 7) свет и тьма; 8) доброе и злое; 9) квадрат и прямоугольник. При этом Единица, логически-причинная субстанция всех чисел и отношений между ними («начало всего»), полагалась и источником гармо-

низирующего влияния на мир. Так, по мнению Филолая, беспредельный Хаос упорядочивался и превращался в разумный Космос. В итоге у пифагорейцев Филолая и Демокрита к IV веку до н.э. сложилась космологическая модель движения планет, основанная на представлении о гармонии сфер. Допуская мысль о вращении Земли, пифагорейская модель объясняла движение небесных тел предустановленной гармонией, которая получит развитие в идее гелиоцентризма Аристарха (около 280 года до н. э.) и в теории геоцентризма Птолемея (около 150 года до н. э.). Таким образом, гармония понималась греками как фундаментальное свойство природно-космического мира.

Завершая краткое рассмотрение космогоний Древнего Китая и Греции, отметим присутствие в них образа мирового яйца, характерного для многих мифопоэтических картин мира, поэтапность миротворения и понимание гармонии как регулирующего начала мира и бытия. Вместе с тем в основаниях этих космологий заложены существенные различия: китайская мифология строится на космизации, сакрализации и строгой соподчиненности мира и бытия людей, а греческая – на антропоцентризме, наделяющем богов чертами простых смертных. В поисках объяснений этнокультурной специфики отмеченных тенденций обратимся к галактике Млечный Путь и рассмотрим мифы, предания и легенды, зафиксировавшие космогонические представления об этом небесном феномене.

2. Галактика «Млечный Путь» в китайских и греческих мифах

Китайские мифы о Млечном Пути (*Тхянь-хэ* ‘небесная река’). Наблюдая за данной галактикой, древние китайцы заметили, что зимой во время сухого сезона она представляла собой более тонкую и разреженную ветвь Небесной Реки, проходящей через созвездие Ориона. В период же обильных летних дождей на небе была видна более яркая и непостоянная ветвь Небесной Реки. А по обоим ее берегам сверкали две большие звезды – Альтаир (созвездие Орла) и Вега (созвездие Лиры). Так из переменчивой картины звездного неба возник миф о Ткачихе, персонификации Веги, и Волопасе, отождествляемом с Альтаиром. Одной из наиболее ранних фиксаций этого мифа является следующий фрагмент из «Мелких заметок» Инь Юня (473–531): *К востоку от Млечного пути была Ткачиха, дочь небесного бога. Круглый год она трудилась, ткала из облаков небесное платье. Богу стало жаль ее, одинокую, и он отдал ее в жены Волопасу, что жил к западу от Млечного Пути. Выйдя замуж, она перестала ткать, бог рассердился, велел ей вернуться и впредь видаться с мужем раз в год* [1. С. 294].

В даосских философских трактатах есть иная версия мифа: *пастух (Альтаир) и дева-пряха (Вега) спустились на землю, встретились и поженились. Но, вернувшись на небо, они занимались только друг другом, бросив работу. Правитель и правительница Неба решили их разлучить: правительница своей серебряной булавкой провела между ними черту. Так возник*

Млечный Путь (Небесная река) и Янцзы стала его земным продолжением. Поэтому воды Млечного Пути от соприкосновения с землей становятся грязными. Но правитель сжался над ними и разрешил встречаться каждый седьмой день седьмого месяца. В этот день утром сороки слетаются, чтобы стать для них мостом. Когда же они встречаются, начинаются сильные дожди из слез влюбленных. Две звездочки рядом с Вегой – ее дети от Альтаира. Известен и другой вариант мифа со следами тотемистических представлений: Одна из коров сказала Пастуху, что в этот вечер девять дочерей Нефритового Императора купаются в небесном озере. Тот, кто спрячет одежду у седьмой дочери-ткачихи, которая тклет облачный шелк для Небесного Владыки и его жены, станет ее мужем. Корова приносит Пастуха на небо с нефритовыми деревьями и яшмовой травой, и он прячет красное одеяние Ткачихи. Когда она, по совету коровы, спрашивает иву, можно ли ей выйти замуж, ива соглашается, потому что это седьмой вечер. Через семь дней Ткачиха убегает готовить одежду для Небесного Владыки. Пастух преследует ее, но она проводит заколкой по небу черту и появляется Небесная Река (Млечный Путь). И каждый год в седьмой вечер на земле не видно ворон, которые образуют мост через Небесную Реку, чтобы Ткачиха и Пастух сошлись друг с другом. В это время идет сильный дождь из их слез. Однажды Пастух рассердился на Ткачиху, что она не перешла на его берег, и бросил в нее ярмо (его можно увидеть в виде звезд под ногами Ткачихи). Тогда она бросила в него веретено (оно у него под ногами) [8].

Таким образом, китайские мифы о Млечном Пути исходят из космологической концептуализации мира. А в качестве фундаментальной установки утверждают предустановленную свыше гармонию мира и бытия, основой которой является труд, обязательный как для принцесс и благородных юношей, так и для простых пряж и пастухов. Любовь не отменяет обязанностей, возложенных на человека, поэтому разлука становится неизбежной карой небес за нарушение обещания не бросать свое ремесло. Примечательно также присутствие в мифе коровы, а также птиц, сорок и ворон, выполняющих функцию тотемистических предков, которые помогают Пастуху и Ткачихе, но не могут отменить волю небес.

Обращает на себя внимание также следующий факт. Рассматриваемый миф присутствует в «Оде о запустении восточных царств» из знаменитой книги «Ши цзин» (XII – VIII вв. до н. э.): *Горит на небе звездная река / И, видя нас, свой не умерит жар. / Ткачихи угол в целый день пройдет / На семь делений весь небесный шар. / Хоть семь делений в день она пройдет, / Она в подарок шелка не соткет, / Сверкает ярко в небе Бык в Ярме (созвездие Орел), / Но он повозки нам не повезет. / Звезда зари с востока сходит к нам, Чан-гэн (Венера) на запад свой свершает ход. / На небесах изогнутая сеть — / Раскинулось созвездие Тенет* [9. С. 181]. Согласно древнекитайским астрономам, созвездие Ткачихи, образующее угол из трех звезд, неизменно проходит за сутки полный круг по небу, состоящему из 12 частей: 7 делений – с пяти часов утра до семи часов вечера и пять – за

ночь с семи часов вечера до пяти часов утра. Принимая во внимание мнение специалистов о включении этой оды в «Ши цзин» Конфуцием или его последователями, отметим, что ассоциация с мифом о Небесной Реке, Ткачихе и Пастухе, равнодушных к страданиям людей, усиливает драматизм угасающей жизни восточных земель. Более того, благосклонность звезд, устремленных на запад, оставляет восточные земли во власти созвездия Тенет. В этой связи позволим себе высказать предположение, что древний миф заключал в себе не только нравоучительный, но и глубокий экзистенциальный смысл, вбирающий в себя переживания человека, осознающего свою оставленность и бессилие перед волей небес.

Греческие мифы о Млечном Пути существенно отличаются от китайских. Прежде всего, само название Млечный Путь (*греч.* galaxias от *gala* ‘молоко’) представляет собой, по всей вероятности, «овнешнение» образа сознания, возникшего в силу ассоциации данной галактики с молочными брызгами. Действительно, на ночном небе белесая полоса Млечного Пути, состоящего из множества слабых звезд, напоминает пролитое молоко или туманность.

Что же касается сложившихся на этой основе мифов, то к числу наиболее известных отнесем миф, связанный с Гераклом, сыном Зевса и смертной женщины Алкмены: *Зевс или Афина хитростью заставили Геру кормить Геракла грудью, но младенец сосал с такой силой, что Гера отшвырнула его, а из капель молока возник Млечный Путь*. Согласно другому варианту: *бог Гермес приложил к груди Геры голодного младенца Геракла, рожденного смертной женщиной от Зевса. Оскорбленная этим Гера сама оттолкнула младенца, и ее молоко хлынуло на небо*. Существует еще одна версия: *рассерженный Зевс отнял от груди своей супруги Геры кормящегося младенца, и молоко из груди Геры вылилось на небо* [10. С. 275–277].

Таким образом, приведенные мифы отражают обыденные внутрисемейные отношения, в которых сакрализация божественной четы фактически отсутствует. Это позволяет говорить о сугубо антропологической концептуализации данной галактики, которая, тем не менее, восходит к верховной супружеской паре <Небо-отец – Земля-мать>. Более того, Бог Неба Зевс (*Zeī* ‘дневное светило’) и богиня Земли Гера (*‘Hpa* ‘охранительница’, ‘госпожа’) принадлежат хтонической эпохе (до VI века до н. э.), которой была свойственна космологическая концептуализация и сакрализация природно-космического мира. Следовательно, в процессе своего бытования начальное повествование о брачном союзе Земли, «производящей хлеб и лен» (воспринимающего женского начала) и Неба «возбуждающего земные роды» (воздействующего мужского начала) было переосмыслено земледельческими и скотоводческими племенами как свойственное и простым людям [11. С. 157].

В поисках объяснения десакрализации унаследованных архаических представлений обратим внимание на следующий факт. Становление в Греции рационалистического миропонимания, получившего распространение в

Египте, Вавилоне и Индии, способствовало развитию «познающего» сознания (Г.Г. Шпет). Это побуждало к переосмыслению мифопоэтической картины мира и поиску новых путей в толковании происхождения Млечного Пути. Так, вслед за Анаксагором, Млечный Путь стал рассматриваться как отражение звезд, не освещенных Солнцем. На основе этого понимания Демокрит высказал гипотезу, что данная галактика – это рассеянный свет множества звезд, которые мало заметны в солнечных лучах. Опровергая это утверждение, Аристотель сформулировал теорию, учитывающую движение Земли и форму земной тени, но затем высказал предположение, что данная галактика представляет собой скопление паров раскаленных небесных тел [7. С. 359]. Следовательно, наряду с мифопоэтической картиной мира разрабатывалось и его научное понимание, сопровождавшееся десакрализацией архаичных представлений.

Греческий антропологизм и возникшие на этом фундаменте мифопоэтические образы Млечного Пути заимствовались различными народами, контактировавшими с античным миром, а в отдельных случаях были ими дополнены или переосмыслены¹. Так, например, в Римском варианте мифа появилось дополнение. Бессмертное молоко, брызнувшее из груди Юноны, превратилось в Млечный Путь, а *в тех местах, где несколько капель его упало на землю, выросли лилии* [12. С. 454].

В этой связи отметим, что в Древней Руси номинация Млечный Путь получила самобытную интерпретацию, актуализирующую представления о тотеме-первопредке. Так, по свидетельству крестьян Тульской губернии, *в старину ходила по небу языческая богиня и разлила молоко, оттого этот путь называется млечнымь* [13. С. 10]. В «Велесовой книге», представляющей собой полный литературный перевод на русский язык священных текстов новгородских волхвов IX века, дается следующее объяснение происхождения Млечного Пути: *И тут корова Земун пошла в поля синие и начала есть траву ту и давать молоко. И потекло то молоко по хлябям небесным, и звездами засветилось над нами в ночи. И мы видим, как то молоко сияет нам, и это путь правый, и по иному мы идти не должны* [14. С. 17]. Аналогичные мифопоэтические трактовки Млечного Пути содержатся в преданиях терских казаков: *Млечный путь <...> образовался отъ того, что огромного роста женицина, принадлежащая къ злымъ существамъ (вѣдьма), была побѣждена ангелами и изъ груди ея все время сочилось молоко, которое и образовало видимый млечный путь* [15. С. 4]. Таким образом, в русской интерпретации Млечного Пути проявилась сакрализация природно-космического мира, в котором человек чувствует себя его органичной ча-

¹ В подтверждение сошлемся на названия данной галактики в романских, германских и славянских языках: *via lactea* (латин.), *via lactea* (испан.), *la Via Lattea* (итал.), *Calea Lactee* (румын.), *voie lactée* (франц.), *Milky Way* (англ.), *Mælkevejen* (датск.), *Milchstrasse* (немец.), *Melkeveien* (норвеж.), *Млечны Шлях* (белорус.), *Млечен Път* (болг.), *Млечен Пат*, *Mlěčen Pat* (македон.), *droga mleczna* (польск.), *Млечный путь* (рус.), *Млечни Пут*, *Млїјечни Пут*, *Mlečni Put*, *Mliječni Put* (сербскохорв.), *Mliečna cesta* (словац.), *Молочний Шлях* (укр.), *Mléčná dráha* (чешск.) и др.

стью. Что же касается отождествления этой галактики с греческими богами, то оно станет достоянием носителей русского языка с развитием просвещения.

3. Образы Млечного Пути в мифопоэтической картине народов мира

Отождествление Млечного Пути с рассыпанной на небе соломой.

В космологии древних земледельцев и скотоводов, проживавших на огромной территории от Атлантического побережья Африки на западе до пустыни Гоби в Центральной Азии на востоке и от Дуная и Кавказского хребта на севере до Эфиопии на юге, Млечный Путь отождествлялся с рассыпанной на небе соломой [16. С. 34].

Впервые подобная ассоциация появилась у арабов-кочевников Ближнего Востока, где солома достаточно широко использовалась в хозяйственной деятельности. Для арабов Сирии и на территории Хадрамаута (исторической области на юге Аравийского полуострова) характерно название Млечного Пути, которое переводится на русский язык как ‘соломенный путь’, а у бедуинов это ‘соломенный след’. Аналогичные наименования бытовали также у арабов и берберов Северной Африки, причем в Марокко история появления ‘саманной дороги’ / ‘соломенной дороги’ описана в мифе-назидании: *ворованную солому нагрузили на верблюда, но ветер разметал ее по дороге и она оказалась в результате на небе; поэтому в ясную ночь на ней видны следы верблюда*. Аналогичные ассоциации Млечного Пути с рассыпанной соломой можно найти в мифологии Древнего Египта, у ряда народов Южной Европы, на Кавказе и в Малой Азии.

Отождествление Млечного Пути с дорогой птиц. Длительные наблюдения за небесными светилами, выступавшими в качестве пространственно-временного ориентира, повлекли за собой отождествление Млечного Пути с дорогой птиц: траектория их перелета совпадала с расположением звездной полосы на ночном небе. Кроме того, подобная ассоциация соответствовала представлению о принадлежности птиц к верхнему (в системе архаичного мировосприятия), обожествляемому небесному миру. Так, например, в литовском языке Млечный Путь именуется ‘птичьей дорогой’ (*Paukščių Takas*), поскольку души, поднимающиеся по этой дороге на небо, представлялись легкокрылыми птицами. Существует также поверье о том, что *на ночном небе видно, как покойник (недавно умерший человек) пронесется на борзом коне по птичьей дороге (Млечному пути) с тремя звездами в руке и вступает в селения вечно блаженства* [17. С. 523].

В славяно-русском языковом пространстве также присутствует образ Млечного Пути как дороги, по которой летят в рай души умерших людей, приняв облик птиц, что получило отражение в таких образных выражениях, как: *Дорога душ, Птичий путь / Птичья дорога* (часто с конкретизацией определенных видов перелетных птиц – *буськова дорога, гусиная дорога, диких гусей дорога, gęsia droga, żurawia droga*). Мотив птичьего пути харак-

терен также для Волго-Пермского региона, Западной и Восточной Сибири, Средней Азии, Средней Европы, Балтии, Скандинавии, а также для южных тучони (Канада), северных солто и тимагами оджибва (Средний Запад США).

Другие варианты отождествления Млечного Пути. В наиболее архаичных тотемистических мифах, которые сохранились у народов, населяющих Австралию, Новую Гвинею, Полинезию и другие острова Тихоокеанского региона, Млечный Путь предстает как *радужный змей, крокодил или рыба*.

Так, например, у племени юалараи в Новом Южном Уэльсе (Австралия) бытует следующее предание: *некий Курреах, крокодил или радужный змей, живет одновременно и в глубоких водоемах, и на ночном небе в виде волнистой темной тени, протянувшейся вдоль Млечного Пути*. А для папуасов северо-запада Новой Гвинеи характерно представление о змее, который днем виден как *радуга, а ночью – как Млечный Путь*. В микронезийской мифологии (современная территория островов Гилберта) Млечный Путь предстает как *тело угря по имени Ришки (Риги), измученного в процессе разделения Неба и Земли* [18. С. 321]. Существует предание полинезийского племени маори: *много тысяч лет назад молодой бог Корири (Мауи) забросил плавшую на него акулу вверх на ночное звездное небо, где она превратилась в Млечный Путь*. Так появились названия *Манго-Роа-И-Ата, Мангароа или Ика-Роа* ‘длинная Акула на рассвете’. А племена на острове Пасхи считают, что *Млечный Путь и темные пятна на нем – это две рыбы-людоеда, поднявшиеся на небо* [19. С. 1].

Приведенные примеры свидетельствуют об этноспецифичном восприятии Млечного Пути «религиозно-мифологическим сознанием» (Г.Г. Шпет). Развитая правополушарная память архаичного человека, не имея достаточного опыта дифференцированного отношения к миру, заполняла ее едва намеченными, локализованными образами предметов (см. подробнее об этом в [20. С. 73]). В результате сознание было перегружено «размытыми диффузными образами» (В.Н. Топоров), которые были самодостаточны и не требовали верификации по принципу «было – не было». Вместе с тем тотемистические предания как отражение группового мистического родства с первопредком, который отождествлялся с Млечным Путем, – неотъемлемая часть мировой культуры. А присутствие в мифах сакральных представлений о мире остается импульсом для дальнейшего развития культуры этих народов. Что же касается явных формально-логических противоречий в мифопоэтической картине мира, то они полностью игнорировались архаичным сознанием.

Вместо заключения

Миф справедливо называют первым культурным «феноменом сознания» (Ю.М. Лотман), который раскрывает эволюционное развитие человека

и те заветные смыслы, которые составляли сущностную основу его жизнедеятельности и познания мира. Действительно, в эпоху практического освоения космического пространства возникает ощущение утраты человеком того единства со Вселенной, которое было свойственно нашим далеким предкам. С этой точки зрения, обращение к древним космогоническим преданиям восстанавливает «глубину нашей памяти» и накопленный человеком опыт осмысления природно-космического мира.

Представленный материал отражает начальную ступень осмысления метафизических проблем, которые в дальнейшем должны, как представляется, получить соответствующее научное обоснование. Главной задачей исследования было обратить внимание на присутствие в космогонических мифах ряда метафизических принципов и, прежде всего, преодоление бинарных оппозиций посредством перехода к целостной триаде, а следовательно, к холистической методологии, которая снижает напряженность противоположных тенденций и приближает к достижению гармонии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Юань Кэ*. Мифы древнего Китая / пер. с кит.; послесловие Б.Л. Рифтина. – М.: Наука, 1987.
2. Сюй гуа чжуань // Еремеев В.Е. Символы и числа «Книги перемен». – М.: АСЪ, 2002. – С. 390-393.
3. *Лао-цзы*. Дао дэ цзин // Древнекитайская философия: собр. текстов: в 2 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1972. – С. 115–138.
4. *Чжоу Дуньи*. Объяснение чертежа великого предела // Еремеев В.Е. Чертеж антропокосма. – М.: АСМ, 1993. – С. 14.
5. *Владимирова Т.Е.* Призванные в общение: Русский дискурс в межкультурной коммуникации. – Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
6. *Гесиод*. Теогония. Труды и дни. Щит Геракла / пер. с греч. В.В. Вересаева. – М.: Лабиринт, 2001.
7. Словарь античности. – М.: Прогресс, 1989.
8. *Березкин Ю. Е.* Тематическая классификация и распределение фольклорно-мифологических мотивов по ареалам: Аналитический каталог (<http://ruthenia.ru/folklore/berezkin/>).
9. Ши цзин. Книга песен и гимнов / пер. с кит. А. Штукина. – М.: Художественная литература, 1987.
10. Мифы народов мира. Энциклопедия: в 2 т. / гл.ред. С.А. Токарев. – М.: Советская энциклопедия, 1991. Т. 1.
11. *Афанасьев А.Н.* Древо жизни: Избранные статьи. – М.: Современник, 1982.
12. *Холл Дж.* Словарь сюжетов и символов в искусстве. – М.: КРОН-ПРЕСС, 1999.
13. *Колчин А.* Вераования крестьян Тульской губернии // Этнографическое обозрение. – 1899. – № 3. – С. 1–60.
14. Велесова книга. – М.: Менеджер, 1995.
15. *Вострикова П.* Повѣрья, примѣты и суевѣрные обычаи наурцевъ // Сборникъ матеріаловъ для описанія мѣстностей и племень Кавказа. – Вып. 37. – Отд. II. – Тифлисъ: Издание Управления Кавказскаго Учебнаго Округа, 1907. – С. 1–93.

16. Никонов В.А. География космонимов и этнические связи // Проблемы этногеографии Востока. – М.: Б.и., 1973. – С. 33–37.
17. Дьяченко Г. Полный церковно-славянский словарь. – М.: Издат. отдел Москов. Патриархата, 1993.
18. Мифы народов мира: энциклопедия: в 2 т. / гл. ред. С.А. Токарев. – Т. 2. – М.: Советская энциклопедия, 1991.
19. Makemson Maud Worchester. The Morning Star Rises. An Account of Polynesian Astronomy. – New Haven: Yale University Press, 1941.
20. Яковлева С.В. Мифологическое сознание и образные номинации в картине звездного неба // Вестник ЦМО МГУ (Вестник ИРЯиК МГУ). Филология. Культурология. Педагогика. Методика. – 2014. – № 3. – М.: ЦМО МГУ, 2014. – С. 73–77.

COSMOGONIC CONCEPTS IN THE MYTHS OF THE PEOPLES OF THE WORLD

T.Ye. Vladimirova, S.V. Yakovleva

This article centers on the cosmogonic aspect of the mythopoetic picture of the world. Special attention is given to the Milky Way galaxy. The analysis undertaken for the purpose has made it possible to trace the development of cosmological concepts of the emergence of the Universe and man and on this basis to identify the general and the specific in the mythopoetic picture of the peoples of the world.

Key words: myth, cosmogony, mythopoetic picture of the world, evolution of consciousness.

ИЗ НАСЛЕДИЯ ПРОШЛОГО

ЭЙНШТЕЙН И КОСМОЛОГИЯ

Отто Гекман

(Из сборника «Проблемы физики: классика и современность». – М.: Мир, 1982. – С. 155–163)¹

Когда Эйнштейн в 1921 г. получил Нобелевскую премию по физике, то в обосновании ее присуждения не были упомянуты ни специальная, ни общая теория относительности: столь еще неуверенной была тогда их оценка и одновременно столь значительны заслуги Эйнштейна в других областях физики.

Теперь ежегодно появляются сотни работ по релятивистской астрофизике и релятивистской космологии. При этом нередко случается, что предмет исследования той или иной работы обсуждается как объект, реально существующий в конкретной действительности, хотя это только один из типов решения эйнштейновских уравнений поля; о нем говорят так, как будто его можно видеть и осязать, хотя он предложен только как теоретическая возможность и в действительности не наблюдался. Так велико стало доверие к теории гравитации Эйнштейна. Однако и эмпирический фундамент космологии в настоящее время значительно укрепился, так что теперь она, хотя и остается в значительной мере теоретической, но, тем не менее, ее можно рассматривать как вполне здоровую и доступную контролю область исследований.

Эмпирические и теоретические основы сегодняшней космологии заложены приблизительно в одно время; они возникли настолько одновременно, что здесь почти можно говорить о как бы заранее предустановленной гармонии, хотя эмпирическое и теоретическое направления в течение первых десятилетий развивались сравнительно независимо, непосредственно не соприкасаясь друг с другом.

В 1929 г. Хаббл опубликовал сообщение об открытой им корреляции удаленности и красного смещения внегалактических туманностей, иными словами, о расширении Вселенной; к этому же времени в рамках гравитаци-

¹ Этот сборник был посвящен 100-летию со дня рождения А. Эйнштейна.

онной теории Эйнштейна уже были получены расширяющиеся объемы как решения уравнений поля.

Первая главная законченная работа Эйнштейна по проблеме гравитации – «Основы общей теории относительности» – появилась в 1916 г. В ней Эйнштейн сразу же устанавливает прямую связь с астрономией. Во-первых, он пришел к выводу о красном смещении спектральных линий излучения атомов, находящихся в гравитационных полях; во-вторых, показал, что световые лучи в полях тяготения должны искривляться; в-третьих, установил, что в отсутствие возмущений планеты должны двигаться не по чисто эллиптическим орбитам, а по некоторым розеточным кривым так, что большая ось эллипса все время поворачивается в направлении движения планеты. Такой эффект был известен – он был обнаружен в движении Меркурия еще во времена Леверье, но в рамках классической ньютоновской механики его объяснения найти не удавалось. Эйнштейн из своей теории получил точное значение смещения, равное $43''$ в столетие. Вскоре были получены данные, подтверждающие и два других эффекта; с течением времени эти данные становились все более и более точными.

Первая космологическая работа Эйнштейна о Вселенной в целом – «Космологические соображения по поводу общей теории относительности» («*Kosmologische Betrachtungen zur allgemeine Relativitätstheorie*») (Протоколы заседаний Прусской академии наук, 1917 г.) – положила начало всем дальнейшим разработкам в этой области, связанным с именами де Ситтера, Фридмана, Робертсона, Леметра, Вейля и многих других. Представляет интерес проанализировать подробнее эту работу Эйнштейна, полную глубочайших, хотя почти чисто умозрительных выводов.

Вначале Эйнштейн сопоставляет описание процессов движения в космически малых областях (Солнечная система) в классической и в релятивистской динамике; затем он переходит к звездным системам, простирающимся в бесконечность. При этом он остается в рамках ньютоновской теории и показывает, что при определенных, вполне естественных предпосылках ньютоновская «вселенная» немислима. Существенное возражение сводится к тому, что большие силы (разности потенциалов) между близкими и далекими областями пространства должны были бы вызывать движения с большими скоростями. Таковые, однако, не обнаружены; следовательно, силы «конечны». Отсюда вывод, что звездная система должна опустеть, так как отдельные звезды все время будут выбрасываться через конечный потенциальный барьер в бесконечность. Рассматриваемая звездная система обладает сферической симметрией, а ее плотность убывает от конечных значений в центре до нуля в бесконечности. Затем начинается исключительно важное обсуждение, показывающее, что небольшое дополнение закона Ньютона так называемым «лямбда-членом», действующим только на больших расстояниях, могло бы вывести ньютоновскую космологию из затруднения, ибо тогда оказалась бы возможной бесконечно протяженная звездная система, равномерно заполняющая пространство. Обсуждавшаяся некото-

рыми авторами возможность применения классической механики в замкнутых неевклидовых пространствах здесь не упоминается.

Затем Эйнштейн подробно разбирает свои прежние идеи о поведении Вселенной в целом в рамках его новой гравитационной теории. И снова решающее значение придается тезису, что в мире звезд никогда не наблюдались большие скорости. Результат получается тот же, что и прежде при рассмотрении на основе теории тяготения и механики Ньютона.

Только после этого Эйнштейн ставит новый вопрос: нельзя ли считать все пространство конечным, без какой бы то ни было бесконечности, но далее указывает, что его новая гравитационная теория это запрещает. Однако вскоре он говорит, что теорию можно слегка видоизменить, не затрагивая при этом основных принципов.

Само видоизменение полностью аналогично рассмотренному уже в ньютоновской теории. Оно снова состоит во введении лямбда-члена, добавляемого в новые уравнения гравитационного поля. Он действует – так как универсальная константа Λ предполагается очень малой – только на больших расстояниях. Вблизи, например в планетной системе, она не играет роли. На больших же расстояниях она устраняет бесконечность, так что пространство становится замкнутым – сферическим или эллипсоидальным. Тогда получается картина мира, где пространство конечно-неограничено и где нет больших скоростей. Этот результат Эйнштейна положил начало разработке тех систем идей, которые мы сегодня называем современной космологией.

В те времена почти не было возможностей для сопоставления модели Эйнштейна с опытом. Существовали только данные (1917 г.), подтверждавшие условие малых скоростей и гарантирующие квазистатический характер Вселенной. Совершенно однородная плотность материи предполагалась сама собой разумеющейся.

Покой в космосе, успешно обеспеченный Эйнштейном с помощью лямбда-члена, очень скоро оказался нарушенным. Уже в том же, 1917 г. В. Де Ситтер в Лейдене показал, что дополненные лямбда-членом эйнштейновские уравнения новой гравитационной теории допускают также решение, полностью отличное от статического мира Эйнштейна. Чтобы получить это решение, нужно предположить, что мир в среднем на очень больших пространствах пуст, так что средняя плотность его равна нулю. В таком мире, согласно тогдашним расчетам де Ситтера, должно было наблюдаться красное смещение для световых волн, приходящих с больших расстояний в начало координат.

Структура мира представлялась весьма причудливой, так как не только пространство, но и время оказывалось искривленным. Только позднейший логико-математический анализ показал, что мир де Ситтера не столь сложен, как это думали вначале. Модель де Ситтера как будто оправдывала надежды объяснить большие скорости на больших удалениях. Весьма неожиданно выяснилась эфемерность эйнштейновской ссылки на малость

скоростей, ибо за немногие годы резко возросло число измеренных лучевых скоростей внегалактических туманностей. Пять из них оказались отрицательными, подавляющее большинство (36) – положительными и во много раз превышающими значение 1000 км/с. Так обстояло дело к 1922 г.

Далее развитие исследований пошло по двум независимым линиям. Во-первых, Хаббл применил методы, успешно введенные Шепли для измерения удаленностей шаровых скоплений, к измерению расстояний до внегалактических туманностей – прежде всего до туманности Андромеды. Исходя только из имевшихся тогда оценочных значений диаметров туманностей, К. Вирц в Киле смог установить корреляцию этих диаметров с лучевыми скоростями. Однако результаты были еще слишком ненадежными и поэтому не были восприняты как нечто удивительное. Во-вторых, в 1922 г. в «*Zeitschrift für Physik*» появилась первая работа А. Фридмана, который предложил первую расширяющуюся модель Вселенной в качестве решения эйнштейновских уравнений поля. Модель была сферически-замкнутой, как и эйнштейновская, но ее радиус кривизны был функцией времени.

Вначале Эйнштейн не поверил результату Фридмана, но вскоре признал свою ошибку. Уже в 1924 г. Фридман опубликовал второе решение – гиперболическое расширяющееся пространство. Его можно было интерпретировать как бесконечно протяженное.

Только позднее стало ясно, что такая интерпретация не обязательна. Первым теоретиком, считавшим, что его результаты применимы и к внегалактическим туманностям, был Ж. Леметр, в 1927 г. самостоятельно повторивший в главных чертах результаты Фридмана. На гиперболические модели он не обратил внимания. Работа Леметра, как и ранее работа Фридмана, осталась вначале незамеченной. Только после того как стали известны упоминавшиеся уже данные Хаббла, Эддингтон позаботился, чтобы статья Леметра была перепечатана в ежемесячнике Королевского астрономического общества, и вскоре после этого опубликовал собственные работы по этой тематике.

Теперь вновь отозвался и Эйнштейн, хотя он вряд ли следил за литературой. Это де Ситтер при встрече с Эйнштейном в Америке познакомил его с только что полученным выводом, состоящим в том, что все три вида пространств – сферически-эллиптическое, параболическое (евклидово) и гиперболическое – совершенно равноправны в качестве расширяющихся моделей Вселенной. Придуманная Эйнштейном космологическая константа Λ могла быть положительной, отрицательной или нулем. Эддингтон в своей принципиальной приверженности к Λ -члену вкладывал в него некие метафизические свойства, называя Λ -член «причиной расширения». Но Эйнштейн и де Ситтер совместно написали статью, где выступали за полное исчезновение кривизны и Λ -члена. Благодаря тому, что два крупнейших авторитета отдали предпочтение этой простейшей из девяти принципиально различных моделей, она получила почетное наименование «модели Эйнштейна – де Ситтера». Эйнштейн пошел дальше, – настолько далеко, что объявил Λ -член во-

обще излишним, хотя как раз благодаря Λ -члену его гравитационные уравнения стали более общими. Созданная самим Эйнштейном проблема Λ -члена привела к своего рода «религиозной войне» за и против этого члена, вызвав большое число довольно беспредметных дискуссий. Одни называли теорию с Λ -членом «более простой», так как такая теория требовала меньше исходных постулатов, другие считали применение здесь слова «простой» неправомерным и настаивали на том, чтобы признать более простой теорию без Λ -члена, хотя требование отсутствия Λ -члена есть, конечно, тоже дополнительный постулат. Однако если в каждом случае отчетливо указывается, используется ли при рассмотрении этот член или нет, то весь спор, как нам представляется, не имеет значения.

Дальнейшее развитие как теории, так и опыта происходило без непосредственного влияния Эйнштейна. Он был занят главным образом своей великой темой – «единой теорией поля», включающей, с одной стороны, гравитационное, а с другой – электромагнитное поле.

Хаббл в своей публикации 1929 г. пользовался еще старым перечнем лучевых скоростей туманностей, составленным в 1922 г. В. Слайфером для Эддингтона. Но результат Хаббла вызвал энергичную деятельность в обсерватории Маунт-Вильсон, где Хьюмсон с помощью новых все более светосильных спектрографов смог определять радиальные скорости все более и более слабых, следовательно, все более далеких туманностей. Такое положение сложилось к 1938 г.

После Второй мировой войны наблюдения и теоретические исследования по космологии постепенно возобновились. В 1946 г. Эйнштейн опубликовал в виде приложения к третьему изданию его известных Принстонских лекций свою собственную интерпретацию космологии Фридмана – Леметра, ставшей тем временем общепризнанной. При этом было сказано еще несколько критических слов по поводу Λ -члена. Более поздние публичные высказывания Эйнштейна по космологии мне неизвестны. Дальнейшее развитие теории и наблюдений, в частности увеличение во много раз шкалы межгалактических расстояний, началось еще при жизни Эйнштейна.

Открытие стационарно вращающейся модели мира Гёделя перед самым 1950 г. должно было оказаться для Эйнштейна в высшей степени неожиданным, так как это потребовало новой интерпретации всей теории, в которой вопреки первоначальной установке Эйнштейна принималось, что вращение уже не имеет чисто относительного характера. Впрочем, модель Гёделя остается примечательным изолированным случаем, поскольку легко доказать, что в ее окрестности не существует расширяющихся и вращающихся моделей.

Заслуживает внимания еще одно исследование: уже к 1930 г. выяснилось, что среди полного множества леметровских решений с положительным Λ и положительной кривизной пространства самая начальная статическая модель Эйнштейна 1917 г. представляет собой не только предельный случай, но даже нестабильный предельный случай расширяющихся и сжи-

мающихся решений. Последние не могут осциллировать около эйнштейновского решения: при малейшем отклонении от него средняя плотность материи либо убывает к бесконечному разрежению, либо бесконечно возрастает.

Около 1955 г., то есть приблизительно в год смерти Эйнштейна, начались поиски обобщения изотропно-гомогенных космологических моделей. Главным образом ставилась цель найти анизотропно-гомогенные решения эйнштейновских уравнений поля. Это направление уже в 1973 г. достигло известного завершения. Снова оказалось, что изотропные модели, которые только и рассматривались до этого времени в космологии, с исчезающе немногочисленными исключениями в общем нестабильны и что преобладающее большинство их обнаруживает тенденцию при незначительных нарушениях изотропии переходить в анизотропные. Последней проблемой в связи с этим представляется включение анизотропно-гомогенных моделей в множество (не так легко определяемое) анизотропно-негомогенных. Только тогда, когда удастся сказать по этому поводу нечто определенное, можно будет оценить пределы применимости изотропно-гомогенных моделей. Однако мы, по-видимому, пока еще очень далеки от этой цели.

В 1953 г. умер Хаббл. Но он оставил программу дальнейших работ по обоснованию космологии. Особое значение он придавал уточнению зависимости числа туманностей от их видимой яркости. Получение этой зависимости, надежно освобожденной от систематических и статистических ошибок, сопряжено с исключительно длительной и трудоемкой работой, за которую пока никто не берется. Родившаяся в 1957 г. радиоастрономия установила статистически аналогичные соотношения, которые, однако, не допускают даже отдаленно столь четкой интерпретации, какой хотел Хаббл.

Поэтому для того чтобы выбрать из многих моделей Вселенной одну, наиболее близкую к действительности, приходится пока ограничиваться уточнением другой, уже применявшейся Хабблом зависимости между видимой яркостью и красным смещением. Но и здесь еще не удалось достичь точности, необходимой для однозначного ответа.

Большой неожиданностью было открытие в 1965 г. изотропного фонового космического излучения, близкого к черному излучению с температурой 3 К. Оно находит теоретическое объяснение в начальной сингулярности (big bang), или первоначальном взрыве, фигурирующем в большинстве космологических моделей. Это обстоятельство, наряду с законом расширения Хаббла, является доводом в пользу космологии, основанной на эйнштейновской теории.

Мы проследили развитие современной космологии от ее возникновения в 1917 г., когда появилась работа Эйнштейна, до последних десятилетий, когда началось ее разветвление.

Развитие состояло главным образом в том, что несколько математически простых представлений были признаны частными случаями более сложных теоретических построений.

Мы, однако, обошли молчанием одну большую область опытных данных, хотя она, так же как закон Хаббла и факт существования изотропного фонового излучения, лежит в основе всей доктрины. Мы должны продолжать эмпирическое исследование важных и все еще недостаточно надежно освещенных вопросов гомогенности и изотропии распределения материи, коэффициента пропорциональности в законе расширения Хаббла и средней плотности массы во Вселенной, и в особенности количества межгалактической материи.

Мы не упомянули также и некоторые чисто теоретические проблемы: возникновение сгущений плотности в гомогенных мирах и возникновение химических элементов сразу после первичного взрыва. Создается впечатление, что полное согласие здесь еще не достигнуто.

Мы не говорили о пульсарах и квазарах. Пульсары определенно принадлежат к кругу тем релятивистской астрофизики. Изучение квазаров пока ничего не внесло в космологию, однако само оно извлекло из нее пользу, когда дело шло об определении расстояний до них.

Позволим вообразить себе, что Эйнштейн никогда не жил. Вполне вероятно, что пробелы в областях физики, не связанных с теорией тяготения, были бы рано или поздно восполнены работами других ученых. Это бесспорно так, если говорить о специальной теории относительности, где Лоренц и Пуанкаре незадолго до Эйнштейна пришли к основным его результатам. Но и результаты его работ по фотоэлектрическому эффекту, по броуновскому движению, а позднее – по квантовой статистике, по-видимому, не слишком долго оставались бы не открытыми.

Если же говорить о гравитационной теории, то, пожалуй, можно было бы в крайнем случае назвать только Гильберта, который получил уравнения поля немного раньше Эйнштейна, но придавал им несколько более ограниченное значение. Но несомненно, что работам Гильберта существенный толчок дали публикации Эйнштейна 1911–1914 гг. Математические трудности, которые должен был преодолевать Эйнштейн, для Гильберта, разумеется, не играли никакой роли. Трудно сказать, как удалось бы справиться с почти исключительно положительными лучевыми скоростями туманностей и затем с соотношением Хаббла. Мы сегодня знаем, что значительную часть наблюдательных данных можно было бы объяснить и с помощью космологии Ньютона.

Однако то, что сегодня известно по поводу такой возможности, основано на точном сопоставлении с вариантами, соответственно получаемыми в рамках теории Эйнштейна. С другой стороны, потребовалось бы ввести предположение о неограниченной разности потенциалов вплоть до бесконечности. Остальное, возможно, удалось бы урегулировать с помощью Я-теоремы Больцмана, если бы при этом была принята во внимание инвариантность ньютоновских уравнений движения относительно гомогенных ускорений системы отсчета. Трудно сказать, смогла ли бы в действительности сложиться такая система идей. Может быть, была бы признана удовле-

творительной (очень не изящная) модель конечной бомбы, взрывающейся в совершенно пустом пространстве. Эйнштейн избавил нас от подобного несовершенного суррогата.

Ежегодный поток в несколько сот теоретических работ по релятивистской космологии служит свидетельством все возрастающей плодотворности эйнштейновской теории. Он демонстрирует доверие к основам, заложенным Эйнштейном. Без нее обширные разделы космологии были бы беспомощны. В частности, без общей теории относительности не имела бы однозначного обоснования оптика ускоренных движений.

Совсем недавно среди физиков бытовала шутка, что в космологии число публикаций обратно пропорционально числу фактов.

Действительно, среди известных природных сил тяготение – одно из слабых взаимодействий; эксперименты с земными средствами здесь почти бесперспективны. Физики должны неустанно стремиться поправить это положение. Космические же наблюдения, до сих пор приносившие только положительные данные относительно эйнштейновской теории гравитации, продолжают и сейчас доставлять нам благоприятные в этом смысле результаты. Последний из них – косвенное открытие гравитационных волн, давно уже предсказывавшихся теорией Эйнштейна. Теперь американские радиоастрономы как будто обнаружили укорочение периода обращения одной из двойных звезд. Видимая компонента этой системы есть пульсар с периодом 0,06 с. Если учесть все прочие эффекты, и в первую очередь трение, то медленное уменьшение его почти восьмичасового времени обращения можно объяснить только потерей энергии за счет ее излучения. Если этот результат подтвердится, то он будет впечатляющим подарком к столетию Эйнштейна.

EINSTEIN AND COSMOLOGY

Otto Heckmann

*(The Problems of Physics: the Classics and Contemporaneity. –
M.: The World, 1982. – P. 155–163)²*

² To the 100year from the day of birth of Albert Einstein.

НАШИ АВТОРЫ

БЕШЕНКОВ Алексей Сергеевич – аспирант Российской академии образования.

ВЕКШЕНОВ Сергей Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Российской академии образования.

ВИЗГИН Владимир Павлович – доктор физико-математических наук, профессор Института истории естествознания и техники РАН.

ВЛАДИМИРОВ Юрий Сергеевич – доктор физико-математических наук, профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор Института гравитации и космологии РУДН.

ВЛАДИМИРОВА Татьяна Евгеньевна – доктор филологических наук, профессор кафедры культурологии Института русского языка и культуры МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор кафедры русского языка и межкультурной коммуникации факультета гуманитарных и социальных наук РУДН.

ВНУТСКИХ Александр Юрьевич – доктор философских наук, профессор кафедры философии Пермского государственного национального исследовательского университета.

ГЕКМАН Отто Герман (1901–1983) – немецкий астроном, член Геттингенской Академии наук, профессор астрономии Гамбургского университета.

КРЕЧЕТ Владимир Георгиевич – доктор физико-математических наук, профессор Московского государственного технологического университета «Станкин», профессор Ярославского государственного педагогического университета имени К.Д. Ушинского, академик РАЕН.

ЛЕВИН Сергей Фёдорович – доктор технических наук, профессор, проректор по учебной и научной работе Московского института экспертизы и испытаний.

ПАНОВ Вячеслав Федорович – доктор физико-математических наук, профессор Пермского государственного национального исследовательского университета.

ПОЛИЩУК Ростислав Феофанович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Астрокосмического центра Физического института им. П.Н. Лебедева РАН.

ПОРОЙКОВ Сергей Юрьевич – кандидат физико-математических наук, член Российского философского общества РАН, член Союза писателей-переводчиков.

РОДИЧЕВ Сергей Владимирович – кандидат физико-математических наук, профессор Московского государственного технологического университета «Станкин».

САЖИН Михаил Васильевич – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга (при физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова).

САЖИНА Ольга Сергеевна – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга (при физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова).

СИПАРОВ Сергей Викторович – доктор физико-математических наук, профессор Государственного университета гражданской авиации (Санкт-Петербург).

ЧЕЧИН Леонид Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор Казахского национального университета имени аль-Фараби, член-корреспондент Национальной Академии наук Республики Казахстан.

ЯКОВЛЕВА Светлана Васильевна – ассистент кафедры русского языка и межкультурной коммуникации факультета гуманитарных и социальных наук РУДН.

МЕТАФИЗИКА

**Российский университет
дружбы народов**

Научный журнал

2016, № 1 (19)

Редактор *И.Л. Панкратова*
Компьютерная верстка *Н.А. Ясько*
Дизайн обложки *М.В. Рогова*

Адрес редакции:
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198
Сайт: <http://lib.rudn.ru/37>

Подписано в печать 29.03.2016 г. Формат 60×84/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 21,85. Тираж 500 экз. Заказ 380

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. 952-04-41

Общие требования по оформлению статей для журнала «Метафизика»

Автор представляет после согласования с Главным редактором:

- Текст статьи до 20-40 тыс. знаков в электронном формате;
- Язык публикации – русский;
- Краткую аннотацию статьи (два–три предложения, 4-5 строк) на русском языке;
- Ключевые слова – не более 12;
- Информацию об авторе:
 - Ф.И.О. полностью, ученая степень и звание, место работы, должность, почтовый служебный адрес, контактные телефоны и адрес электронной почты.

Формат текста:

– шрифт: Times New Roman; кегль: 14; интервал: 1,5; выравнивание: по ширине;

– абзац: отступ (1,25), выбирается в меню – «Главная» – «Абзац – Первая строка – Отступ – ОК» (то есть выставляется автоматически).

- ✓ Шрифтовые выделения в тексте рукописи допускаются только в виде курсива.
- ✓ Заголовки внутри текста (название частей, подразделов) даются выделением «Ж» (полужирный).
- ✓ Разрядка текста, абзацы и переносы, расставленные вручную, не допускаются.
- ✓ Рисунки и схемы допускаются в компьютерном формате.
- ✓ Ссылки на литературу даются по факту со сквозной нумерацией (не по алфавиту) и оформляются в тексте арабскими цифрами, взятыми в квадратные скобки, с указанием страниц.

Например:

- На место классовой организации общества приходят «общности на основе объективно существующей опасности» [2, с. 57].
- О России начала XX века Н.А. Бердяев писал, что «постыдно лишь отрицательно определяться волей врага» [3, с. 142].
- ✓ Номер сноски в списке литературы дается арабскими цифрами без скобок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адорно Т.В. Эстетическая теория. – М.: Республика, 2001.
2. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.
3. Бердяев Н.А. Судьба России. Кризис искусства. – М.: Канон+, 2004.
4. Савичева Е.М. Ливан и Турция: конструктивный диалог в сложной региональной обстановке // Вестник РУДН, серия «Международные отношения». – 2008. – № 4. – С. 52–62.
5. Хабермас Ю. Политические работы. – М.: Праксис, 2005.

- ✓ Примечания (если они необходимы) даются подстрочными сносками со сквозной нумерацией, выставляются автоматически.

С увеличением проводимости¹ кольца число изображений виртуальных магнитов увеличивается и они становятся «ярче»; если кольцо разрывается и тем самым прерывается ток, идущий по кольцу, то изображения всех виртуальных магнитов исчезают.

¹ Медное кольцо заменялось на серебряное.

- ✓ Века даются только римскими цифрами (XX век).

Редакция в случае неопубликования статьи авторские материалы не возвращает и не рецензирует.

Будем рады сотрудничеству!

Контакты:

ЮРТАЕВ Владимир Иванович, тел.: 8-910-4334697; E-mail: vyou@yandex.ru

Для заметок

Для заметок
