

**Российская Академия Наук
Институт философии**

**АСТРОНОМИЯ
И
СОВРЕМЕННАЯ КАРТИНА МИРА**

**Москва
1996**

Ответственный редактор***В. В. Казютинский*****Рецензенты:**доктор философских наук *А. Л. Никифоров*доктор физико-математических наук *Н. П. Грушинский***А-91****Астрономия и современная картина мира. — М.,
1996. — 247 с.**

Современная астрономия переживает новую эпоху великих открытий, которые превосходят сделанные в свое время Галилеем. Они приводят к радикальным изменениям в научной картине мира. Теория раздувающейся Вселенной, квантовая космология расширили границы мегамира; наша Метагалактика выступает сейчас лишь одной из множества вселенных. Объектом интенсивного изучения стали черные дыры, существование которых во Вселенной предсказано общей теорией относительности. Бурные мировоззренческие дискуссии вызывает антропный принцип, выявляющий неразрывную связь между глобальными свойствами Метагалактики и появлением в ней человека. Сохраняет значение и проблема внеземных цивилизаций. Моделирование возможных сценариев их развития позволяет по-новому, с космической точки зрения оценить перспективы нашей собственной цивилизации, пути разрешения глобальных проблем современности.

Философскому анализу этих проблем и посвящена книга, среди авторов которой — известные физики, астрономы и философы.

I. НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА, ВСЕЛЕННАЯ, СОЗНАНИЕ

Ф.А. Цицин

Астрономическая картина мира: новые аспекты

“...То, что я считал полной картиной жизни, оказалось лишь небольшой ее частью”.

Керрик [1]

Введение: научная картина мира и ее развитие *

Научная картина мира (НКМ) — творение тысяч авторов, от живших в эпоху предыстории науки до наших современников. Уже это, казалось бы, должно делать НКМ неохватной для ума и необозримой для глаза, — если бы не свойство НКМ упорядочивать, систематизировать и концентрировать безграничные груды фактов и наблюдений, идей и гипотез... НКМ приводит в систему множество аспектов исследования; открытых различными науками законов природы, частных гипотез и теорий. Суммируем ряд основных положений, характеризующих НКМ, в нашем понимании ее [2,3].

НКМ — это *система* наиболее обобщенных представлений о той или иной области (или о том или ином аспекте) действительности, формирующаяся как результат *неограниченной экстраполяции* достоверных знаний (т.е. установленных и подтвержденных опытом и наблюдением, в пределах доступной точности), на область, еще не доступную такой проверке.

НКМ возникает в процессе познания действительности, благодаря стремлению к *целостному* восприятию окружающего мира, независимо от объема и „прочности” имеющегося набора досто-

* „Введение написано совместно с А.И. Еремесовой

верных сведений о нем. Более того, чем уже и слабее фундамент, тем более всеохватной оказывается НКМ, испытывающая меньше запретов при своем формировании. Такой и была всеобъемлющая „космофизическая” картина мира у всех древних цивилизаций. С развитием самой науки НКМ расщепляется. В наше время в состав общей НКМ входят ее части различной степени фундаментальности и универсальности: наиболее универсальная Физическая КМ (ФКМ), опирающиеся на нее частные аспекты НКМ – Астрономическая (АКМ), Биологическая (БКМ), Химическая (ХКМ) и т.д.

Существенно, что любая НКМ – это лишь *модель* действительности, того или иного ее аспекта или грани.

Модельные построения имеются и в собственно науке как системе знаний. Это – модельные части теорий, объясняющие механизм явления или природу объектов, но обязательно согласующиеся с опытом, наблюдениями, обладающие эвристической ценностью (до поры, до времени). Это и рабочие гипотезы, не противоречащие опыту. Но в такой системе знаний всегда имеется особо прочное, долговечное ядро наиболее достоверных знаний (факты, объекты, количественные законы). Эти знания развиваются эволюционно (кумулятивно, то есть монотонно нарастая), без нарушения принципа соответствия (новое знание сводимо к прежнему как частному или предельному случаю). Модельная же компонента теории со временем в какой-то степени либо подтверждается и становится достоверным знанием, либо отбрасывается, уступая место новым, не сводимым к старым, то есть с нарушением принципа соответствия (революционный тип развития).

В отличие от науки как системы достоверных знаний (с сохраняющимися и растущим вширь и вглубь ядром), НКМ, являясь безграничной экстраполяцией этих знаний, уже поэтому принципиально гипотетична во всех своих структурных частях. При этом она сложно взаимодействует с собственно наукой. – НКМ также имеет более устойчивое ядро – набор особо долговечных принципов, – общечеловеческого опыта, но не доказанных (возможно, пока) строгими исследованиями, хотя и не опровергнутых (также, возможно, до поры, до времени). Укрепившиеся в сознании, эти постулаты проникают в ядро самой науки и в течение длительных эпох принимаются даже за достоверное, истинное, как бы абсолютное знание (постулат о неделимости мельчайших частиц материи – атомов; о параллельных; 1-е и 2-е Начала термодинамики; а в астрономии – принцип неподвижности Земли, геоцентризм, конечность или бесконечность

Вселенной...). В действительности, это „незаконно” проникшие в ядро достоверных знаний элементы, именно НКМ данной эпохи.

Ввиду своей цельности и системности, НКМ обладает большой эвристической ценностью. Являясь, в принципе, всегда всеобъемлющей и полной моделью данного аспекта действительности, она служит и как бы интеллектуальной атмосферой, в которой могут формироваться новые идеи и предвидения; подобно силовому полю, направляет мысль на решение определенных проблем, организует научный процесс. Но лишь до тех пор, пока этот организующий „каркас” из идей и представлений не становится тесным для объяснения новых фактов, явлений, закономерностей, открываемых в самой науке, то есть пока в „зонах экстраполяции” не открываются явления, объекты и процессы, – факты, – прямо противоречащие соответствующим элементам и конструктам НКМ.

Развитие НКМ, в отличие от кумулятивно-обобщающего, эволюционного пути развития собственно науки, происходит путем смены эволюционных и революционных периодов, то есть периодов пополнения НКМ новыми идеями и моделями, не противоречащими ее фундаментальному ядру и НКМ в целом (эволюционный этап) и периодов ломки НКМ – смены ее как модели в целом или в существенных частях (революционные этапы). При этом наиболее редким, но и наиболее сильным по своим последствиям событием является смена элементов НКМ, проникших в ядро собственно науки, то есть смена, ломка фундаментальных принципов-постулатов. В отличие от также революционной (по типу изменений) смены модельных частей отдельных теорий, такая ломка вызывает широкий резонанс, как в науке, так и нередко даже в общественном сознании и квалифицируется поэтому как „научная революция” – фундаментальная, универсальная, если она относится к физическим или космофизическим принципам и представлениям, или же локальная, частная, если речь идет о смене более специфических представлений – в собственно астрономии – в астрофизике, космогонии, космологии; в биологии и т.п.

Ярчайшим примером универсальной и вместе фундаментальной научной революции была смена космофизической картины мира Аристотеля – Птолемея на НКМ Коперника – Ньютона, когда крушение одного из главнейших космофизических принципов, краеугольного камня древней НКМ – геоцентризма – привело к потрясению и революционной смене всего *физического* фундамента НКМ и всей космофизической картины мира, к утверждению Ньютонианской гравитационной картины мира.

Заметим, что при ломке НКМ она не исчезает бесследно (поскольку в ней обобщены, хотя и путем неограниченной экстраполяции, — но все же вполне достоверные, и лишь с неизвестными пока границами этой достоверности, факты). От старой НКМ — модели, безграничной экстраполяции остается обычно и „сухой остаток” — ограниченное, но уже вполне достоверное знание. (Яркий пример тому: неограниченный принцип геоцентризма после Коперника превратился в теорию вполне достоверной, но ограниченной геоцентрической системы Земля — Луна).

В наши дни в общей космофизической картине мира, как и в ее отдельных аспектах — ФКМ, АКМ, прослеживаются тенденции к существенному изменению на основе приложения к объектам и процессам материального Космоса новых мощных и общих методов исследования Вселенной (принципиально новые астрономические инструменты и выход в космос, сделавшие астрономию всеволновой и т.д.), новых теоретических подходов (неизвестные ранее общие математические методы, алгоритмы и исчисления). В результате уже сейчас обнаруживается общность природы и типа структур разнороднейших объектов и их систем во Вселенной (например, существенная нестационарность множества объектов и их систем всевозможного масштаба; современное открытие „фрактальности Вселенной”, что становится фундаментом для формирования совершенно непривычной, необычной и неожиданной, новой, но, — как и на заре науки, — вновь становящейся универсальной космофизической картины мира).

Революционная перестройка НКМ может происходить и при устранении из ее ядра некоторых закрепившихся модельных конструкций (теплород; черная дыра?... — См. ниже); при синтезе представлявшихся взаимоисключающими идей о природе и эволюции тех или иных объектов или систем во Вселенной (упомянутый квантовый синтез дискретной и волновой гипотез о природе света или, — возможно ли?! — „классической” и „бюраканской” концепций в космогонии, см. ниже).

Иногда потрясение в НКМ может обуславливаться привнесением, скажем, в астрономию открытий из соседних областей познания (космологические парадоксы, особенно термодинамический, возникшие в АКМ XIX в.; может быть, термодинамический подход к концепции „хаотического раздувания” Вселенной и т.д.).

Некоторые подобные проблемы и ситуации и рассмотрены в данной статье.

1. О „термодинамике Вселенной”

- *А зачем им вообще эта дурацкая энергия?*
- *Видишь ли, мальчик, эти славные существа вбили себе в голову, что вечного двигателя построить нельзя!*
- *Не может быть, — сказал юноша. ([4], с. 127).*

Флуктуации и проблема физических границ 2-го Начала термодинамики. Пожалуй, впервые термодинамический аспект в космологии обозначил еще Ньютон. Именно он подметил эффект „трения” в часовом механизме Вселенной — тенденцию, которую в середине XIX в. назвали ростом энтропии. В духе своего времени Ньютон призвал на помощь Господа Бога. Он и был приставлен сэром Исааком к слезению за подзаподом и ремонтом этих „часов”.

В рамках космологии термодинамический парадокс был осознан в середине XIX в. (см. статью В.В. Казютинского [5]). Дискуссия о парадоксе породила ряд блестящих идей широкого научного значения („шредингерово” объяснение Л. Больцманом „антиэнтропийности” жизни; введение им *флуктуаций в термодинамику*, фундаментальные следствия чего в физике не исчерпаны до сих пор; его же грандиозная космологическая флуктуационная гипотеза, за концептуальные рамки которой физика в проблеме „тепловой смерти” Вселенной так еще и не вышла; глубокая и новаторская, но тем не менее исторически ограниченная флуктуационная трактовка 2 Начала М. Смолуховским [6] и т.д.).

Мне уже доводилось [7,8] обращать внимание на примечательные следствия введения Больцманом флуктуаций в термодинамику и космологию. Отмечу здесь лишь, что последовательное развитие идей Больцмана ведет нас к весьма неожиданным следствиям. Так, связь между вероятностью состояния W системы и ее энтропией S оказывается, вопреки стандартной трактовке знаменитой формулы Больцмана ($S = k \ln W$), *не функциональной, а статистической*; и сама эта формула строго справедлива лишь в *полном пренебрежении флуктуациями!* Далее, состояния термодинамического и статистического равновесия различаются не пренебрежимо мало (и тем более не тождественны), а *макроскопически существенно* (эффект *равновесных флуктуаций*)...

С учетом этого еще более, чем было продемонстрировано М. Смолуховским, расшатывается и *статистическая* (не только исход-

ная феноменологическая) трактовка 2-го Начала термодинамики. *Не исключено*, скажем, что 2 Начало ограничено справедливо даже в форме запрета „вечного двигателя 2-го рода"! Если открывающиеся тут фантастические варианты при последующих теоретических и экспериментальных исследованиях подтверждаются и реализуются, это откроет необозримые перспективы не только в энергетике, но и в фундаментальной физике и, более того, радикально может изменить картину мира. Например, „за рамками” 2-го Начала роль космических цивилизаций (КЦ) могла бы существенно возрасти и стать даже космологической. Картина мира, в этом плане, могла бы определяться не „часовщиком Ньютона”, а Разумом КЦ.

Картина мира инфляционной космологии и термодинамика. Но и в случае неограниченной справедливости 2-го Начала (в трактовке Больцмана – Смолуховского) появление инфляционной космологии [9, 10], особенно сценария „хаотического раздувания” [11] радикально меняет ситуацию с термодинамическими свойствами Вселенной и ее „тепловой смертью”.

Как справедливо подчеркнуто в [5], во всех космологических построениях, обсуждающих проблему тепловой смерти Вселенной, изучались, открывались и „закрывались” свойства *не* реальной Вселенной, а ее специфических *моделей* (что часто игнорируется). Так, тепловая смерть неизбежно наступала в моделях Вселенной типа ньютоновской или даже, с точностью до флуктуаций, в больцмановской (последнее – вопреки популярному одно время мнению И.Р. Плоткина [12]); не достигалась в бесконечно расширяющейся фридмановской модели (знаменитый результат Р. Толмена [13]); реализовывалась в худшем варианте в бесконечной иерархической модели Вселенной [14], в противоположность оптимистическому выводу К.П. Станюковича [15]; не удавалось избежать ее в осциллирующих постфридмановских моделях [16] и т.д.

В [7] (см. также [17]) мною было отмечено, что в актуально бесконечно разнообразной („максимально неоднородной”) модели Вселенной, в отличие от однородной по свойствам и законам, 2 Начало, хотя бы и сохраняло всюду справедливость, оказывалось бы в определенном смысле „неактуальным”, то есть не могло бы реализоваться здесь даже за бесконечное время.

Похожая ситуация усматривается в модели инфляционной Вселенной. Действительно, современные оценки размеров инфляционного „пузыря”, содержащего нашу Вселенную (Метагалактику), наряду с невообразимо большим (практически бесконечным) числом других „вселенных” (фундаментальные физические законы в кото-

рых, и даже число измерений пространства, могут как угодно отличаться от наших), дают величины от 10^{10^4} до $10^{10^{14}}$ см [11]. Такого рода числа *не меняются*, выражай ли их в ангстремах или в радиусах Метагалактики! Соответственно, „время пересечения” такой системы лучом света (мыслимая нижняя грань „времени релаксации”) выразится *тем же* числом, опять-таки независимо от того, измеряем ли мы время в наименьших физически мыслимых, в рамках нашей физики, единицах $\approx 10^{-43}$ с или в „возрастах Метагалактики”, $\approx 10^{10}$ лет. (Эта тема ярко освещена Дж. Литтлвудом в [18]).

Но такая инвариантность — характерное свойство *бесконечных* величин! Таким образом, размерные параметры „инфляционного пузыря” отличаются от *бесконечных* значений в определенном смысле пренебрежимо мало (!), во всяком случае, качественно, в пределах той точности, какую мы выражаем символом „ \approx ” и которая нас, очевидно, в современной астрономической картине Мира удовлетворяет.

Соответственно, уже в этом варианте модели инфляционной Вселенной постижимые нами промежутки времени (в равной степени 10^{-43} с или 10^{10} лет), характеризующие „нашу Вселенную”, и даже астрофизически экстремальные, типа 10^{100} лет (распад сверхмассивных „галактических” черных дыр) обладают всеми традиционными признаками *бесконечно малых* величин — в сравнении с теми временами, в течение которых ($\approx 10^{10^{10}}$ „наших времен”) в Большой Вселенной (инфляционный пузырь, при раздувании которого родилась и наша Вселенная) заведомо *не наступит* еще состояние типа термодинамического равновесия, то есть и пресловутая тепловая смерть. Можно ли полагать, что это понятие в инфляционной модели Вселенной вообще сохраняет для нас смысл? Крайне сомнительно, по меньшей мере !..

Наконец, в самом последнем (пока!..) варианте модели инфляционной Вселенной — сценарии „хаотического раздувания” по А.Д. Линде [11] условия для реализации тепловой смерти, мягко говоря, еще менее благоприятны, чем в первоначальном варианте концепции раздувания. Эта последняя модель вообще трактуется ее автором и другими видными космологами (например, И.Д. Новиковым) как модель вечно юной, самообновляющейся Вселенной. Правда, последняя трактовка не базируется на каком-либо последовательном анализе свойств этой Вселенной в плане термодинамики. Так что остается за кадром фактор *увеличения* энтропии в ходе эволюции *каждого* отдельного инфляционного пузыря (или вселенных типа нашей — практически Метагалактики). Но, в аспекте „максимальной неоднородности” свойств Вселенной в модели с хаотическим раздувани-

ем, не вызывает сомнения, что условия для реализации в ней состояния тепловой смерти, как отмечено, еще куда менее благоприятны, чем даже в исходной модели раздувающейся Вселенной.

Интересная модель вселенной больцмановского типа, но *слишком* заполненной гигантскими флуктуациями (Я.П. Терлецкий [19]), к сожалению, пока остается недоисследованной в этом плане. В то же время термодинамическая финитность осциллирующей фридмановской модели (опустим здесь проблему более строгого *математического* обоснования ее), и именно по причине накопления энтропии от цикла к циклу, была убедительно продемонстрирована Я.Б. Зельдовичем и И.Д. Новиковым [16, с. 699].

Исходная инфляционная модель Вселенной А.Д. Линде аналогична, пожалуй, единичной гигантской флуктуации во Вселенной Больцмана (хотя вследствие учета существенно квантового характера системы Линде его модель куда более вероятна). Поэтому даже она находится за рамками требований и запретов со стороны 2-го Начала, которые обходятся здесь соображениями „антропного” характера (А.Л. Зельманов [20], Г.М. Идлис [21]). Но в модели *хаотического* раздувания фигурирует уже *ансамбль* гигантских флуктуаций физического вакуума. Здесь мыслим и даже, пожалуй, обязателен и статистико-термодинамический подход к системе. Является ли она в термодинамическом отношении аналогом множества (ансамбля) осциллирующих „термодинамически смертных” [16] фридмановских вселенных, или же она ближе к флуктуационной модели Вселенной больцмановского типа в варианте Герлецкого [19] — подлежит выяснению. И, разумеется, мы не должны забывать о варианте, в котором 2 Начало в системах определенной динамической структуры вообще не является универсальным физическим законом. Здесь вопрос о тепловой смерти соответствующих моделей Вселенной вовсе не возникает, при *любом* их масштабе.

2. Фрактальная Вселенная

*...Что, не поймешь Природу ты? Лик Космоса --
чужд и ужасен? Узри фрактальные черты, и ты уви-
дишь — Мир прекрасен! Необъясним Природы ритм?
Мрак черных дыр, тьма белых пятен? Познай фрак-
тальный алгоритм — и Мир окажется понятен!*

(Из нового астрофольклора)

Открытие фрактальности мира. В последние полтора десятка лет мы с удивлением узнали, что живем в Мире, где нас со всех сторон окружают объекты и системы *дробной* размерности. Это крайне непривычно. И в жизни, и в науке мы до сих пор встречали, как нам казалось, лишь объекты очень небольшого набора целочисленной, притом невысокой размерности: точки (размерность 0), линии (1), поверхности (2), тела (3) ... Минимальное количественное расширение этого набора в физике произошло хотя и давно, но все же в этом веке, когда Р. Минковский в 1908 г. предложил четырехмерную трактовку теории относительности. Позже, в 20-х гг. появились модели с пятью измерениями (Т. Калуца, Ю.Б. Румер и др.). В развитие этой линии уже относительно недавно в теории возникли 10- и 11-мерные физические пространства, а затем дело дошло и до 506 измерений!... Впрочем, в подчеркиваемом формально математическом смысле, физики уже во времена Больцмана и Гиббса оперировали с фазовыми пространствами размерности $\approx 10^{23}$ (число Авогадро). Математики же, люди перед Природой менее ответственные, чем физики или астрономы, гораздо раньше физиков уютно устроились в многомерных пространствах, а с легкой руки Д. Гильберта — и в „бесконечномерных“.

Однако в смысле целочисленности и дискретности сколь угодно большое N тождественно 1 или даже 0. ... И вот мы в очередной раз узнаем, что „говорим прозой“, — на этот раз, что живем во Вселенной, на каждом шагу, на всех уровнях масштабов и чуть ли не во всех самых интересных для науки случаях прямо-таки кишашей сьбъектами, структурами, системами дробной размерности!.. — Модель динамического хаоса (тоже, кстати, фрагмент новой грани НКМ) и турбулентность (в воде, атмосфере и Космосе); флуктуации температуры и плотности; солнечные пятна и скрытая масса галактик; фрагментация протогалактической среды и пыль у звезд типа R Северной Короны; переменные звезды и структура рентгеновского источника Геркулес X-1...

Короче, „природа очень любит фрактальные формы” [22 а]; „ученые с немалым удивлением и восторгом... уясняют для себя, что многие и многие формы, которые они до сих пор вынуждены были характеризовать как зернистые, гидроподобные, похожие на морские водоросли, странные, запутанные, ветвистые, ворсистые, морщинистые и т.п., отныне могут изучаться и описываться в строгих количественных терминах... фрактальные множества, считавшиеся до сих пор чем-то исключительным, ... в некотором смысле должны стать правилом...” (Б. Мандельброт, цит. по [22 б]).

Напомню, что дробная размерность (у линии, например) возникает в тех случаях, когда эта линия, в пределе, „почти сплошь” заполняет какую-то поверхность (на математическом языке, ее размерность Хаусдорфа-Безиковича при этом больше топологической). Кстати, размерность линии, превосходящая 1, при этом не обязательно будет дробной. Например, размерность плоской броуновской траектории равна 2.

Началось же осознание фрактальности мира, как почти все крупнейшие обобщения, — с частного вопроса, с мысленного опыта математика Б. Мандельброта: длина участка береговой линии между городами Портленд и Калис (штат Мэн, США) оказалась зависящей от того, как ее измерять... В чем дело?

Разумеется, можно было сказать, что это было заранее очевидно и тривиально; более того, на соответствующих математических моделях давно известно... Те, кто так рассуждал и на этом останавливался, в бесконечном множестве „аналогичных случаев” до Мандельброта, и не заметили, не открыли фрактальность Вселенной... Он же вышел за рамки старой НКМ, где не было места для фракталов, ибо „все прекрасно объяснялось” и без них, и о них даже мысли не возникало... Впрочем, у математиков, знакомых с хаусдорфовской размерностью еще с 1919 г., какие-то подозрения дробные размерности вызывали, хотя бы и у исключительно экзотических математических объектов, и „это давало некоторый повод говорить о пространствах дробной размерности” [23]. Увы, к этим разговорам долго не прислушивались. Но час пробил!

Итак, наша Вселенная „изменилась” — она стала фрактальной... А точнее, необратимо изменилась наша картина мира, — и астрономическая тоже. Совершенно несомненно, — какие бы с нею дальше ни происходили изменения, какие бы ни совершались научные революции — аспект фрактальности *навсегда* вошел в нее, в ее „твердое ядро” принципов-постулатов, и не будет устранен, изъят из НКМ ни при какой ревизии. „...Патологические структуры, которые были изобре-

тены математиками, желавшими оторваться от свойственного XIX веку натурализма, оказались основой множества хорошо знакомых, повсюду нас окружающих объектов”, — это сказал Ф. Дайсон [22 6].

Фрактальная Вселенная и концепция „раздувания” в космологии.
... И тем не менее все упоминавшиеся объекты, системы, структуры, сколь ни много их вокруг нас, от микромира до Метагалактики, — все это материальные объекты, находящиеся в *трехмерном* (пусть искривленном...) пространстве, и лишь сами имеющие фрактальную структуру, или же размерность. А мыслимо ли, и какой смысл могло бы иметь *пространство* дробной размерности? Или, в еще более общем случае, комплексной дробной размерности? Лично меня этот вопрос интересует где-то с начала 50-х гг.! Счень многозначительным представляется то, что в наше время, буквально в последние годы, появился (в теории) первый объект, в отношении которого можно думать, что он обладает именно *пространством* фрактальной структуры и, возможно, дробной размерности. История науки показывает, насколько принципиальным оказывался почти всегда такой первый шаг, открывая новую область явлений и т.п., хотя обычно по единственному, уникальному объекту не удавалось, естественно, установить ни меру типичности, ни степень особенности и нетривиальности нового объекта. Вспомним из истории астрономии открытие первого кольца у планеты, первого астероида, первого квазара и т.д.

Но вернемся к нашему, по самой своей сути уникальному и единственному известному (да и то пока гипотетическому) объекту с фрактальной размерностью пространства во Вселенной. Этот объект — *сама Вселенная* в модели хаотического раздувания Линде [11].

Фрактальную природу и структуру этот объект имеет, так сказать, „по построению” (в силу стохастического ветвления процесса раздувания). Первые попытки численного моделирования этого процесса проведены самим А.Д. Линде, насколько можно судить. Его результаты опубликованы пока лишь в виде доклада „Фрактальная Вселенная” в Гос. астрон. инст. им. Штернберга (ГАИШ) 19 июня 1991 г. Имеющиеся оценки пока не позволяют количественно указать размерность пространства стохастически раздувающейся Вселенной. Допустимо предположить, что размерность эта может оказаться и не обязательно дробной (подобно тому, как целочисленной, но более высокой, чем у обычной линии, оказывается размерность броуновской траектории, см. выше). Какова же она окажется в конце концов? Четыре? „Восемь с половиной”? Или $506 \cdot 10^{10}$..? Тем более остается открытым вопрос о смысле и, далее, о физической реализации во Вселенной комплексной (и в частном случае, чисто мнимой)

размерности пространства... И, пожалуй, совершенно не в наших силах представить себе, что могла бы значить дробная размерность (да еще комплексная...) космологического времени.

Фрактальная математика для фрактальной Вселенной. Справедливо подчеркивается, что в математическом плане фрактальный подход отождествляется пока что с фрактальной *геометрией*. Это было заложено еще в основополагающей книге Мандельброта, и ситуация не изменилась за полтора десятилетия бурного развития концепции фракталов. Геометрические изображения фракталов к тому же иногда весьма впечатляющи, а подчас и потрясающе красивы, бесконечно разнообразны и чрезвычайно эвристичны, если так можно выразиться. (См., например, [22 в]). Кстати, эта красота – один из эмпирически и эвристически надежных критериев фундаментальности фракталов как объектов природы, Космоса [24]. Именно компьютеры, способные наглядно реализовать фрактальные геометрические объекты, дают пока практически единственный путь в мир фракталов. „... Последние открытия во фрактальной геометрии стали возможными благодаря мощным современным компьютерам” [22 б]; „...Изучение свойств... фракталов почти полностью основано на компьютерных вычислениях” [22 г]. (Вспомним здесь, однако, и яркие провидения художника – Эшера, первым *увидевшего* фрактальный Мир!).

Однако, сколь ни впечатляющи успехи *компьютерной* математики, тем не менее обобщающая мощь *аналитического* подхода и в самой математике, и в физике, и в астрономии не должна недооцениваться и в данном аспекте. Бесконечный спектр качественных возможностей, заложенный в единой аналитической формуле, алгоритме, – законе, в конце концов! – очевидно, не вскрыет никакой компьютер. (В конечном счете, разумеется, наиболее перспективно сочетание этих двух математических подходов к исследованию природы).

Возникает вопрос: а не может ли быть создан соответствующий *аналитический* математический аппарат, который „обслуживал” бы фрактальный аспект исследования Вселенной средствами *не* геометрии, а „*матанализа*”?

Говоря откровенно, я задаю этот вопрос чисто риторически (и даже в расчете на весьма вероятную недостаточную информированность читателя...). Дело в том, что такой аппарат уже *существует*, но незаслуженно малоизвестен. Он, в основах, создан (точнее, завершен) свыше сотни лет тому назад, в лучших традициях математики, заблаговременно готовящей для физики, астрономии и т.д. математические понятия, методы, алгоритмы и целые исчисления: вспом-

ним аполлониеву теорию конических сечений, две тысячи лет ждущую Кеплера; тензорное исчисление и „воображаемую геометрию” Лобачевского – „для будущей ОТО” (общей теории относительности) и многое другое...

Речь идет об исчислении, обобщающем операции дифференцирования и интегрирования на дробные (включая комплексные) порядки производной (соответственно, кратности интеграла). Правда, решение проблемы такого обобщения потребовало почти два столетия. Поставлена она была еще самим Лейбницем (что говорит о естественности этой идеи). Над решением проблемы работали такие выдающиеся математики, как Эйлер, Лаплас, Фурье, Лиувиль, Риман... Однако решение ее, в главных чертах, было найдено лишь в конце 60-х гг. XIX в. (независимо и практически одновременно А.В. Летниковым в России и пражским математиком Грюнвальдом).

К сожалению, обобщение это осталось малоизвестным. Во всяком случае, от студентов его почему-то тщательно „хранили в секрете” в течение многих десятилетий! Ни словом не упоминается о столь логически неизбежном, на фоне предшествующей истории математики, обобщении, например, в наиболее фундаментальных курсах математического анализа – от Гурсы и Фихтенгольца до Смирнова и Ильина... Главная причина невостробованности, – отсутствие в природе, как были все основания полагать, объектов, систем, процессов, которые требовали бы для своего понимания и описания операции (исчисления!) „дифференцирования с произвольным указателем”...

Кстати, может быть, стоит отметить и еще один момент. С эпохи Лейбница и до наших дней для указанного обобщения аппарата анализа не было предложено ни удачной символики, ни яркого и компактного термина, названия. (Успех лейбницевоу трактовки анализа, как отмечают специалисты по истории математики, был в значительной степени предопределен, в частности, удачными, эвристичными обозначениями вводимых операций).

Полузабытость обсуждаемого обобщения дифференциального и интегрального исчисления подтверждается и той реакцией, какую встретил я (также оказавшись одним из запоздалых изобретателей этого велосипеда...), представив свою рукопись с указанным обобщением наибольшему для меня тогда (осень 1954 г.) авторитету в математике – „моему ректору” (МГУ) акад. И.Г. Петровскому. Просмотрев врученные ему мною две-три странички, он сказал, что „да, есть работы по этому направлению, немного, несколько десятков, но есть...”. Не сразу я сообразил, что за всю историю анализа – это капля в море, которую дилетанты вроде меня вполне могут не замечать,

с энтузиазмом берясь за работу... Иван Георгиевич попытался вспомнить, кем и как это обобщение было сделано — но не припомнил (это, пожалуй, крупнейший в мире специалист по дифференциальным уравнениям!). Для выяснения дела он переадресовал меня к крупному знатоку математики и ее истории проф. А.И. Маркушевичу (у которого я, кстати, слушал курс теории функций комплексного переменного в недавние тогда студенческие годы). Алексей Иванович также встретил меня весьма любезно, и тоже знал, что принесенное мною обобщение уже было сделано; припомнил, что к этой истории какое-то отношение имел Лиувилль и еще некий автор, имя которого мне потом так и не попало в истории вопроса... Попытался и А.И. припомнить, как все-таки было проведено это обобщение, попробовал писать формулы на обороте моей рукописи — но так и не вспомнил... Однако он-то и навел меня на статью (о Летникове, как оказалось) в „Историко-математических исследованиях” [25]. Оттуда я, наконец, и узнал — и о Летникове, и о его выдающихся предшественниках, „гигантах, на плечах которых он стоял” (известное выражение Ньютона), решая эту проблему. После чего я совершенно оставил эту тему, только случайно иногда натываясь на те или иные относящиеся к ней редкие работы. Но ощущение неправомерности, неоправданности фактического бойкота (?) ее в курсах математического анализа осталось. Остался и интерес: а какой все-таки *физический* смысл окажется у „пространств дробной размерности”?! В том, что их рано или поздно откроют, сомнений у меня не было. Но ничего похожего на открытие всеобщей распространенности *объектов* дробной размерности в нашем привычном трехмерном пространстве — фрактальности физической Вселенной — я и представить себе не мог.

Возвращаясь к вопросу о термине, о наименовании обсуждаемого обобщенного исчисления, подчеркну, что среди примерно полудюжины использовавшихся теми или иными авторами не было сколько-нибудь удачного. Например, самым компактным наименованием операции „обобщенного дифференцирования и интегрирования” была терминологическая химера „дифференциальное исчисление”... В наше время, после открытия фрактальности Вселенной, то есть дробной размерности множества объектов, систем, явлений и процессов в Природе, прямо-таки напрашивается и представляется просто неизбежным термин „*фрактальное исчисление*”. Он лаконичен, емок, логичен, историчен и физичен. Мне кажется разумным остановиться именно на нем для наименования обобщения дифференциального и интегрального исчисления на дробные (включая комплексные) порядки производной и кратности интеграла. В отли-

чис от уже традиционного термина „фрактал”, соответствующий *математический* оператор мог бы именоваться, скажем, „*фракталь*”. Для обозначения же „фрактали порядка α ,” (где α — произвольное комплексное), я рискнул бы предложить, например, символ вроде \mathcal{F} , состоящий стилизованные элементы и интеграла, и дифференциала.

Можно предвидеть, что после осознания фрактальности Вселенной и соответствующей вариации картины мира, с выходом „фрактального исчисления” из незаслуженного векового полужабвения — актуальным окажется и соответствующее обобщение дифференциальных и интегральных *уравнений*. Могут быть введены не только „фрактальные уравнения”, отличающиеся от дифференциальных и интегральных „лишь” дробностью порядка. Фрактальные уравнения могут включать и такие, где, скажем, неизвестной *искомой функцией* является сам переменный „порядок” фрактального уравнения, и т.д. Чего не приходится опасаться, так это того, что „фрактальный анализ” и „фрактальные уравнения” останутся невосстребованными. Не думаю, чтобы в наше время кто-нибудь повторил ошибку знаменитого Дж. Джинса, утверждавшего, что есть творения математиков, которые никогда не пригодятся за пределами математики. В качестве очевидного примера он приводил теорию групп, — на которую ныне завязана, как утверждают специалисты, добрая половина физики... Напротив, история науки многократно подтверждала правоту замечательного математика Ш. Эрмита: „Я убежден, что самым абстрактным спекуляциям Анализа соответствуют реальные соотношения, существующие вне нас, которые когда-нибудь достигнут нашего сознания” (цит. по [26]).

Фрактальное исчисление и А.Д. Сахаров. В „сахаровском” выпуске журнала „Природа” (1990, N 8) [27] у нескольких авторов воспоминаний об Андрее Дмитриевиче Сахарове затрагивается известный, но явно недостаточно исследованный эпизод из начала творческой биографии будущего великого Человека, Гражданина и Ученого. Вот как об этом пишет, например, Е.Л. Фейнберг в очерке „Контуры биографии”. „...Здесь [на военном заводе в Ульяновске] началась его творческая работа [- выполнены] четыре работы по теоретической физике. Они не были опубликованы, но, как впоследствии он сам писал, они дали ему уверенность в своих силах... А.Д. переслал свои работы И.Е. Тамму ... и в январе 1945 г. был принят к нему в аспирантуру” [27, с. 6].

Из очерка А.М. Яглома „Товарищ школьных лет”: „...Д.И. Сахаров, отец Андрея, по приезде сына в Москву передал какую-то его

научную рукопись Тамму через математика А.М. Лопшица, давнего знакомого Игоря Евгеньевича” (с. 109).

А в письме группы друзей и коллег А.Д. Сахарова, сотрудников отдела теоретической физики им. И.Е. Тамма ФИАН СССР „Памяти Андрея Дмитриевича Сахарова” говорится: „... На оборонном заводе (1942 – начало 1945 г.) он, находясь в полном отрыве от физиков, выполнил четыре исследовательские работы небольшого масштаба (не опубликованы и пока не разысканы)” [28]. (Содержание одной из них, впрочем, известно [27, с.6], и оно, кстати, таково, что она никак не может быть названа „небольшой по масштабу”. По объему – возможно; но это же совсем другое дело!..).

Случилось так, что я имею некоторую информацию еще об одной из этих работ, непосредственно от И.Е. Тамма... Поздней осенью или в начале зимы 1959 г. по его приглашению я беседовал с ним у него дома. Заочное знакомство наше состоялось до этого в связи с моим письмом к И.Е. после публикации в „Правде” [29] до сих лет не забытой [30] статьи трех выдающихся академиков – Л. Арцимовича, П. Капицы и И. Тамма с развенчанием тогдашних околонуточных сенсаций – смелой, но очень сомнительной „теории времени” выдающегося астрофизика и оригинального мыслителя Н.А. Козырева, ревизовавшего ньютонову механику, и „чуда на заводе „Сантехника” в Бабыгородском переулке”, подрывавшего термодинамику... Меня (тогда аспиранта Астрономического отделения Физического факультета МГУ) смутила бессмысленность (!) аргументации трех академиков (и каких!..) в термодинамической части их статьи, и я в письме удивленно спросил об этом И.Е. Тамма... И.Е., однако, в ответном письме объяснил мне дело очень быстро и просто: редакция „Правды”, даже не известив трех китов академии, ...сократила статью, выбросив целую страницу из их рукописи!.. И.Е. любезно прислал мне сохранившийся у него экземпляр злополучной страницы. Вставив ее на ее место в тексте, я немедленно убедился, что смысл статьи, в рамках 2 Начала, естественно, полностью восстанавливается...

Но с И.Е. мы беседовали уже не об этом, а о некоторых моих изысканиях в области оснований термодинамики, – это „совсем другая история”, бегло залетая выше (1). В заключение беседы И.Е. спросил: „А что еще интересного вы сделали?” – Я сказал, что несколько лет назад, по невежеству своему потратив массу времени, повторил обобщение дифференциального и интегрального исчисления на дробные порядки производной и интеграла.

- А вы знаете академика Сахарова? – неожиданно спросил И.Е.

- Да, конечно, я знаю о нем, – ответил я.

- Так вот, — продолжал И.Е., — первая работа Сахарова, по которой я познакомился с ним [И.Е. сказал именно „работа”, а не „работы”], было именно такое обобщение! — закончил он.

На этом мы и распрощались... Много лет спустя, году в 1984-1985 в письме (сопровождаяшем некую мою рукопись) к А.Д. Сахарову в Горький, я попутно спрашивал его, какой именно путь, способ обобщения дифференциального и интегрального исчисления он предлагал — через интеграл по параметру (идея, восходящая, помнится, к Лиувиллю и развитая до логического завершения Летниковым), или же через бесконечный ряд (метод, предложенный еще до Летникова итальянским математиком Тарди, воспроизведенный вновь и мною, и впоследствии автором публикации в ДАН, рекомендованной С.Л. Соболевым). О.вета на свое письмо я не получил, чем был несколько огорчен (лишь в конце 80-х гг. я, как и многие, узнал, какими трудными для А.Д. были именно эти годы, и понял, что если даже мое письмо и дошло, А.Д. было тогда не до него...).

Так что пока остается неизвестным, какой именно путь молодой Андрей Сахаров нашел для построения того, что мы в эпоху фракталов вправе назвать фрактальным исчислением. Но то, что Сахаров не только *интересовался* этим вопросом (почти забытым тогда в математике и ставшим актуальным в физике лишь через 30 лет), но и *решил* его — судя по словам И.Е. Тамма, непреложный *факт*. Таким образом, мы можем констатировать, что по крайней мере одна из трех остающихся неизвестными его первых работ была посвящена не „теоретической физике”, а математике. (Возможно, поэтому работы и были переданы И.Е. Тамму через *математика* Лопшица). И содержала эта работа *независимое* (от оставшихся тогда А. Сахарову неизвестными предшествующих авторов) *решение фундаментальной математической проблемы*, которую сама математика решала полтора века, несмотря на последовательное участие в этом таких ее корифеев, как Лейбниц, Эйлер, Лаплас, Фурье, Лиувилль, Риман. В отличие от А.В. Летникова, юный Андрей Сахаров не „стоял на их плечах”, но также увидел кое-что дальше их...

„Фрактальная картина мира”, следовательно, — косвенно, через математику, — видимо, интуитивно предчувствовалась А.Д. Сахаровым еще полвека назад. Это, несомненно, добавляет характерный штрих к его образу как ученого.

3. „Предыстория Вселенной” и астрономическая картина мира

Все сущее в мире рождается из бытия. А бытие рождается из небытия.

Лао Цзы

Первые 10^{-43} секунды. В истории развития НКМ всегда очень существенным было представление о „возрасте Вселенной”. Не раз происходила смена этого элемента астрономической картины мира (АКМ), даже в крайней форме переходов от представления о *конечности* времени существования Вселенной к *бесконечности* и обратно. В наши дни, после десятилетий господства стандартной релятивистской космологической модели, утверждавшей, в основном варианте, именно *конечность* возраста Вселенной, — происходит возврат (наиболее радикально — в рамках модели „хаотического раздувания” А.Д. Линде) к классическому представлению о бесконечности предшествующей (и будущей) истории Вселенной [11]. Впрочем, для исходной инфляционной модели сохраняет смысл начальная сингулярность (если не математическая, точечная, то физическая, „планковская”).

Итак, космологическая сингулярность — один из ключевых фрагментов астрономической и общей научной картины мира (№ 1 в перечне дюжины проблем „стандартного сценария” горячей Вселенной, перечисляемых А.Д. Линде в [11, с. 25]). Именно наличие этого элемента и в стандартной релятивистской космологической модели, и в исходной инфляционной позволяло придать определенный и достаточно ясный физический смысл такому логически связанному с ним элементу картины мира, как „абсолютный” возраст Вселенной, как момент появления ее „из ничего” [см. например 31].

В течение целой научно-исторической эпохи — десятилетий господства в космологии „стандартной релятивистской модели Вселенной”, независимо от предпочитаемого варианта ее (закрываая или куда менее популярные открытые модели), „начало Вселенной” связывали с „моментом космологической сингулярности”. (Это последнее понятие, вначале казавшееся достаточно абстрактным, с воцарением и дальнейшим развитием „горячей модели” Вселенной (Г.А. Гамов, Я.Б. Зельдович и др.) стало казаться неизбежным в космологии).

Исходя из представления о наличии у нашей Вселенной исходного сингулярного состояния, космологи пришли к выводу о правомерности понятия „возраст Вселенной”; о том, что возраст этот дол-

жен отсчитываться от „момента сингулярности“; что момент этот на оси времени предшествовал на ничтожный „планковский“ интервал 10^{-43} с тому моменту, когда Вселенная вышла из физически сингулярного планковского состояния и в ней начали господствовать уже известные нам фундаментальные законы природы, и среди них законы ОТО и квантовой механики, сменив неизвестный нам единый закон квантовой гравитации, управлявший Вселенной ранее, в эпоху „от 0 до 10^{-43} с“. Даже в новейшем сценарии хаотического раздувания планковский момент 10^{-43} с отсчитывается обычно „от момента большого взрыва $t = 0$ “ [11, с. 46].

Естественно, в теории возникал вопрос: а „было ли что-нибудь до момента $t = 0$, и если нет, то как и откуда возникла Вселенная?“ [11, с. 25]. А.Д. Линде квалифицировал его вообще как „один из наиболее мучительных вопросов, стоящих перед космологами...“ (там же). Попыткой разрубить гордиев узел этого вопроса и была отважная идея о возникновении Вселенной „из ничего“ в квантовой флуктуации (Фомин, Трайон, Зельдович и др. [31]). Помимо натур-философского аспекта проблемы „возникновения из ничего“, могла смущать и фантастическая краткость эпохи (!) от „момента сингулярности“ до вступления на трон королей современной физики – ОТО и квантовой механики. Особенно усилился этот мотив, когда была выдвинута концепция „раздувания“ (инфляции), согласно которой за невообразимо короткий интервал времени 10^{-35} с [11, с. 50] Вселенная успела размахать от планковских размеров (10^{-33} см) до 10^{10} см.

Вот один из вопросов, ответ на который важен для „дорисовки“ (или ревизии) АКМ в ее космологической области. Ныне „все согласны“ с тем, что наша фундаментальная физика имеет определенные границы. Во всяком случае, пока материя находится на сингулярной стадии раздувания, в „планковской фазе“, средств для описания ее эволюции у нашей физики нет. Для этого нужна единая квантово-гравитационная теория, так сказать, теория структуры, свойств и эволюции (!) физического вакуума. Вопрос о ее создании был поставлен по существу еще в 30-х гг. М.П. Бронштейном, вскоре погибшим в сталинских застенках; в нашу эпоху продолжается штурм этой проблемы, но успех впереди...

О мере неопределенности длительности „квантовой эры“ в современных космологических моделях Вселенной. Но в таком случае, спрашивается, откуда мы знаем, что на временной шкале сингулярность „начала Вселенной“ находится в точке 10^{-43} с в прошлое от того момента, когда суверенизируются ОТО и квантовая механика? Откуда вообще берется это пресловутое 10^{-43} с? Ответ прост: мы находим

(вычисляем) этот момент (находящийся в планковской эпохе эволюции Вселенной, когда ОТО *неприложима*), *предположив* неявно, что она там *приложима!*.. Излишне доказывать, что этот „метод” локализации сингулярности трогательно наивен, хотя и не столь уж редко встречается в науке... Естественно, получаемая таким хитрым способом количественная оценка длительности „планковской эпохи” эволюции Вселенной, знаменитое 10^{-43} с, не имеет ни малейшего смысла (что, разумеется, никак не дискредитирует эту величину как планковский „квант времени”, получаемый из теории размерности).

Следовательно, и в количественном плане, в предположении, что понятие „длительность планковской фазы” вообще имеет смысл (а если нет, то наш вывод только усилится), найденная и широко используемая ныне в космологии величина 10^{-43} с может быть здесь в *любой* мере ошибочна, — на 10%, в 10^{100} ! или в бесконечное „число раз”. („В среднем”, по математическому ожиданию, формально следовало бы ждать именно *бесконечной* ошибки, поскольку „среднее из 0 и ∞ ” есть ∞). Например, если наша логически несостоятельная оценка 10^{-43} с по счастью занижена всего (!) в 10^{100} раз (что еще „ $\ll \infty$!..”), то „по исправлению” мы получили бы для длительности „планковской предыстории” Вселенной вместо 10^{-43} с величину... 10^{40} „возрастов Метагалактики”.

Таким образом, исходя из общепринятого ныне представления об ограниченности (конкретно, неприложимости внутри планковской фазы развития Вселенной) фундаментальных законов современной физики и учитывая элементарные законы логики, мы вправе лишь заключить, что *длительность планковской фазы предыстории Вселенной нам неизвестна*; и если понятие длительности вообще окажется применимым в планковской фазе, то длительность эта может быть любой, а скорее всего, *бесконечно большой*. Естественно, такое уточнение наших представлений об эволюции Вселенной потребовало бы решительного изменения и соответствующей области космологической, астрономической и, далее, общей современной научной картины мира (НКМ).

Подчеркну, что этот вывод относится и к стандартной фридмановской модели Вселенной, и к ее первоначальному инфляционному обобщению. (В новейшем сценарии хаотического раздувания и „самовосстанавливающейся Вселенной” данное заключение уже почти тривиально [11, с. 58]).

Заметим попутно, что до того, как мы сможем корректно определить понятие „длительность планковской фазы эволюции Вселенной” (если и эта фаза окажется в каком-то смысле конечной), един-

ственно законно, с логической точки зрения, исчислять даты любых событий в истории Вселенной (после ее выхода из планковской фазы) от момента такого выхода, а не от фиктивного „момента точной математической сингулярности”. Конкретных имеющихся оценок моментов любых характерных событий во Вселенной (кроме, разумеется, самого момента выхода из планковской фазы) это перенормировка нуля не меняет, поскольку, скажем, очевидно, что $10^{-37} \text{ с} - 10^{-43} \text{ с} \approx 10^{-37} \text{ с}$ или $10^{16} \text{ лет} - 10^{-43} \text{ с} \approx 10^{16} \text{ лет}$ и т.д.

Итак, еще в рамках, по существу, „стандартной” релятивистской космологической модели расширяющейся Вселенной (и, конечно, в развивающей ее модели „раздувания Вселенной из сингулярности”), но с учетом „зафизичности” планковских состояний Вселенной, — представление о конечности „возраста Вселенной” является *неправомерным*. Пусть запоздало, но должен быть осознан и признан такой важный момент *стандартной релятивистской модели* Вселенной (и, соответственно, научной картины мира), как неопределенно большая (формально *бесконечная*), с учетом неизвестных свойств планковской фазы, длительность предшествующего нам существования Вселенной. Тем более это относится к инфляционной космологии.

В новом, активно обсуждаемом сейчас варианте (этапе) развития космологической теории — концепции „хаотического раздувания” Вселенной по А.Д. Линде — необходимость реставрации классических представлений о временной бесконечности Вселенной в прошлом и будущем оказывается, как отмечено выше, уже с самого начала совершенно очевидной. Это наиболее определенно подчеркнул сам А.Д. Линде (доклад в ГАИШ 19 июня 1991 г.): „Теория сингулярности в нуле неприложима. Не было единого начала мира. Не может быть и единого конца”. (См. также [11, с. 58]).

Так что современная (даже современная!) теоретическая физика и космология обнаруживают, что ставшее за последние десятилетия более или менее привычным представление релятивистской космологии о конечности Вселенной во времени (как, впрочем, и в пространстве) проникло в нашу астрономическую картину мира (АКМ) логически, рассуждая апостериорно, *сомнительным* путем... Современная АКМ и общая научная картина мира (НКМ) все более уверенно рисуют „*снова бесконечную*” в пространстве и времени Большую Вселенную.

4. Черные дыры и современная научная картина мира

...А вдали наблюдается мир полосатых и пестреньких дыр. С бесконечным (по модулю) z, произвольно меняющих цвет...

(Из старого астрофольклора)

Стандартная картина черной дыры

"Всех впускать, никого не выпускать".

(Правило полицейской засады)

В последние два-три десятилетия в астрономическую картину мира (АКМ) вторглись и заняли в ней одно из самых заметных мест всем известные ныне „черные дыры”. Значительная доля работ по современной астрофизике прямо посвящена им или упоминает (использует) их как нечто уже самоочевидное и само собой разумеющееся. Черная Дыра (ЧД) как яркий (прошу прощения за каламбур) образ из астрономии и физики распространился, уже в качестве аналогии, метафоры или аллегии, в сферу гуманитарных наук, культуры и особенно в экономику. К тому же „...из всех творений человеческого разума: от мифологических единорогов и драконов до водородной бомбы, пожалуй, наиболее фантастическое — это черные дыры. Однако из физических законов с неизбежностью следует существование черных дыр” [32]. — Так характеризует черную дыру один из крупнейших в мире специалистов по теории гравитации проф. Кип Торн (США).

Мы знаем, что черная дыра (ЧД) как теоретический объект астрономии много старше своего имени. Впервые ЧД появилась в работе английского астронома Дж. Мичелла (1724-1793) еще в 80-х гг. XVIII в., а в 1796 г. ЧД открыл П.С. Лаплас. Говорят, их провидел и знаменитый физик, великий дилетант Г. Кавендиш. Естественно, открытия эти были совершены в рамках ньютоновой теории тяготения и ньютоновой же теории света как потока „световых частиц”. Любопытно, что формула для размера (“гравитационного радиуса” r_g) черной дыры, полученная в этом приближении, тем не менее *точно* совпала с полученной через полтора столетия с позиций ОТО — теории тяготения XX в.: $r_g = 2GM/c^2$ (где G — гравитационная постоянная, M — масса тела, c — скорость света).

Согласно ОТО, вещество, изначально оказывающееся внутри образующейся ЧД, испытывает необратимое падение, коллапс в ее центральную *точечную* сингулярность, в которой плотность формально становится бесконечной. Показано было, что в рамках ОТО коллапс в центральную сингулярность, независимо от формы и начального распределения плотности в теле, неизбежен [33].

Еще одно фундаментальное свойство ЧД – то, что, как считают, для внешнего наблюдателя падающее на нее вещество (и даже излучение) при приближении к гравитационному радиусу r_g (поверхности Шварцшильда) как бы неограниченно замедляется, и „достигает” r_g лишь асимптотически за период времени $t \Rightarrow \infty$ – то есть, говоря прямо, никогда не достигает... Тем более невозможно, с точки зрения внешнего наблюдателя, для падающего извне тела достигнуть *центральной сингулярности* внутри ЧД. Это, так сказать, происходит еще позже, чем никогда...

В таком виде ЧД и „употребляется”, как правило, в релятивистской астрофизике. Такой она стала известной и вообще астрономам. Такой она рисуется и в общей научной картине мира, – такой она *канонизирована* в НКМ.

Открытие С. Хокинга: черная дыра как физическое „абсолютно черное тело”. Уже давно было известно, что решений уравнений Эйнштейна, относящихся к нашей теме, существует два: одно описывает необратимый *коллапс* материи и образование ЧД, другое отличается от первого главным образом противоположным направлением движения материи (*антиколлапс* вместо коллапса, „белая дыра”, БД, вместо черной). В рамках ОТО эти два решения – разные и независимые, и одно *не может* „сшиваться” с другим, переходить в него – так же, как два корня уравнения $x^2=4$, то есть +2 и -2 не могут „сшиваться” и переходить один в другой... Наблюдательное различие двух решений, для ЧД и для БД, однако, в том, что центральная сингулярность в ЧД считается принципиально *ненаблюдаемой*, в то время как аналогичная сингулярность в БД принципиально вполне наблюдаема. Правда, БД недолго привлекали внимание теоретиков. Оказалось, что образовавшиеся на заре существования Вселенной БД стали бы к нашей эпохе вполне ненаблюдаемыми; новые же БД образоваться не могут как раз из-за невозможности, *в рамках ОТО*, превращения коллапсара в антиколлапсар, то есть ЧД в БД. Появление БД допускается лишь как непредсказуемое проявление „у нас” образования ЧД „в ином мире”.

Еще одно обстоятельство, связанное с черными дырами. Ряд теоретиков подчеркивали, что в планковской окрестности *точечной*

сингулярности в ЧД, совершенно аналогично такой окрестности космологической сингулярности, фундаментальные законы нашей физики также *не работают*. Но сингулярность в ЧД (и, стало быть, действующая в ней „не наша” физика) считается принципиально *не наблюдаемой*... Насколько основательно это представление?

В развитии картины ЧД в середине 70-х гг. произошел поворот, какого никто не ждал. А именно, С.Хокинг открыл, что, собственно говоря, „черные дыры не так уж черны” [35], и должны *излучать* как нормальное физическое черное тело („абсолютно черное тело” с температурой $T \sim M^{-1}$; „до-хокинговская ЧД” – это абсолютно черное тело с $T = 0$). Если масса ЧД, медленно, но с ускорением уменьшающаяся за счет этого „испарения”, достигнет 10^{15} г, последний миллион тонн массы излучается в темпе гигантского ядерного взрыва.

Результаты Хокинга, после обычного для нетривиального открытия, но на этот раз, к счастью, краткого периода неверия в них (начиная с самого Хокинга), были признаны, подтвердились как теоретически корректные, и приобрели важнейшее значение. Они позволили существенно уточнить тот довольно обширный участок астрономической картины мира, который занят красочными изображениями разнообразнейших черных дыр – от „микродыр” до „галактических”, с массой до $10^{10} \odot$ (\odot – масса Солнца).

Как ни странно, открытие Хокинга (строго говоря, доказавшее, что черных дыр, *как их до того представляли*, просто *не существует*) – парадоксальным образом способствовало резкому *повышению* „уровня веры” в них!.. Причина в том, что это открытие устранило у черных дыр оттенок чрезмерной фантастичности. Открытие Хокинга превратило ЧД из запредельного, полумистического объекта в более привычный для астрономии элемент астрономической картины мира. После этого ЧД еще больше утвердились в качестве одного из самых заметных (хотя еще и не открытых!) объектов исследования в астрономии. Все шире стало распространяться убеждение, что ЧД вот-вот будут, наконец, открыты как компактные релятивистские объекты с массой $\approx 3 \odot$ („предел Чандрасекара” для нейтронной звезды, – при большей массе она „спадает” в ЧД).

В конечном счете причина такой реакции на открытие Хокинга и в том, что оно никак не отразилось на наших представлениях о возможных *наблюдаемых* свойствах ЧД: ведь ЧД малой начальной массы должны были давно испариться и, значит, наблюдательно не фиксируемы; объекты же звездной и большей массы, согласно формуле Хокинга, излучают столь ничтожную энергию, что ни о какой на-

блюдавательной фиксации *этого* излучения таких ЧД, на фоне неизмеримо более мощных сопутствующих процессов, не может быть и речи.

В то же время все основные „до-хокинговские” свойства у „новых”, „не таких уж черных” дыр (но и по Хокингу неотличимых от неизлучающих) — полностью сохраняются: коллапсирование материи на объект; характерный гравитационный радиус; формирование аккреционных дисков, в которых гравитационная энергия превращается в другие формы, — в тепловую, в излучение и т.п. „Хокинговская” ЧД, как правило, остается и более чем достаточно „черной” (эффективная $T \approx 0$), и вполне невылазной в ближайшую сотню миллиардов лет „ямой” (дырой). Так что сохранение термина „черная дыра” оправдано и „после Хокинга” куда более, чем термина „атом” (неделимый) в нашем XX веке.

Но в открытии Хокинга есть еще один важный аспект, который пока не привлекал должного внимания. Хокинг ведь показал, что ЧД, по меньшей мере в конце своего существования, при взрывном излучении и разбросе остатка массы (макроскопически, кг-гати, не очень малого) как бы *обнажает* свою внутреннюю *сингулярность*. Этим, видимо, подрывается знаменитый постулат Пенроуза и др. о „космической цензуре” — ненаблюдаемости „голой сингулярности”. Но нам тут важно другое: хокинговского конца эволюции ЧД не могло бы быть, если бы не происходило *перехода* ЧД в ее эволюции от коллапсирования к фазе *антиколлапса*. Это означает, что хотя мы, принимая ОТО, и считаем коллапсарное и антиколлапсарное решения несшиваемыми, эйнштейновский „Господь Бог” *делает* это в черных дырах...

Достаточно очевидно, за счет чего он исхитряется достигать того, чего „сам Эйнштейн” (его ОТО в руках его научных наследников) делать не умеет: Хокинг начал (только начал!) учитывать *квантовые* свойства черных дыр. Очевидно, результат Хокинга — это первая ласточка из еще неведомой нам страны квантовой гравитации. Еще не зная ни расположения, ни географии, ни законов этой страны, мы (в лице нашего полномочного представителя С. Хокинга) из самого факта существования ее получаем фундаментальную информацию о свойствах соседнего с нею, то есть подверженного ее влиянию *нашего* мира, — что влечет неизбежное существенное изменение нашей научной картины мира (НКМ).

Проблема физических свойств черной дыры: открытие В.Ф. Шварцмана

*Все согласны с тем, что это идея сумасшедшая.
Вопрос в том, достаточно ли она сумасшедшая, чтобы
быть правильной.*

Н. Бор

По словам С. Вейнберга, в науке „главная трудность состоит в том, что люди не воспринимают всерьез уже полученные теорией результаты“. Попробуем же „воспринять всерьез“ теоретические результаты Хокинга. Присовокупим к ним еще один, в принципе хорошо известный теоретический (логический) результат, тоже извлекаемый из еще не созданной (!) квантовой теории гравитации. Речь идет о давно осознанном, но недостаточно оцененном обстоятельстве, что внутри планковской области, в небольшой, но *конечной* окрестности математической сингулярности не только в рождающейся Вселенной, но и внутри *каждой* ЧД наша фундаментальная физика „не работает“. Это означает, как неоднократно отмечали специалисты, что „внутри планковской области ... может быть что угодно“ (А.А. Старобинский); „...в начале Вселенной была другая физика, которой мы не знаем. То же самое внутри черных дыр“ (И.Д. Новиков) и т.д. По существу, это обстоятельство общепризнано. Делался и вывод, что благодаря ему *не исключено* и „сшивание“ в планковской сингулярности (в отличие от математической, точечной сингулярности ОТО, она вполне физична, не содержит бесконечностей и имеет конечный размер) коллапсарного и антиколлапсарного решений задачи о движении материи в гравитационном поле. Но, как представляется, не вполне обоснованно предполагалось, что обратный выброс (как бы „взрыв“ из ЧД) происходит в некие другие, например, бесконечно удаленные во времени пространственно-временные области (или, в лучшем случае, в какие-то неопределенные в пространстве области нашего мира). Это означало, практически, *ненаблюдаемость* для нас процесса антиколлапса „наших“ черных дыр.

Впрочем, дискуссия о том, где и когда происходят антиколлапсы наших (наблюдаемых нами) коллапсов, умерла, так и не начавшись, под влиянием одного весьма существенного для нее обстоятельства. Даже допустив, что антиколлапс происходит в то же пространство, где происходил и предшествовавший ему коллапс в данном объекте, теоретики не ощущали актуальности этой проблемати-

ки из-за одного простого обстоятельства: согласно господствующим представлениям, для внешнего наблюдателя падающая в ЧД масса, как отмечено выше, лишь асимптотически, при $t \rightarrow \infty$ достигает гравитационного радиуса r_g черной дыры, и уж тем более не может, даже в пределах всей временной бесконечности будущего, попасть в центральную сингулярность ЧД... Так что, какие бы неизвестные нам законы физики там ни действовали, хотя бы они, допустим, не только позволяли, но и предписывали немедленный обратный выброс (антиколлапс) материи из ЧД, проявиться для нас он мог бы лишь *после* истечения бесконечно большого времени... Говоря привычным языком теоретической физики, такого рода явление должно быть отнесено к принципиально ненаблюдаемым. А к таковым у теоретиков еще с конца 20-х гг. аллергия... Поэтому они могут, казалось бы, спать спокойно, какими бы экзотическими ни оказались в будущей теории квантово-гравитационные законы и поведение материи в планковской фазе, в центральной сингулярности ЧД. „Все хорошо, прекрасная маркиза...

...За исключением пустяка"! Не исключено, что все же, так сказать, в какой-то мере „кобыла околела“, со всеми предшествовавшими этому печальному событию обстоятельствами...

А обстоятельства в данном случае состоят в том, что еще в 1976 г. в совместной статье С.А. Каплана (1921-1978) и В.Ф. Шварцмана (1945-1987) [36] была опубликована (и доведена до числа) идея, которая должна была бы, послушай мы Вейнберга, радикально изменить всю ситуацию с черными дырами. (Из разговора со Шварцманом, незадолго до его неожиданного трагического ухода из жизни, я узнал, что идея эта пришла ему в голову еще в 60-х гг., но он не отнесся к результату достаточно серьезно, и лишь под влиянием С.А. Каплана включил этот результат в их совместную статью. Каплан же высоко оценил вывод).

Суть идеи до неприличия очевидна (апостериорно, как всегда в таких случаях!), и „доказательство теоремы было достаточно простым, чтобы вызвать недоверие“ [37]. „Еще одна истина взошла над нами, и, как обычно при встрече с истиной, мы оказались не на высоте“ [38]. Вероятно, крайний скепсис, проявляющийся у специалистов при встрече с нетривиальной новой истиной, связан с тем, что „...мы хотим узнать что-то новое, но не слишком новое. И лишь тогда, когда нам, беднягам, это не удастся, совершаются великие открытия“ (Р. Оппенгеймер).

Суть результата В. Шварцмана в том, что материи, коллапсирующей (аккрецируемой) на черную дыру, для достижения ее грави-

тационного радиуса r_g (поверхности Шварцшильда), вопреки долго господствовавшему мнению, достаточно *конечного* времени – вместо бесконечного! Итак, Викторий Шварцман уточняет существующие представления „в бесконечное число раз”! Принципиально, однако, важно не только это, но и то, что находимая им величина времени, требуемого для достижения падающим веществом r_g , не просто конечна (10^{20} лет – тоже конечный интервал времени, но *практически* он „равен бесконечному”), а и *наблюдательно невелика*, – см. ниже.

Решающий дело эффект, указанный Шварцманом, состоит в том, что, еще не проникнув в ЧД, собирающееся у ее поверхности Шварцшильда вещество (или даже излучение – достаточно хотя бы всегда и везде в нашей Вселенной присутствующего реликтового излучения) *увеличивает массу* ЧД. А вследствие этого, согласно приведенной выше формуле, *растет* гравитационный радиус черной дыры; поверхность Шварцшильда ее расширяется и, двигаясь с конечной скоростью *навстречу* асимптотически замедляющемуся аккрецируемому веществу, захватывает его, и оно таким образом оказывается *внутри* черной дыры. Подчеркнем – это зафиксировано именно „нужный” – внешний наблюдатель! То есть речь идет прямо о нас...

Релятивистские подсчеты В.Ф. Шварцмана показали, что эффект действительно радикален. Так, в „галактическую” (сверхмассивную) ЧД с массой $10^9 \odot$ вещество, падающее на нее с расстояния $2 r_g$, проникает за какие-то полторы недели! В ЧД звездной массы с соответствующего расстояния вещество падает за $\Delta t \sim 10^{-3}$ с! (“Рабочая” формула Шварцмана: $\Delta t \sim 10^2 r_g / c$).

Как отмечено выше, фундаментальный результат Шварцмана не привлек внимания теоретиков, не показался им заслуживающим доверия, хотя они, разумеется, знали о нем. Так, в разговоре со мной, когда я выразил восхищение блестящим выводом Шварцмана, один известный авторитет в области космологии и релятивистской астрофизики утверждал, что результат Каплана и Шварцмана (тогда мы еще не знали конкретного автора идеи) – ошибочен, и брался продемонстрировать это „за 20 минут” (которых, к сожалению, у нас тогда не оказалось...). Разговор этот был в начале 1986 г. Печатных откликов на результат не было – он как бы не существовал...

И тем не менее в том же 1986 г. в книге выдающихся специалистов И.Д. Новикова и В.П. Фролова „Физика черных дыр” [39] был опубликован фактически *эквивалентный* шварцмановскому результат, полученный, однако, из совсем иных, *более общих* соображений: из учета *квантового дрожания* „мембраны” (поверхности Шварцшильда) черной дыры. Результат Шварцмана нашел подтверждение (что, однако,

авторы не заметили!). Конкретно, например, для проникновения в ЧД звездной массы по формуле Новикова-Фролова мы имеем те же 10^{-3} с, что и у Шварцмана. Нетрудно убедиться, что *квантовая* формула Новикова-Фролова с точностью до численного коэффициента порядка единицы *эквивалентна* чисто *релятивистской* формуле Шварцмана практически *во всей* области физически реальных значений *масс* черных дыр и *аккреционных потоков* массы на них.

Но, допустим, неучет квантового аспекта явления делает вывод формулы Шварцманом некорректным. И в таком случае мы все же имеем по меньшей мере дело с повторением многозначительной старой истории первого открытия черных дыр в XVIII веке: там тоже чисто классическая, формально некорректно выведенная (если судить с позиций ОТО) формула Мичелла и Лапласа в точности *совпала* с полученной в ОТО более чем через столетие формулой для гравитационного радиуса черной дыры. История действительно повторяется!

Так что *результат* Шварцмана, независимо от тонкостей вывода, *подтвержден* Новиковым и Фроловым. Видимо, вывод Шварцмана настолько фундаментален, что сохраняет справедливость не только в классическом (релятивистском) подходе и „первом квантовом” приближении (хокинговском), но останется и в будущей квантово-гравитационной теории. Способов вывода его, помимо двух уже известных, начиная со шварцмановского, может быть очень много. (Основную теорему алгебры, над доказательством которой бились чуть не 200 лет, после того, как ее доказал, наконец, Гаусс, за год вывели, говорят, еще полудюжиной способов...). Видимо, формула Шварцмана может быть получена, скажем, и учетом локальной *приливной деформации* поверхности Шварцшильда гравитационным полем „прижимающегося” к ней атома или даже фотона, или же *броуновского дрожания* черной дыры как целого в космической среде. Еще две идеи вывода см. в [39, с.192].

...Правда, как бы результат Новикова и Фролова не повторил судьбу открытия Шварцмана: с публикации их „переоткрытия” идет уже десятый год, но его тоже „не замечают”... И тем не менее, в общем, абрис черных дыр в астрономической картине мира, с учетом открытия В.Ф. Шварцмана, независимо от темпа его признания, потенциально, несомненно, существенно *меняется*.

Черная Дыра как возможный „активный черный ящик”. ...Но это радикально меняет всю ситуацию с возможными наблюдательными проявлениями черных дыр! Действительно, если аккрецируемое черной дырой вещество наблюдательно быстро проникает внутрь нее, то еще на два порядка быстрее (r_g/c вместо $10^2 r_g/c$) оно затем достигает

в ней центральной *планковской сингулярности* (во всяком случае, с точки зрения сопутствующего наблюдателя). И если в планковской фазе неизвестные нам законы квантовой гравитации могут приводить к *обращению коллапса* (что, как отмечено, по меньшей мере не исключено), то ничем не исключен и антиколлапс коллапсировавшей в данную ЧД массы! Вспомним: „Не исключено” означает, что мы не можем на теперешнем уровне знаний ни опровергнуть, ни обосновать эти возможности”, — как сформулировал А. Д. Сахаров [40]. До настоящего времени мы „исключаем” эту возможность, фактически принимая, что законы ОТО (необратимый коллапс в сингулярность) продолжают *выполняться* там (в планковском состоянии материи), где они, как мы признаем, *не действуют!*..

Резюмируя, мы должны заключить: не исключена возможность того, что коллапсирующее на ЧД вещество и излучение *наблюдательно быстро* проникают внутрь ЧД и в ее центральную планковскую сингулярность, где — также *не исключено* — могут испытывать быстрый *антиколлапс* в масштабах и формах, которые нам пока не известны.

ЧД в этом смысле является „черным ящиком”, на входе которого — аккрецируемая масса (энергия, заряд...); внутри которого действуют не известные нам физические законы; на выходе — должно наблюдаться по меньшей мере хогинговское излучение, но *не исключены* и на много *порядков* превышающие его феномены антиколлапса, — выбросы всего того, что поступило на входе (с неизвестным перераспределением свойств, неизвестными временными сдвигами, неизвестным распределением выбросов по направлениям... В последнем отношении — можно только из самых общих соображений симметрии высказать предположение о возможной предпочтительности направлений в экваториальной плоскости, а особенно вдоль оси вращения ЧД). Возможные масштабы феноменов антиколлапса характеризуются тем, что в центральной планковской сингулярности ЧД заключено и таким образом не подчиняется нашей фундаментальной физике *практически все вещество* этого объекта (а масса — кроме полевой).

Черная дыра как квантово-гравитационный объект. Обращаясь к возможным наблюдательным проявлениям „бывших ЧД” (такая характеристика их стала законной уже после открытий Хокинга), следует констатировать, что у этих объектов *не исключены* разнообразнейшие феномены, связанные с *антиколлапсарным* выбросом материи (в том числе и „твоя любимая неквантованная праматерия”, — братья Стругацкие, „Забытый эксперимент”), а также эффекты взаимодействия „зафизичных” выбросов с окружающим веществом и полями. Не исключено опять-таки, что при этом могут быть найде-

ны более удовлетворительные объяснения и некоторым давно наблюдаемым, но до сих пор не очень понятным астрономическим феноменам, от звездного до квазарно-галактического масштаба. (Джеты? Сверхсветовые скорости?..). В духе известной „теоремы Героча” [41] можно утверждать, что наблюдаемое проявление *неизвестных* нам фундаментальных законов природы должно казаться нам *нарушением известных*. Именно в этой связи и вспоминаются, например, „сверхсветовые движения” в квазарах. (Правда, как почти всегда, почти все мы ухитряемся объяснять в рамках господствующей, общепринятой в данную эпоху фундаментальной физики и, вообще, научной картины мира...).

С другой стороны, обнаружение и корректная интерпретация указанных антиколлапсарных феноменов в тех объектах, где ныне допускается наличие ЧД, могло бы дать *наблюдательный* материал, возможно, критически необходимый для построения той самой *квантово-гравитационной теории*, которая пока упорно не дается физикам.

Подтверждение развитых представлений привело бы к обновлению существенной части астрономической и даже более универсальной физической картины мира.

В заключение этого раздела — небольшой вопрос терминологического характера. Очевидно, крайне неудобно и громоздко каждый раз, когда заходит речь о „бывших ЧД”, произносить что-то вроде „квантово-гравитационные коллапсарно-антиколлапсарные объекты”... Желателен какой-то, по-возможности лаконичный и емкий соответствующий термин. По аналогии с квазаром или пульсаром предлагался, например, термин „граквар” (кентавр из „гравитационного” и „квантового” плюс стандартный „хвост” [42]). Не скажу, чтобы этот термин казался очень удачным... Может быть, памятуя о том, что свойства этих объектов коренятся в планковской сингулярности, лучше покажется название вроде „планкар”?.. Видимо, этот вопрос целесообразно оставить на будущее обсуждение.

5. Научная картина мира и космогоническая дилемма

“...Саску знали о мире многое, чего не знали тану,
— о том, как возник мир и каково его будущее”

Г. Гэрисон. „Запад Эдема”.

Две концепции глобальной космогонии. Астрономическая картина мира (АКМ) всегда составляла существенную часть, значительный фрагмент общей НКМ. Наша эпоха в этом отношении не отличается от предшествующих. Не является особо оригинальной в историческом плане и представляющаяся нам невыносимо затянувшейся дискуссия в крупномасштабной (так сказать, сверхпланетной) космогонии. Правда, в новое время (с установлением господства ньютоновской КМ) и до середины XX в. бурные дискуссии шли главным образом в планетной космогонии. В основах же звездной, казалось, после старшего Гершеля „не было проблем”. Но с середины нашего столетия ситуация в звездной космогонии (а позже и в более крупномасштабной, до галактической и выше) принципиально изменилась. Спокойствие было нарушено появлением космогонической концепции В.А. Амбарцумяна. Ее называют неклассической или бюраканской, противопоставляя классической, или диффузной. Не буду излагать содержание этих двух достаточно хорошо известных концепций. Для нас здесь существенно лишь то, что общее *направление* эволюции космической материи в этих двух подходах оказывается взаимно *противоположным*: согласно диффузной концепции, в современную космогоническую эпоху общая тенденция эволюции — *концентрация* массы, от крайне разреженной газо-пылевой материи к гораздо более плотным обычным звездам (и сопутствующим им планетам); далее, в конечном счете, появление (совсем не обязательно путем эволюции одного и того же тела) на порядки более плотных белых карликов, затем нейтронных звезд и, наконец, черных дыр, ЧД. (ЧД звездной массы в среднем немногим плотнее нейтронной звезды, а при массе много большей средняя плотность ЧД может быть и много меньше плотности обычных звезд; однако ЧД поставлена в этом ряду все же „крайней”, поскольку в центре *каждой* ЧД, даже у не достигающей, в среднем, плотности воздуха сверхмассивной галактической ЧД, материя достигает по меньшей мере *планковской* плотности, а при формально-релятивистском понимании сингулярности — даже бесконечной).

В указанном ряду объектов, от разреженной газо-пылевой туманности до ЧД последняя, согласно господствующим представлениям, является *финальным* состоянием, наиболее безвыходным тупиком (с чем, — как, кстати, и с общей концепцией ЧД — согласны сторонники *обеих* концепций космогонии). Хокинговское испарение ЧД с $M > \odot$ требует времен $t \gg 10^{10}$ лет.

В бюраканской концепции, в противоположность диффузной, эволюция космической материи начинается со *сверхплотного* дозвездного (позже введено представление о догалактическом) тела (Д-тело) неизвестной природы, сохраняющегося, как предполагается, от ранних стадий Большого Взрыва. Противоположность представлений о направлении эволюции космической материи — наиболее контрастный компонент двух звезднокосмогонических концепций.

В истории науки подобные ситуации достаточно типичны. Вспомним более чем двухтысячелетнее противостояние концепции дискретности или континуальности материи; более чем двухвековой спор о волновой или корпускулярной природе света. На этих двух примерах история науки дает два принципиально различных типа разрешения проблемы-дилеммы: *победа* одной из конкурирующих моделей (атомизм) или *синтез* казавшихся взаимоисключающими вариантов (квантовая теория света). Похоже, обе партии в современной космогонии согласны друг с другом только и именно в том, что никакое примирение, и тем более синтез их немислимы и даже не могут обсуждаться. Каждая из сторон твердо верит в свою победу и на меньшее не согласна. Попытка синтеза в этих условиях дважды рискованна...

Единство противоположностей?

Я собираюсь искать грандиозное „может быть“

Ф. Рабле.

И тем не менее мне представляется возможным именно *синтез* „взаимоисключающих“ концепций современной космогонии. Базой такого синтеза могло бы стать как раз то развитие представлений о природе черных дыр, которое основано на описанном выше открытии В.Ф. Шварцмана [43].

Действительно, между „черными дырами“ (ЧД) и „Д-телами“, в свете результатов предшествующего раздела статьи, можно усмотреть не просто какие-то аналогии (например, „сверхплотность“ Д-

тел и части ЧД). Появляются основания даже для *отождествления* этих объектов (тем более — учитывая „определенную неопределенность” ряда их свойств, — как ЧД, так и Д-тел). Похоже, это две смутно видимых грани одного и того же объекта...

Главным „свойством” Д-тел, согласно В.А. Амбарцумяну, является то, что они находятся за рамками известных фундаментальных законов физики. В отношении же ЧД, вопреки распространенному мнению, что все их свойства с необходимостью следуют из теории тяготения Эйнштейна (ОТО), по существу, то же самое „основное свойство” следует из вышесказанного. Действительно, как отмечено выше, *все* вещество ЧД должно быть сосредоточено в ее центральной *сингулярности*, — и та материя, которая изначально, при образовании ЧД оказалась внутри ее сферы Шварцшильда; и, согласно открытию В.Ф. Шварцмана, та, что впоследствии падала на эту ЧД. Но общепризнано, что в центральной планковской сингулярности ЧД — „совсем *другая* физика”! То есть действительно, *все* вещество ЧД управляется *не* ОТО и другими законами нашей физики, а *не известными нам* физическими законами. Не исключено, как отмечалось выше, что эти неизвестные законы могут диктовать немедленный или отсроченный анти-коллапс, взрывной выброс массы и проч. — не хуже, чем это делает в бюраканской картине мира самое ортодоксальное Д-тело!..

Сходство вроде бы кончается на том, что у ЧД имеется релятивистская шварцшильдовская граница, у нее образуется энерговыделяющий аккреционный диск и т.п. В связи с Д-телами ни о чем подобном разговору не было... Но почему бы и нет? Если Д-тело обладает гравитационным полем (что всегда предполагалось), то становятся возможными и захват им вещества, и аккреционные диски, и сфера Шварцшильда на r_g , и т.п.!

Итак, есть серьезные основания для *отождествления* объектов, принимаемых нами за черные дыры, и Д-тел Амбарцумяна, получая таким образом объекты, которые в будущей гравитационно-квантовой теории „заменяют” ЧД и Д-тела. При таком отождествлении и *осуществляется синтез* бюраканской и диффузной концепций космогонии. Он сопровождается, „авансом”, квантово-гравитационной интерпретацией, с одной стороны, предельно сомнительной и вообще, пожалуй, „антинаучной” (с точки зрения большинства астрономов) идеи Д-тел, а с другой, — тех объектов, которые мы неправоммерно (после открытия Хокинга) продолжаем называть „черными дырами”.

В этом синтезе каждая из сторон что-то приобретает, но чего-то и лишается, — каких-то свойств, полагаемых ныне для соответствующего объекта важными. Так, бюраканские Д-тела лишаются своей

блестящей родословной (происхождения по прямой линии от начальной космологической сингулярности). Согласно предлагаемой синтетической концепции космогонии, они формируются (и прежде, и теперь), в конечном счете, *из разреженной диффузной материи!* В свою очередь, „финалисты эволюции” диффузной концепции, ЧД, лишаются мрачного ореола „гравитационной могилы”, приобретая способность к эффектным кунштюкам (взрывам, выбросам, антиколлапсам и т.п.), на-которые ныне „способны” лишь Д-тела.

...Дискуссия между сторонниками двух современных концепций космогонии, учитывая нынешние темпы развития науки, все же затянулась. Огромные успехи диффузной концепции, на фоне определенной стагнации и несколько конвульсивного развития бюраканской, позволяют сторонникам классической модели космогонии смотреть свысока на бюраканскую... Но и за последней числятся, хотя и немногие, но эффектные достижения: само изначальное пробуждение звездной космогонии открытием и доказательством космогонической реальности звездных ассоциаций, предсказание активности ядер галактик! Вместе с тем, бюраканская концепция, обязанная своим рождением и существованием глубокой интуиции В.А. Амбарцумяна, из-за отсутствия твердой теоретической базы (не считать же таковой постулативное отрицание подчиненности Д-тел фундаментальным законам нашей физики!..), неизбежно впадает в крайности и перегибы (особенно в поисках проявления Д-тел всюду, где только можно – и где нельзя... Например, в объяснении феномена звездных вспышек или „эруптивного” происхождения комет). Мне представляется, что в результате предлагаемого синтеза противостоящих космогонических концепций выиграли бы они обе. Да и выбирать не приходится! А ревизия и исправление эклектично и противоречиво, „в разных манерах” записанного важного (глобальная космогония!) куса астрономической и общей научной картины мира (НКМ) приведет, можно надеяться, к общему продвижению вперед этого важного и интересного участка научного фронта. Хотя „заранее тут ничего нельзя сказать, милый Винни. И это, конечно, как раз самое интересное”! (А. Милн. „Винни-Пух и все-все-все”).

Литература

1. *Гаррисон Г.* Запад Эдема. Екатеринбург, 1992.
2. *Еремеева А.И.* Астрономическая картина мира и научные революции // Вселенная, астрономия, философия. М., 1988. С. 169-180.
3. *Еремеева А.И., Цицин Ф.А.* История астрономии (основные этапы развития астрономической картины мира). М., 1989.

4. *Кривич М., Ольгин О.* Не может быть // Научная фантастика – 20. М., 1979.
5. *Казютинский В.В.* Космическая философия – постнеклассическая наука – освоение космоса // Космос и общество (история и современность). М., 1991. С. 82-119.
6. *Смолуховский М.* Брауновское молекулярное движение под действием внешних сил и его связь с обобщенным уравнением диффузии // А. Эйнштейн, М. Смолуховский. Брауновское движение. Л., 1936. С. 319-331.
7. *Цицин Ф.А.* Понятие вероятности и термодинамика Вселенной // Философские проблемы астрономии XX века. М., 1976. С. 456-478.
8. *Цицин Ф.А.* Термодинамика, Вселенная и флуктуации // Вселенная, астрономия, философия. М., 1988. С. 142-156.
9. *Guth A.H.* Inflationary universe: a possible solution to the horizon and flatness problems// Phys. Rev. 1981. D 23. P. 347-356.
10. *Linde A.D.* A new inflationary Universe scenario // Phys.Lett. 1982. В. 108. P. 389-393.
11. *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990.
12. *Плоткин И.Р.* Некоторые замечания о законе возрастания энтропии // Труды 6-го совещания по вопросам космогонии (5-7 июня 1957 г.). М., 1959. С. 228-240.
13. *Толмен Р.* Относительность, термодинамика и космология. М., 1974.
14. *Цицин Ф.А.* [К термодинамике иерархической Вселенной]// Труды 6-го совещания по вопросам космогонии (5-7 июня 1957 г.). М., 1959. С. 225-227.
15. *Станюкович К.П.* К вопросу о термодинамике Вселенной // Там же. С. 219-225.
16. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Странные и эволюция Вселенной. М., 1975.
17. *Цицин Ф.А.* Распространенность жизни и роль разума во Вселенной // Населенный Космос. М., 1972. С. 76-90.
18. *Литлавд Дж.* Математическая смесь. М., 1990. 144 с.
19. *Терлецкий Я.П.* Космологическая концепция Больцмана, ее значение и дальнейшее развитие // История и методология естественных наук. Вып. 2. М., 1963. С. 114-120.
20. *Зельманов А.Л.* К постановке космологической проблемы // Труды 2-го съезда ВАГО (25-31 января 1955 г.). М., 1960. С. 72-84.
21. *Идлис Г.М.* Структурная бесконечность Вселенной и Метагалактика как типичная обитаемая космическая система // Труды 6-го совещания по вопросам космогонии (5-7 июня 1957 г.). М., 1959. С. 270-271.
22. *Сандер Л.М.* Фрактальный рост // В мире науки. 1987, № 3. С. 62-69; б) *Юргенс Х., Пэйтген Х.-О., Заупе Д.* Язык фракталов // Там же. 1990, № 10. С. 36-44; в) *Львовни А.К.* Получение изображений с помощью компьютера // Там же. 1985, № 10. С. 80-87; г) *Компьютеры меняют лицо математики* // Там же. 1989, № 5. С. 101.
23. *Синай Я.Г., Халатников И.М.* Предисловие редакторов перевода // Фракталы в физике. М., 1988. С. 5-7.
24. *Линник Ю.В.* Эстетика Космоса. М., 1988.
25. *Шостак Р.Я.* Алексей Васильевич Летников (1837-1888) // Историко-математические исследования. Вып. 5. М., 1951. С. 167-238.
26. *Ожигова Е.П.* Шарль Эрмит. Л., 1982.
27. *Природа.* 1990, № 8.
28. *Памяти Андрея Дмитриевича Сахарова* // Успехи физических наук. 1990. Т. 160, вып. 6.

29. *Арцимович Л.А., Капица П.Л., Тамм И.Е.* О легкомысленной погоне за научными сенсациями // Правда. 1959. 22 нояб.
30. *Велихов Е., Прохоров А., Сагдеев Р.* „Чудо“ не состоялось // Правда. 1987. 22 июня.
31. *Зельдович Я.Б.* Рождение Вселенной из „ничего“ // Вселенная, астрономия, философия. М., 1988. С. 39-40.
32. *Торн К.С.* Путешествие среди черных дыр // Природа. 1988, N 8. С. 82-94.
33. *Пенроуз Р.* Структура пространства-времени. М., 1972.
34. *Новиков И.Д.* Задержка взрыва части фридмановского мира и сверхзвезды // Астрономический журнал. 1964. Т 41. С. 1075-1083.
35. *Хокинг С.* От большого взрыва до черных дыр. М., 1990.
36. *Каплан С.А., Шварцман В.Ф.* Конечные стадии эволюции звезд (неклассические звезды) // Происхождение и эволюция галактик и звезд. М., 1976. С. 319-370.
37. *Шлютер М., Шэм Л.* Теория функционала плотности // Физика за рубежом. М., 1983. С. 179-203.
38. *Лем С.* Навигатор Пиркс. М., 1971.
39. *Новиков И.Д., Фролов В.П.* Физика черных дыр. М., 1986.
40. *Сахаров А.Д.* Послесловие к статье Я.Б. Зельдовича // Природа. 1988. N 4. С. 26-27.
41. *Geroch R.* Topology in general relativity // J.Math.Phys. 1967.
42. *Цицин Ф.А.* Об условиях применимости модели „черной дыры“ в астрофизике // Активные ядра и звездная космогония. М., 1987. С. 133-137.
43. *Цицин Ф.А.* Об альтернативных концепциях космогонического процесса // Вселенная, астрономия, философия. М., 1988. С. 134-140.

Случайность в научной картине Вселенной

Научная мысль в процессе познания Вселенной всегда включала в себя идею случая. При этом исторически произошли весьма интересные изменения в самой постановке этой проблемы. В первоначальных представлениях о строении и эволюции мира, в первоначальных космогонических теориях идеи о случайности соотносились с исходными состояниями материи, которые затем „породили” наблюдаемые небесные тела и системы. При этих подходах понятие случайности сопрягалось с понятием хаоса, а еще древние рассматривали хаос как одну из первопотенций бытия. Космогоническая гипотеза Канта-Лапласа также исходила из того, что небесные тела возникли из некоторого разреженного и хаотического состояния вещества. В наши же дни представления о случае преимущественно соотносятся с данными о „конечном”, наблюдаемом состоянии мира. С позиций современных космологических концепций Вселенная полна неожиданностей и допустимо огромное разнообразие вселенных, а осуществившийся выбор во многом зависит от случайного сочетания значения параметров, ее характеризующих, и в частности, от реального сочетания значений фундаментальных физических постоянных. Мир, в котором мы живем, мог и не быть, его определили случайности.

Идея случая обычно связана с интригующими моментами в нашем познании Вселенной. Чтобы разобраться в реальном состоянии дел, нужно, прежде всего, иметь достаточно ясное представление о том, что же отражает собою эта идея. Последнее тем более интересно, что с развитием познания существенным образом изменились и обогатились наши представления о случайном. В своих исходных посылах случайность определяется как отсутствие закономерности и, — что взаимосвязано, — как непредсказуемость соответствующих явлений и процессов. Зародились представления о случае уже в древности, при самых первых попытках осознания человеком своего бытия. Они стали необходимыми при объяснении поведения человека, его судеб, или же, как сейчас нередко говорят, его жизненной траектории в многомерном мире. И сразу же выяснилось, что случай со-

поставлен с необходимостью. Поэтический язык древних воплотил соответствующие представления в образах богинь человеческих судеб: Ананке — неумолимая необходимость, Тихе — слепой случай. И в дальнейшей истории культуры представления о случае длительное время преимущественно связывались с раскрытием основ поведения человека. Наиболее концентрированным образом они высветивались при раскрытии представлений о свободе воли человека. Свобода воли прерывает те жесткие неумолимые связи и воздействия, в которые вплетен человек, и тем самым позволяет ему стать творцом нового и осознать свою силу и самостоятельность.

Научные основы в понимании случайности стали вырабатываться со времени вхождения теоретико-вероятностных методов в физику, со времени разработки статистических теорий в физике. Физика изучает наиболее глубокие уровни материального мира, а потому ее „слово” в познании случая имеет первостепенное значение: значимость случая в общих воззрениях пропорциональна тому, какую роль он играет в „основаниях” строения мира. Заметим только, что первоначально физика, да и наука в целом, отторгали случай. В рамках первых физических теорий не было места для случайности. Этот период в ее развитии характеризуется как классический. Базисные модели мироздания здесь строятся по образу и подобию классической механики. Все связи и отношения в материальном мире рассматривались наподобие механических, т.е. имеющих строго однозначный, жестко детерминированный характер. Если в научном познании приходили к моделям и решениям, включающим в себя неоднозначность и неопределенность, то соответствующее знание рассматривалось как неполное выражение знаний об исследуемом объекте, лишь как подход к истине или же как результат некорректной постановки задачи.

Что же говорят о случайности статистические теории? Наиболее типичными системами, составляющими предмет исследования в рамках статистических теорий, являются газы, газообразное состояние вещества. Через представления о случайности характеризуется структура этих систем, взаимоотношения элементов систем (молекул или ионов) друг к другу. Состояния элементов в таких системах максимально независимы и равноправны. Подобная структура наиболее емко выражается словом „хаос”. Наиболее хаотическим состоянием систем является состояние с максимальной энтропией, состояние термодинамического равновесия. Соответственно этому, согласно статистическим теориям, структура систем в состоянии термодинамического равновесия и характеризуется как истинное воплощение

действия случая. Центральным здесь является понятие независимости. Добавим, что понятие независимости является базовым для теории вероятностей, которая составляет математический аппарат статистических теорий. Как сказано в одном из учебных пособий – „понятие независимости играет в определенном смысле центральную роль в теории вероятностей: именно это понятие определило то своеобразие, которое выделяет теорию вероятностей в общей теории, занимающееся исследованием измеримых пространств с мерой” [1, с. 38].

Понятие независимости является тем существенно новым, чем обогатилось наше понимание случайности в ходе первых попыток науки овладеть идеей случая. Независимость, которая проявляется в статистических теориях, не абсолютна. Она проявляется в массовых явлениях и соотносится с определенными видами необходимостями, в качестве которых выступают представления о (вероятностных) распределениях. Основу статистических теорий и составляет анализ распределений, способов их задания, закономерностей их изменения в процессах взаимодействия соответствующих материальных систем.

В период господства классического естествознания представлениям о независимости практически не уделялось внимания, но эти представления о независимости все настойчивее и определеннее проявляют себя при переходе науки к строгим методам исследования сложных и сложно-организованных систем. Особо сильно они проявляют себя в ходе познания живых систем. Рассматривая проблемы биокibernетики в связи с фундаментальными работами И.И. Шмальгаузена в этой области, Р.Л. Берг и А.А. Ляпунов отмечали: „Независимость – это такое же фундаментальное явление природы, как и наличие взаимозависимости” [2, с. 10].

Встает вопрос – как возможна независимость в мире, где само происхождение и бытие каждого объекта и явления немислимы вне их взаимодействия и связей с материальным окружением? Как возможно обоснование независимости в мире, где все пронизано связями и взаимодействиями, например, гравитационными взаимодействиями, которые не знают границ? Это особый и сложнейший вопрос. Можно, по-видимому, сказать, что независимость характеризует такие состояния объектов и систем, когда открывается возможность преобладания внутренних сил и связей над внешними. Независимость отражает то, что соответствующие объект или явление обладают некоторой самостоятельной ценностью, имеют нечто свое, не сводимое по содержанию и в своем поведении не зависящее от существования других объектов и явлений.

Случайность и хаос, как ее олицетворение, характеризуют один из аспектов любого эволюционного процесса. В прежних учениях о развитии Вселенной представления о хаосе соотносились лишь с началом эволюционных процессов, либо с их „концом”, как это было в концепциях тепловой смерти Вселенной. Подобные утверждения фактически являются абсолютизацией представлений о хаосе. В наше время подобные подходы значительно модернизировались. Представления о хаосе приобрели черты относительности, рассматриваются именно как одно из начал эволюционных процессов и, соответственно, в сопряжении с представлениями о порядке. Если хаос олицетворяется моделью идеального газа в состоянии термодинамического равновесия, то представления о порядке символизируются моделью идеального твердого тела типа идеального кристалла и сопряжены с однозначностью развертывания событий во времени.

Абсолютизация представлений о хаосе означает, что в наших подходах к анализу эволюционных процессов делается упор на идею равновесности как базовой. Подобные представления о хаосе как некотором исходном и основном состоянии материи в литературе получили оценку как один из мифов прошлого, еще владеющем мышлением современного человека. Рассматривая эти вопросы, Ст. Бир пришел к выводу: „Порядок более естественен, чем хаос. Это, мне кажется, весьма неожиданное утверждение, ибо, когда я недавно опубликовал его, ряд читателей написали письма с указанием на „опечатку”. Однако это не опечатка. Более того, это утверждение играет для меня действительно важную роль, так как, приля к нему, я поражен с описательными постулатами Гесиода, давившими на мое сознание тяжким грузом почти трехтысячелетней давности. Это утверждение позволило мне совершенно по-новому взглянуть на систему” [3, с. 285]. Соответственно меняются и наши представления о хаосе в эволюционных процессах: „Если мы конструируем структуру реального мира как переход хаос — порядок — хаос, то таковой она и будет, и наши системы должны будут включать в себя огромные упреждающие устройства, способные создавать и поддерживать стабильно порядок. Но если структуру бытия мыслить как переход порядок хаос — порядок, то мы получим другое бытие, и наши системы станут в значительной мере самоорганизующимися” [3, с. 286-287].

Легко заметить, что в исследованиях, посвященных эволюционной проблематике, рассматриваются не только процессы образования порядка из хаоса, но и процессы перехода порядка в хаос. Более того, представления об идеальном хаосе и порядке являются прелюдиями, а реальные системы всегда представляют собою свробо-

разный синтез этих „полярностей”. Как утверждают А.В. Гапонов-Грехов и М.И. Рабинович: „...два понятия нелинейной физики — стохастичность и структура... в действительности не являются антиподами. Хаос и порядок могут, в частности, непрерывно трансформироваться друг в друга при изменении параметров системы. Не будет даже большим преувеличением сказать, что не бывает ни абсолютного порядка, ни абсолютного хаоса — это лишь предельные ситуации. Всякая же реальная система пребывает в некотором промежуточном состоянии, и оценивать следует близость этого состояния к одному из предельных, т.е. абсолютному порядку или полному беспорядку” [4, с. 273].

Согласно современным воззрениям представления о порядке выражают относительно устойчивую линию развития, а хаос характеризует периоды и процессы перестройки структур. В ходе своего развития системы как бы колеблются между этими полюсами. Порядок, структуры возникают не вместо хаоса, а через хаос. При этом подобная, конструктивная роль хаоса возможна лишь в ходе сильно неравновесных процессов. Такие подходы навязаны современными методами, и особенно, работами по неравновесной термодинамике, представленными прежде всего работами школы И. Пригожина. „Без неравновесности и связанных с ней необратимых процессов, — пишут И. Пригожин и И. Стенгерс, — Вселенная имела бы совершенно иную структуру. Материя нигде не встречалась бы в заметных количествах. Повсюду наблюдались бы лишь флуктуации, приводящие к локальным избыткам то материи, то антиматерии” [5, с.296]. И далее: „Источником порядка является неравновесность. Неравновесность есть то, что порождает „порядок из хаоса” [5, с. 357].

Итак, первые научные представления о случайности основывались на ее соотношении с представлениями о независимости и хаосе. Случайность стала выражать определенный тип связей и зависимостей, который противопоставлялся и дополнялся представлениями о необходимости и порядке. Такое понимание случайности разрабатывалось на базе физики. Оно же было характерным практически для всего развития астрономии и космологии, вплоть до современного этапа, когда космология стала „респектабельной наукой” (Я.Б. Зельдович [6, с. 11]).

Первоначальные применения в астрономии представлений о случайности в форме моделей хаоса относились не к самим законам, описывающим поведение и развитие небесных тел и систем. Они относились прежде всего к характеристике начальных состояний, начальных условий процессов во Вселенной. Последние не выводятся

ни из какого закона, а потому и рассматриваются как случайные. Когда речь идет о законах Вселенной, ее строения и эволюции, то здесь еще во многом используются модели жесткой детерминации. Под влиянием достижений классической механики и ньютоновой теории тяготения сложился взгляд на Вселенную как на полностью детерминированную систему. Предполагалось, и эта точка зрения связывалась с именем Лапласа, что познание законов Вселенной позволит нам вполне однозначным образом предсказать всю ее историю, ее прошлое и ее будущее. Более того, и современная теория гравитации — общая теория относительности также культивирует взгляд на Вселенную как на полностью детерминированный объект. Это дало основание П. Девису, автору книги „Случайная Вселенная” [7], сказать в последующей своей книге: „Вселенная — в большей мере продукт закономерности, нежели случая” [8, с. 15].

Тема „Случайность и начальные условия” отображает постановку и решение весьма многих классов задач, возникающих в ходе исследований процессов во Вселенной. Она характеризует, например, саму постановку проблемы возникновения „небольших первичных флуктуаций, давших затем начало галактикам и их системам” [9, с. 179-190].

Новые возможности в анализе роли случайности в познании Вселенной стали раскрываться лишь в сравнительно недавнее время, когда был поставлен вопрос о вхождении идей квантовой физики в теорию гравитации. К подобному синтезу общей теории относительности и квантовой теории наука подошла вполне естественным образом. Как сказал С. Хокинг: „Возможно, общую теорию относительности Эйнштейна следует считать одним из самых великих интеллектуальных достижений XX в. Однако она неполна, поскольку относится к классу так называемых классических теорий. Эти теории не учитывают законов квантовой механики — другого величайшего открытия нашего века” [10, с. 99].

Вхождение квантовой идеи в учение о тяготении меняет сам исходный взгляд на Вселенную. Квантовая теория принципиальным образом включает в себя идею случая и через нее в структурные модели Вселенной имманентным образом должна включаться случайность. „Принцип неопределенности означал конец мечтам Лапласа о научной теории, которая давала бы полностью детерминированную модель Вселенной” [11, с. 53].

Квантовая теория существенным образом обогатила наши представления о случайности. В классической физике случайность соотносилась со структурой и поведением массовых процессов, проявлялась непосредственно в системах, состоящих из огромного числа

частиц. Согласно квантовой механике отдельные элементарные процессы, процессы атомного масштаба являются принципиально вероятностными, т.е. описываются принципиально неоднозначным образом. Понимание подобного, случайностного характера поведения квантовых объектов ведет к тайнам их внутреннего строения: следует исходить из признания неисчерпаемости внутренних свойств и наличия интенсивной внутренней динамики микрообъектов, что и обуславливает случайностный характер их поведения на квантовом уровне. Случайность стала характеризовать структуру и поведение объектов и систем, обладающих сложной, по крайней мере – двухуровневой иерархической структурой.

Развитие новых представлений о случайности связано далее с интенсивным вхождением уже в наши дни идеи нелинейности в структуру методов исследования природных процессов, с разработкой физических основ явлений самоорганизации. Случайность стала соотноситься с представлениями о крайне неустойчивых и критических состояниях эволюционирующих систем. Неустойчивость стала выступать как своеобразная причина случайности, как основание перестройки материальных структур. Согласно развиваемым новым подходам процессы формообразования, становления новых форм происходят в те моменты времени, когда системы в ходе своих внутренних изменений и усложнений приобретают черты крайней неустойчивости, критичности, что с необходимостью и приводит к качественным преобразованиям. Эти переломные моменты характеризуются рядом существенных особенностей, и прежде всего здесь открываются весьма разнообразные пути и направления таких качественных преобразований объектов и систем. Соответственно, эти точки в историческом развитии систем и процессов называются точками ветвления, точками бифуркаций. В новом свете выглядят и „механизмы” выбора того или иного пути дальнейшей эволюции. В неустойчивых состояниях перестройка структур происходит „спонтанно”, на базе отбора тех и иных флуктуационных изменений. „Вблизи точек бифуркации, – пишут И. Пригожин и И. Стенгерс, – в системах наблюдаются значительные флуктуации. Такие системы как бы „колеблются” перед выбором одного из нескольких путей эволюции... Небольшая флуктуация может послужить началом эволюции в совершенно новом направлении, которое резко изменит все поведение макроскопической системы” [5, с. 56]. Другими словами, в точках бифуркации наблюдается своего рода „царство случайностей”. Следует добавить, что бифуркационная модель случайности уже рассматрива-

лась А. Пуанкаре, который отмечал, что случайность проявляет себя прежде всего в состояниях неустойчивого равновесия [12, с. 320 и след.].

С наличием особых точек, сингулярностей в развитии Вселенной, с их анализом связано интенсивное вхождение квантовых идей в учение о Вселенной, а вместе с ними — и вхождение в это учение идеи случая. „Классическая общая теория относительности, — пишет С. Хокинг, — предсказав точки, в которых плотность становится бесконечной, в каком-то смысле сама предрекла свое поражение в точности так же, как классическая (т.е. неквантовая) механика обрекла себя на провал заключением о том, что атомы должны коллапсировать, пока их плотность не станет бесконечной. У нас еще нет полной теории, в которой общая теория относительности была бы непротиворечиво объединена с квантовой механикой, но зато мы знаем кое-какие свойства будущей теории” [11, с. 59].

Среди таких сингулярностей особо интенсивно исследуются черные дыры и Большой взрыв. Исследования черных дыр, их физических свойств происходят на базе не только теории относительности, но и квантовой теории. В частности, именно привлечение квантовых идей привело к выводу о том, что черные дыры могут испускать излучение. Исследования Большого взрыва, ранней истории Вселенной также немыслимы вне привлечения квантовых идей. Наличие подобных сингулярностей открывает разнообразные возможности, громадный спектр возможностей в дальнейшей эволюции Вселенной, выбор из которых становится делом случая. Как пишет С. Хокинг: „В точке большого взрыва и в других сингулярностях нарушаются все законы, а потому за Богом сохраняется полная свобода в выборе того, что происходило в сингулярностях и каким было начало Вселенной” [11, с. 146].

Следует вообще добавить, что современная наука все большее значение придает анализу подобных особых точек в развитии разнообразных систем. Соответственно такой общей тенденции изменяется и сам предмет астрономии, где „до середины 40-х годов, — пишет, например, И.Л. Розенталь, — в основном изучались квазистационарные объекты, имеющие продолжительность жизни, равную времени существования Вселенной. После 50-х годов центр тяжести исследований сместился в сторону нестационарных или взрывных объектов с весьма разнообразными шкалами времен” [13, с. 37]. Классическая наука практически обходила вниманием подобные особые точки, рассматривая их фактически как своеобразные и неинтересные исключения из общих правил и интересов науки. Однако постепенно развивался и иной подход. Уже Дж. Максвелл, как отмечает М. Клайн, обращал внимание на принципиальное значение изучения

особых точек и неустойчивостей и их воздействия на судьбы детерминизма в физике [14, с. 268]. „Факторы неустойчивости, – пишет при рассмотрении этих вопросов М. Клайн, – пробивают брешь в эволюции детерминистического мира: в моменты потери устойчивости безотказно действовавшие ранее законы нарушаются и эффекты, пренебрежимо малые при других обстоятельствах, становятся доминирующими” [14, с. 268]. В наши дни интенсивно разрабатываются методы исследования подобных „узлов” в развитии систем. Помимо учения о диссипативных системах и синергетики здесь следует упомянуть и теорию катастроф, методы которой также активно применяются к анализу особых точек в развитии разнообразных систем, в том числе и к анализу распределения вещества во Вселенной (см., например: 15).

Вопросы неустойчивости стали рассматриваться в учении о Вселенной достаточно широко. В последнее время стала доказываться неустойчивость структуры Вселенной относительно численных значений фундаментальных постоянных: „небольшое изменение фундаментальных постоянных приводит к качественному изменению структуры Вселенной. Это изменение сводится к исчезновению одного или нескольких основных элементов Вселенной: ядер, атомов, звезд и галактик” [13, с. 77]. Соответственно этому „реализованный в нашей Метагалактике набор фундаментальных постоянных – весьма резкая флуктуация” [13, с. 111]. Отсюда и следует вывод, что мы живем в случайном мире, в мире, обязанном редчайшему сочетанию значений фундаментальных постоянных.

Дальнейшие модификации в наших общих представлениях о случайности возможны в связи с развитием учения о физическом вакууме и разработкой квантовой теории гравитации. Согласно современным взглядам вакуум „перенасыщен” короткоживущими виртуальными и спонтанно возникающими и исчезающими частицами, которые непрерывно воздействуют на „обычные” квантовые частицы. „Вакуум следует рассматривать, – пишет П. Девис, – как своего рода „фермент” квантовой активности, кишаший виртуальными частицами и насыщенный сложными взаимодействиями. Очень важно понять, что в рамках квантового описания вакуум играет определяющую роль. То, что мы называем частицами – всего лишь редкие возмущения, подобные „пузырькам” на поверхности целого моря активности” [8, с. 210]. Свойства вакуума дают ключ к пониманию космического отталкивания, к анализу физических сценариев Большого взрыва. На этих же путях стали разрабатываться идеи о первичной энергии Вселенной и пришли к экзотическим представлениям о том, что Вселенная возникла „из ничего”.

Поскольку вакуум имеет квантовую природу, то его анализ включает и идею случая, но поскольку учение о вакууме является дальнейшим развитием квантовых идей, то можно предположить, что здесь наука может сказать и новое слово о случае, его природе и основаниях вхождения в учение о мироздании. Весьма существенно, что в учении о вакууме представления о случайности соотносятся с самим фактом существования исходных, фундаментальных частиц, с проблемой рождения Вселенной, с проблемой „порождения материи”.

Случайность является одним из важнейших начал мира. Принципы строения и эволюции природы в своих (физических) основах имеют и жесткое, и пластичное начала, и оба они необходимы для целостного анализа реальных процессов и систем. Жесткое начало характеризуется однозначными, неизменными связями, непреодолимо наступающим действием. Случайность олицетворяет гибкое начало мира и сопряжена с такими понятиями как независимость, неопределенность, непредсказуемость, спонтанность и хаотичность. Астрономия интенсивно развивает эволюционный подход и понятие случайности служит тому, чтобы раскрыть основания становления нового, ибо новое всегда несет на себе черты неожиданности, которых не было в его предыстории. Невольно вспоминается пушкинское: „Случай — бог изобретатель”.

Литература

1. *Ширяев А.Н.* Вероятность. М., 1980.
2. *Берг Р.Л., Ляпунов А.А.* Предисловие // *Шмальгаузен И.И.* Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968.
3. *Бир Ст.* Мифология систем — под сводом сумерек // *Бир Ст.* Кибернетика и управление производством. М., 1965.
4. *Гапонов-Грехов А.В., Рабинович М.И.* Нелинейная физика. Стохастичность и структуры // Физика XX века. Развитие и перспективы. М., 1984. С. 219-280.
5. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986.
6. *Зельдович Я.Б.* Современная космология // Прошлое и будущее Вселенной. М., 1986. С. 11-35.
7. *Девис П.* Случайная Вселенная. М., 1985.
8. *Девис П.* Суперсила. М., 1989.
9. *Новиков И.Д.* Эволюция Вселенной. М., 1990.
10. *Хокинг С.* Край Вселенной // Прошлое и будущее Вселенной. М., 1986. С. 92-103.
11. *Хокинг С.* Ст большого взрыва до черных дыр. М., 1990.
12. *Пуанкаре А.* О науке. М., 1983.
13. *Розенталь И.Л.* Элементарные частицы и структура Вселенной. М., 1984.
14. *Клайн М.* Математика. Поиск истины. М., 1988.
15. *Арнольд В.И.* Теория катастроф. М., 1990.

Осознающая себя Вселенная

Настало время говорить о вездесущности сознания. Иными словами, нужно готовиться к тому, чтобы подойти к построению сверхъединой теории поля, описывающей как физические, так и семантические проявления Мира. Первые шаги здесь сделаны: это теоретические разработки Д. Бома, с одной стороны, и с другой стороны – эксперименты в области аномальных явлений, выполненные Брендой Данн и Робертом Джаном со всей строгостью, предъявляемой современной наукой.

Желая продвинуться дальше в этом направлении, нам нужно: (1) преодолеть некоторые, довлеющие над нами ограничения, утвердившиеся в парадигме нашей культуры; (2) набросать контуры осознающей себя Вселенной. Построить модель такой Вселенной мы еще не можем, но готовиться к этому, кажется, начинаем.

1. Преодоление мешающих предпосылок

1. Над нами до сих пор тяготеет жесткое картезианское разграничение ума и материи. Основанием для этого было утверждение о том, что материя пространственно протяженна, а ум – нет. Теперь мы можем игнорировать эту аргументацию. Мы знаем, что пространственное восприятие физической реальности задается не столько окружающим нас Миром, сколько изначально заданной нашему сознанию способностью видеть Мир пространственно упорядоченным. Мы можем также научиться пространственно воспринимать Мир смыслов, если сумеем неким, достаточно наглядным способом задать образ семантического поля. Так мы можем геометризовать наши представления о сознании и создать язык, близкий языку современной физики.

2. Для того, чтобы задать образ семантического поля, надо признать, что смыслы первичны по своей природе. Иными словами, необходимо согласиться с тем, что элементарные смыслы (не являющиеся еще текстами) заданы изначально. Здесь мы подходим очень

близко к позиции Платона, кстати, сформулированной им недостаточно четко. Такой подход больше нельзя считать ненаучным — признаем же мы изначальную заданность фундаментальных физических констант, природа которых скорее ментальна, чем физична.

Будем считать, что все смыслы изначально упорядочены на линейном континууме Контора. Иными словами, они упакованы на числовой оси μ также, как там упакованы действительные числа. Это еще только семантический вакуум — здесь еще отсутствует система предпочтения. Желая дать модель текста, мы вводим вероятностную меру предпочтения — $\rho(\mu)$. Возникающая здесь селективность в оценке различных участков шкалы μ порождает тексты. Интерпретация текста $p(\mu)$ в некоторой ситуации y осуществляется путем спонтанного появления фильтра $p(y/\mu)$, мультипликативно взаимодействующего с исходной функцией $\rho(\mu)$. И тогда теорема Бейеса становится силлогизмом: $p(\mu/y) = k\rho(\mu)(y/\mu)$, где $p(\mu/y)$ — условная плотность вероятности, задающая семантику нового текста, возникающего в результате эволюционного толчка y , k — константа нормировки. Следовательно, можно утверждать, что мы имеем дело с Бейесовским силлогизмом. Естественно, что в некоторых случаях возможно и необходимо задавать текст многомерной функцией распределения. Так, скажем, Это человека в нашей системе представлений задается моделью многомерного текста.

Возможна и более глубокая геометризация. Можно обратиться к широко известной в современной физике калибровочной теории поля, используя представление о метрически гетерогенных пространствах. И в этом случае вместо того, чтобы строить модель изменения текста, опираясь на представление об изменении вероятностной меры, будем говорить о локальных изменениях метрики в семантически насыщенном пространстве. Тогда текст будет выступать перед нами как возбужденное (некоторым образом) семантическое пространство, иначе говоря, — как семантический экситон.

Итак, из сказанного выше следует, что деятельность ума может быть описана пространственно.

3. Одно из серьезных ограничений возникло в наши дни в связи с появлением там называемых ограничительных теорем. Из теоремы Геделя следует, что всякая достаточно богатая формальная система неполна — в ней имеются истинные и ложные утверждения, которые в рамках этой системы недоказуемы и непроверяемы; финитное расширение аксиом не может сделать систему полной. Некоторые авторы полагают, что попытка построения единой модели мироздания должна непременно столкнуться с геделевской трудностью. Но

это на самом деле не так. Всякую достаточно широко задуманную формально построенную систему и, тем более, философски звучащую мы воспринимаем все же иррационально, хотя бы потому, что в ней используются смыслы, размытые по семантическому континууму.

Таким образом, мы не видим серьезных преград для построения всеединой модели мироздания. Но в то же время мы понимаем, что такая модель должна быть метафоричной, может, даже мифологичной (несмотря на обращение к языку математики и теоретической физики) и, конечно, не единственно возможной.

2. наброски контуров осознающей себя Вселенной

Мы отдаем себе отчет в том, что у нас еще нет до конца разработанного языка для выполнения поставленной задачи. Нет и достаточного опыта – здесь нужно говорить о модели нового типа, объединяющей в себе как опыт философских построений нашей Культуры, так и опыт построений теоретической физики и космологии, занимающей при описании образы из математических структур современной математики. Но кое-что можно сказать уже и сейчас.

1. Рассмотрим в качестве примера построение модели, описывающей возникновение собственного (личностного) ритма в результате непосредственного воздействия текста на сознание человека.

Мы знаем, что даже при чтении глубоко абстрактного текста у нас в организме могут возникнуть биоритмы, отражающие удовлетворение, внутреннюю радость. Поэтому и знаменитый квадрат Малевича мы можем воспринимать как произведение искусства. Будем при моделировании этого явления опираться на представление о том, что Эго человека – это семантический экситон, т.е. метрически неоднородное состояние семантически насыщенного пространства.

В качестве метафоры возьмем формулу математического маятника $T=2\pi\sqrt{L/g}$, положив, что постоянная будет задаваться пространством, геометрия которого определяется физическим состоянием Мира, а L – длина маятника – будет определяться переменной масштабностью семантического пространства. Если мы готовы допустить возможность существования некоего воображаемого маятника в семантическом пространстве, то он не будет конгруэнтен самому себе. Следовательно, осознание какой-то новой серьезной мысли, изменяющей метрическую неоднородность семантического пространства, приведет к изменению собственных ритмов.

2. В одной из наших работ, мы попытались показать, что к двум формам априорного созерцания Мира – пространству и времени (отмеченным Кантом) надо добавить еще число, ибо природа числа, данная нам во всем многообразии его проявления, ментальна. То же самое, конечно, можно сказать и о вероятностной мере. К 12-ти кантовским категориям возможности априорных синтетических суждений нужно добавить стохастичность, или даже шире – спонтанность. Отметим, что сейчас мы можем говорить не только об априорности пространственного упорядочения, но и о гораздо большем – об априорной заданности множества различных геометрий, являющихся атрибутами пространства.

Из сказанного можно сделать следующие, существенные, как это нам представляется, выводы: (1) С развитием культуры наше Сознание расширяется путем освоения новой – фундаментальной априорности; (2) Фильтры, через которые мы воспринимаем Мир, математичны по своей природе, ибо они опираются на базовые математические представления: пространство, время, число, вероятность и, следовательно, случайность. Так устроен наш Ум (mind), но не все это понимают; (3) Но что представляет собой эта математизированная фильтрация? Не следует ли это рассматривать как некоторое проявление врожденной параноидальности? Или эта фильтрация коррелирована с некой не зависимой от нас реальностью – с тем, что мы готовы назвать метасознанием, регулирующим мироустройство? Можем ли мы говорить о математичности Трансличного – неперсонализированного сознания, участника всего происходящего?

3. Еще одно дополнение к сказанному выше. Мы знаем, что в знаменитом уравнении Шредингера используется пси-функция. Квадрат модуля пси-функции интерпретируется как плотность вероятности. Вероятностной мерой оценивается размазанность микрочастицы в пространстве-времени. С точки зрения экспериментатора, речь идет о мере перехода из возможного к действительному. Чтобы воспринять сказанное здесь как некую реальность мироздания, надо допустить существование Универсального трансличного наблюдателя. Иначе представление о размытости частицы – это некая фикция, раскрывающаяся лишь в сознании физика наших дней. Другими словами, микрочастица в квантово-механическом представлении просто не существует (никак не проявляется) – она появляется только с появлением физика-экспериментатора. Похожим образом мы можем говорить и о разуме человека: сознания, самого по себе, или не существует в мироздании, или оно воплощено каким-то непонятным для нас образом в Универсальном наблюдателе.

4. Если природа числа ментальна, то как можно представить себе возникновение фундаментальных физических констант? Антропный принцип, возникший полтора десятилетия тому назад, — это прямой путь к признанию Универсального наблюдателя-участника.

5. Теперь несколько слов о биосфере. Биологический эволюционизм выглядит так же, как творчество человека. Появление одного резко выделяющегося признака, наверное, было бы губительно для организма. Возникновение нового вида разумно описывать как появление нового фильтра на континууме морфофизиологических признаков. Естественный отбор невозможно теперь (после 30-летнего опыта взаимодействия с кибернетикой) представить себе без заранее заданной системы критериев оптимальности. Как возникают такие критерии — это опять разговор об Универсальном наблюдателе-участнике происходящего. Сюда же относится проблема эстетического в биосфере и, более того, в морфологии нашей планеты — Земли. Мы снова должны вернуться к представлению древних греков о Земле как о живом организме — богине, именуемой Гея.

Заключение

Мы сейчас приходим к следующему выводу: граница между живым и неживым размывается. Живым хочется называть все то, что сопричастно спонтанности, т.е. то, что совершенно (т.е. принципиально) непредсказуемо. Все живое в спонтанности своего проявления несет в себе те или иные черты сознания.

Повторяю: мы еще не готовы к тому, чтобы дать развернутую модель Универсального — неперсонифицированного сознания. В самой общей формулировке сознание — это свободное осознание самого себя. Универсальное сознание — это осознание Вселенной самой себя.

В развиваемой нами модели Разум человека выглядит двухслойно. С одной стороны, он опирается на изначальную заданность семантического континуума (статического по преимуществу), с другой стороны, на динамическое начало — Космический разум. Человек принадлежит обоим мирам одновременно. Он соприкасается с динамизмом Космического разума, когда генерирует фильтры, реинтерпретирующие тексты, опираясь на статически заданный континуум элементарных смыслов. (Упакованные на числовом континууме смыслы могут перегруппировываться, но это особая ситуация — семантическая революция). Другое проявление Космического сознания — это биологический эволюционизм, задающийся генерирова-

нием фильтров, квантующих континуум морфофизиологических признаков (придание признакам селективности, образующей индивидуальные биологические тексты).

Сознание многообразно по возможностям своего проявления. Можно говорить и о квазисознании, реализующемся непосредственно (без обращения к континууму смыслов) в физической материальности Мира. В микромире это реализуется через спонтанное поведение частиц, в макромире — через спонтанное появление фундаментальных физических констант и, наверное, как-нибудь еще.

Сказанное здесь является компендиумом следующих работ:

Литература

1. *Налимов В.В. Спонтанность сознания. Вероятностная теория смыслов и смысловая архитектоника личности.* М. 1990. 287 с. Манускрипт английского перевода: *Nalimov V.V. Spontaneity of Consciousness Probabilistic Theory of Meaning and Semantic Architectonics of Personality.* Ожидается его публикация
2. *Drogalina-Nalimov Zh. Nalimov's Conception of Human Nature // Revision. The Journal of Consciousness and Change, 1990, 12, N 3. P. 19-29.*
3. *Nalimov V.V. Can Philosophy be Mathematized? Probabilistic Theory of Meanings and Semantic Architectonics of Personality. Philosophia Mathematica. An International Journal for the Philosophy of Modern Mathematics, Series II, 1989, v. 4, N 2, P. 129-146. В.В. Налимов. Как возможна математизация философии // Вестник Московского университета. Сер. 7. Философия, 1991, N 5. С. 7-17.*
4. *Nalimov V.V., Perevozsky T.A. Metaphysics of Consciousness. // Research Notes and Memoranda of Applied Geometry for Prevenient Natural Philosophy Post Raag Reports, 1991. N 239, April. P. 1-12.*
5. *Nalimov V.V. Spontaneity of Consciousness, An Attempt of Mathematical Interpretation of Certain Plato's Ideas, In M.E. Carvallo (Ed.) // Nature, Cognition and System II, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. P. 313-324*
6. *Налимов В.В. В поисках иных смыслов. М.: Издательская группа „Прогресс“, 1993. 266-16с.*
7. *Налимов В.В. На грани третьего тысячелетия: что осмыслили мы приближаясь к XXI веку. (Философское эссе), 1994, с.73 – Издательство „Лабиринт“.* Дальнейшая разработка поставленных здесь проблем продолжается. Когда-то давно академик А.Н. Колмогоров говорил мне, что у нас есть по крайней мере одно существенное преимущество — „мы можем мыслить вероятностно“. В своих философски ориентированных работах я опираюсь на математические представления. Отсюда возникает вопрос: можно ли математизировать философию, скажем, так, как это имеет место в физике и космологии? Философия должна будет, как мне представляется, сомкнуться с наукой, а возможно и с религией, если она готова откликаться на современные проблемы. Фундаментальным остается вопрос — почему описание мироздания должно базироваться только на Аристотелевой логике? Может быть необходимо разработать также и вероятностную логику, ценность которой состоит в том, что она выходит за рамки причинности и оперирует со спонтанностью, опираясь на вероятностную размытость описания явлений, открывая новый взгляд на мир.

II. ВСЕЛЕННАЯ КАК ЦЕЛОЕ В НАУЧНОЙ КАРТИНЕ МИРА

А.Н. Павленко

Современная космология: проблемы обоснования

Обращаясь к проблеме методологического обоснования современной космологии, мы не можем не коснуться вопроса о необходимости такой процедуры. Действительно, как зарубежными (Х. Дингл, М. Мюнитц, Д. Норт, Ф. Типлер и др.), так и отечественными (Г.М. Идлис, В.В. Казютинский, А. Турсунов и др.) авторами проблема эта ставилась и дебатировалась неоднократно. Полученные результаты, в интересующем нас разрезе – направление эволюции космологического знания, т.е. в вопросе о ее пути (методе) – можно, не претендуя на полноту, свести к следующим положениям:

1) Космология имеет свой собственный предмет, отличный от предмета физики или математики – физико-геометрический аспект Вселенной как целого.

2) Предмет ее исследования задается языком математики.

3) Следствия космологической теории должны получать в конечном счете опытное (наблюдательное, экспериментальное) подтверждение или опровержение, чем утверждается научный статус космологии.

Под опытной проверкой понимается наблюдательная и экспериментальная – в той мере, в какой физика элементарных частиц сопряжена с космологией – верифицируемость и фальсифицируемость космологического знания, производимая инструментальными средствами.

4) Любые попытки элиминировать эмпирическую верифицируемость космологического знания, или реинтерпретировать ее, расцениваются как угроза ее научному статусу, а поэтому, предвари-

тельно подвергнутые критике, должны быть выведены за пределы собственно научных исследований.

Первые два из приведенных пунктов как правило не являются спорными, а если и оспариваются, то различия альтернативных мнений не принципиальны. Гораздо сложнее обстоит дело с двумя другими. Неоднозначность оценки роли опыта в космологии породила два широких направления в методологической ориентации исследователей – проплатоновский и проаристотелевский – названные так в 30-е годы первоначально Динглом и позднее, видимо, заимствовавшим эту классификацию Турсуновым. И хотя сама эта классификация далеко несовершенна, ибо и Платон и Аристотель, например, в дедуктивном методе построения истинного знания о космосе не расходились, здоровое зерно в ней содержится.

Так Аристотель, в вопросах о свойствах Вселенной был более склонен к „эмпиризму“, о чем прямо говорит в трактате „О небе“: „конечная цель творческой науки – произведение, а физической – то, что в каждом конкретном случае непреложно является через ощущение“ [1, с.359]. Платон, наоборот, скорее был склонен к геометрическому (умозрительному) объяснению и обоснованию знания, хотя всегда надо помнить, что геометрия Платона – телесна. В основании количественного отношения элементов космоса, по Платону, лежит правильная соразмерность, к которой их привел Бог, „упорядочивая все тщательно и пропорционально“, говорит он в „Тимее“ [2, с.499]. Причем все эти элементы столь малы, что единичный элемент любого рода „по причине своей малости для нас невидим“ [2, с.499]. И совершенно непонятно, как собирался Аристотель „непреложно“ явить этот факт „через ощущения“, имевшимися в его время средствами. Понимание Платоном такой невозможности, соединенное с его философской (научной) объективностью, побуждало строить умозрительную картину космоса, а следовательно, как он сам неоднократно отмечает – картину правдоподобную: „Космос был создан по тождественному и неизменному образцу постижимому с помощью рассудка и разума“ [2, с.470].

Как видим, еще в античности последние три пункта приведенных выше положений, вызывали различную реакцию. Тем более впечатляющей эта реакция может быть сегодня, когда тотальная математизация научного знания позволяет совершенно по-новому взглянуть на пифагорейско-платоновскую традицию и ее роль в истории европейской культуры, в целом, и новоевропейской науки, в частности, а особенно ее космологической отрасли середины и конца XX века, когда

„космологичность” фундаментальных физических теорий, по словам А.Д. Линде, становится мерилom их реалистичности [3, с.5-6].

Обращение к истории и обоснованию современной космологии неслучайно еще и потому, что она аккумулировала в себе новейшие достижения математики, физики и философии. Поэтому по состоянию космологии, образно выражаясь, можно судить и о самом человеке. В его взгляде на „мир как целое” отражается он сам таким как он есть сам по себе, а не таким, каким он хочет себя видеть. Здесь справедливо утверждение: скажи каков твой космос (Вселенная) и я скажу кто ты сам. Именно *эта* странная зависимость человека от космоса (Вселенной) и *обратная* (антропный принцип) позволяет выявить и оценить те сдвиги в структуре космологического знания, которые имели место в течение нынешнего столетия. Этими сдвигами и определены задачи нашей статьи: 1) проследить на конкретном анализе истории космологических теорий и сценариев сформулированных и выдвинутых за последние 80-90 лет, взаимоотношение „эмпирического” и „внутритеоретического” факторов в обосновании космологического знания, 2) сделать допустимые обобщения выявленных тенденций.

В качестве предметной области нашего анализа выбраны, преимущественно, три последовательно господствовавшие до настоящего времени космологические парадигмы: ньютоновская теория Вселенной, теория Фридмана-Леметра и инфляционная теория Гуса, Линде, Альбрехта и Стейнхарда.

1. Ньютоновский этап становления научной космологии

Ньютоновская космологическая парадигма в начале века была представлена теорией иерархической Вселенной Шарлье, в основу которой была положена теория механики и модифицированная теория гравитации Ньютона*. Еще в 1900 г. С. Аррениус писал о концептуальной основе ньютоновской космологии то, что она опирается на незыблемый закон, из которого не было сделано ни одного исключения [4, с.86]. Однако абсолютизация механики Ньютона приводила не только к проблемам в физике, связанным с возникновени-

* Далее везде, специально этого не оговаривая, мы будем подразумевать, что все модификации (сценарии) в космологии до возникновения ОТО, исходили из тех основ, которые были заложены Ньютоном. Поэтому Шарлье, Зеслигер и др. исследователи будут относиться нами к „ньютоновской космологической картине мира”

ем полевой теории Максвелла, но и к проблемам в космологии, где в частности, возникла необходимость устранения гравитационного парадокса Зеелигера.

Основной характеристикой ньютоновской космологии, которая оказала влияние и на создателя новой механики — была идея статичности, пространственной устойчивости вещества во Вселенной, распределение которого считалось равномерным*

Незыблемыми считались и сами законы, которым подчиняются небесные тела. Получив блестящее эмпирическое подтверждение в масштабах солнечной системы, теория Ньютона испытывала к концу 19-го века трудности внутритеоретического характера, поскольку не удавалось свести уравнения электромагнитного поля к уравнениям механики. И несмотря на то, что „прямого” отношения это к космологии не имело, трудности объективно указывали на „ограниченность” господствующей теории. Тогда же встал вопрос об отказе описания электромагнитных явлений с помощью теории сил, а значит мгновенное дальнедействие заменялось близкодействием, вводилось понятие эфира (поля), что объективно вело к разрушению представлений об абсолютном пространстве и абсолютном времени, их независимости от вещества, а значит и „падению” господства всей схематики мира Ньютона. Кроме внутритеоретических проблем накапливались и эмпирические, например, оставались необъясненными 43” столетнего смещения перигелия Меркурия и некоторые другие.

Все это говорило о том, что внутри и „вне” теории обнаружились границы ее применимости. Между тем, не взирая на это ньютоновская космологическая картина мира продолжала оставаться господствующей вплоть до начала 20-го столетия [6, с.7]. Концепции Ламберта, Райта, Гершеля, Шарлье и др. исследователей, не строили, принципиально отличной от ньютоновской, теории гравитации и механики — концепция устройства Вселенной Мичелла, построенная с учетом динамической теории материи Бошковича, являлась скорее исключением, чем правилом — а поэтому вынуждены были спасать положение либо введением *ad hoc* гипотез, либо решать те

* Статичность Вселенной Ньютона получалась следующим образом: он брал за основу (модель) сферически-симметричную систему координат (не путать со сферичностью реальной Вселенной) и показывал, что в данном случае — частица, будет покоится, т.к. взаимное притяжение всех тел сферической системы уравновешивается. „Из этого рассуждения следует, что притяжение всей сферической поверхности, как состоящее из противоположных элементов, уничтожается, следовательно частица Р ни в какую сторону этим притяжением *к движению не побуждается* (курсив мой — А.П.). То есть Вселенная не динамична, а статична” [5, 245].

же проблемы, что и теория Ньютона. Это господство ньютоновской картины мира дает естественное объяснение оптимизму Аррениуса: в то время было невозможно представить какую-либо альтернативу бесконечной Вселенной, в которой „небесные тела рассеяны повсюду в безграничном пространстве в таком же приблизительно количестве, как в ближайшем соседстве нашей солнечной системы” [4, с.41]. В космологии конца 19 в. создалось специфическое положение, когда с одной стороны, постулировались какие-либо качества Вселенной, например бесконечность пространства и времени, равномерное распределение вещества*, а с другой стороны делалось логическое завершение собственно ньютоновской картины мира, исходя из анализа уравнений его механики. Наступил момент, когда, метафизическая часть картины мира Ньютона пришла в противоречие с ее физической частью. Уравнения механики приводили к бесконечному миру с неравномерным распределением вещества. В подлинно ньютоновской механической картине мира, Вселенная должна была сжиматься, но этого эмпирически не наблюдалось.

Принципиальное устранение гравитационного парадокса было возможно только благодаря созданию новой теории гравитации, которая бы своим появлением разрушила не только старые представления о вечной и статичной Вселенной как целом, но и изменила бы гносеологические акценты в описании внешнего мира. Чем глубже оказывался „срез” отображаемой Вселенной, тем слабее становились его огрубления, тем далее исследователь уходил от непосредственной наблюдаемости. Закон всемирного тяготения Ньютона получил в соединении с его механикой блестящее подтверждение в масштабах Солнечной системы. Подтверждение тому – не только интерпретация законов Кеплера, но предсказание существования новой планеты – Нептун. Позднее законы Ньютона прикладываются и к таким объектам как Галактика и скопление галактик. Однако, в применении ко Вселенной как целому гравитационная теория Ньютона теряла свою убедительность и гравитационный парадокс лишь высвечивал границу применимости теории, ее экстраполяционных возможностей. Поэтому ньютоновская космологическая программа, именно как первая попытка дать научное объяснение „современному” состоянию Вселенной как целого, была логически завершена и явно оформилась трудами ученых только в конце 19-го и начале 20-го ве-

* В „Общем поучении” Ньютон говорил о божественном расположении системы звезд следующее: „Он их расположил, в таких огромных одна от другой расстояниях ” [5? 659]. То есть все вопросы, касающиеся происхождения мира имеют у Ньютона исключительно „метафизическое” объяснение.

ка. До этого она была слишком „умозрительной“, хотя и отвечала наблюдательным требованиям того времени. „Умозрительность“ заключалась в необоснованной экстраполяции законов Ньютона (гравитации и механики) на Вселенную как целое. Такая процедура объективно приводила к коллапсу*, который получает свое теоретическое осмысление еще до создания ОТО.

Принцип Маха содержал в себе идеи дальнего действия, а он, как известно, послужил одним из оснований при создании ОТО. Даже в этом еще чувствовалось влияние идей классической гравитации и механики. „В соответствии с идеями Маха, инерционные силы, наблюдаемые локально в ускоренной лаборатории могут быть интерпретированы как гравитационный эффект, имеющий свое происхождение в отдаленной материи, ускоренной относительно лаборатории“ [7, с.925]. Но сама ньютоновская концепция как теория устойчивой бесконечной Вселенной получила свое наблюдательное опровержение лишь в 1929 г. открытием Хаббла, т.е. намного позже того, когда она была „опровергнута“ теоретически на бумаге. Решающую роль в опровержении теории иерархической Вселенной (как последней оригинальной формы выражения ньютоновской космологической концепции) и подтверждение новой Фридмановской космологии, построенной на базе уравнений поля Эйнштейна сыграло эмпирическое обоснование. Эмпирическое опровержение оказалось более весомым аргументом, чем множество парадоксов, выявленных теоретически, и вообще чисто теоретических трудностей. Если с парадоксами еще можно было бороться с помощью различного рода допущений, то спорить с наблюдательными фактами было гораздо труднее.

Таким образом, эмпирический критерий был главным в принятии теории Фридмана и опровержении (отбрасывании) теории иерархической Вселенной, построенной на базе теории гравитации и механики Ньютона. Внутритеоретические критерии обоснованности теории — непротиворечивость, простота, красота, независимость и др. рассматривались как необходимые, но недостаточные условия ее принятия или забраковки.

Опытная верифицируемость или фальсифицируемость космологического знания стала возможна благодаря доступности для земного наблюдателя тех явлений, которые подтверждали или опровергали теорию (свет от далеких галактик и их скоплений, реликтовый фон и др.), на конкретном этапе развития человеческого познания.

* В начале и середине XX в. были получены другие результаты на базе ньютоновской теории, (Мак-Кри, Милн и др.), но они уже не меняли сути проблемы.

Перед космологией Ньютона вопрос о происхождении Вселенной стоял еще в чисто „метафизической” форме (никаких, собственно физических, механизмов не предполагалось – Вселенную создал Бог, а далее она существует по своим законам).

2. Релятивистская космология: Эйнштейн

Создавая свою космологическую теорию, Эйнштейн находился, несомненно, под влиянием картины мира Ньютона не только в вопросах детерминизма, что общеизвестно, но и под влиянием концепции неподвижной (статичной) Вселенной. Для устранения недостатков космологии Ньютона (нулевая плотность вещества на бесконечности влечет за собой нулевую плотность вещества в центре Вселенной, следовательно, такая картина Вселенной оказывается нереалистичной, ибо коллапсирует к центру*) в уравнение Пуассона Эйнштейном вводится величина (λ) – универсальная постоянная, которая приводит к равномерному распределению неподвижных звезд, чем устраняется неравномерное распределение вещества, а этим, в свою очередь, устранялся и гравитационный парадокс Зеелигера. Здесь Эйнштейн стремился еще только исправить старую космологическую картину мира для того, чтобы спасти ее. Но этим самым Эйнштейн ее и существенно изменяет, т.к. отбрасывается необходимость в граничных условиях в пространственно бесконечной Вселенной. Это приводит его к замкнутому миру, пространственному трехмерному континууму [8, с.605]. Помимо введения λ -члена Эйнштейном, Зеелигером для устранения парадокса предлагалось *ad hoc* допущение – изменить закон всемирного тяготения Ньютона таким образом, чтобы притяжение масс на огромном расстоянии убывало быстрее, чем по закону. И несмотря на то, что допущение Эйнштейна было также ошибочным (см. ниже), в целом оно оказалось более продуктивным для построения новой космологической картины, чем допущение Зеелигера.

Здесь необходимо отметить, что Эйнштейн верил в конечность мира [8, 588]. Конечность, сферичность и статичность были тремя китами эйнштейновской космологической картины мира. И даже тогда, когда концепция Фридмана была создана и Хаббл получил ее первое наблюдательное подтверждение (первоначально подтвержде-

* По этому поводу А.Эйнштейн говорил: „Звездный мир должен представлять собой конечный остров в бесконечном океане пространства” [8, 583].

ние выглядело как интерпретация), он продолжал некоторое время настаивать на этих качествах Вселенной, указывая на то, что в рамках Фридмановского подхода нельзя однозначно решить вопрос о том, является Вселенная конечной или бесконечной, между тем как в концепции статичной Вселенной Эйнштейна она пространственно замкнута и конечна (хотя и безгранична). Однако хаббловское и последующие наблюдательные подтверждения эволюционной космологической картины мира оказались весомее теоретических трудностей (ведь первоначально возраст Вселенной Фридмана и Хаббла расходился с возрастом Вселенной, определяемым по возрасту звезд и их скоплений). *Наблюдательная основа космологии продолжала оставаться преимущественным фактором в выборе космологических теорий.*

Значение внутритеоретических факторов резко возросло в период, который мы называем „периодом эмпирической невесомости теории”, т.е. когда предсказанные теорией новые эмпирические факты не получили еще наблюдательного (экспериментального) подтверждения. Например, статическое решение уравнений гравитации было получено Эйнштейном в 1917 г.^{*}, а динамическое решение Фридмана было получено только в 1922 г. [9]. Безусловно, не имея эмпирической обоснованности, уравнения Фридмана выглядели ошибочными и противостественными в рамках устоявшегося представления о неподвижной Вселенной с равномерным распределением вещества. Более того, свою первую статью по космологии „О кривизне пространства” Фридман заканчивает на ноте неуверенности относительно будущего его концепции. Ни о каком эмпирическом обосновании тогда не могло быть и речи, точно также как сегодня многие исследователи не могут себе представить эмпирическое обоснование инфляционных сценариев. Фридман писал: „Данные, которыми мы располагаем совершенно недостаточны для каких-либо численных подсчетов и для решения вопроса о том, каким миром является наша Вселенная...” [9, с.237].

Как мы видим, ситуация „эмпирической невесомости” теории Фридмана в начале века в точности совпадает по духу с той, которая возникла сегодня в связи с инфляционными сценариями.

Возвращаясь к Эйнштейну заметим, что никаких наблюдательных подтверждений статическая концепция Вселенной также не имела. На нее „работали” — авторитет ученого и относительная неразвитость внегалактической астрономии. Поэтому обе концепции

* Впервые это решение было опубликовано в работе „Вопросы космологии и общая теория относительности”.

Вселенной, Эйнштейна и Фридмана, не имея наблюдательного подтверждения, выглядели как равноправные в эмпирическом отношении. Неравенство их имело чисто внутритеоретическую природу. Эйнштейном вводилось „дополнение” в форме космологического лямбда-члена, который, с одной стороны, не имел эмпирического обоснования, а с другой стороны, нарушал принцип простоты. Развитие релятивистской космологии столкнулось здесь с весьма специфической проблемой взаимосвязи физики и „метафизики”: что обусловило дальнейшую эволюцию космологии, что было решающим — требования физического порядка или такой нефизической фактор как философия (через общемировоззренческие установки самого ученого)? Создавалось впечатление, что философия здесь не играет существенной роли, что введение λ -члена было обусловлено чисто физической заинтересованностью ученого, т.е. чисто физико-геометрическими причинами [10, с. 127]. Эйнштейн предполагал, что статичность, т.е. независимость от времени, соответствует большему возрасту небесных тел. Во времена Эйнштейна уже был известен возраст Земли в несколько миллиардов лет. Другими словами, нужна была теория, хорошо соответствующая опыту.

С другой стороны, замкнутая модель считалась предпочтительной как более соответствующая физическому принципу Маха. В замкнутой модели должно было бы содержаться конечное количество вещества и, следовательно, можно было предположить, что оно как-то выделяет локально инерциальную систему координат. Самое интересное, однако, заключается в том, что позже, при анализе уравнений Эйнштейна, выяснилось: не только уравнения, в которых отсутствует космологический член, имеют нестатическое решение (например, решения Фридмана, Казнера и др.), но и уравнения с космологическим членом могут быть как статическими, так и нестатическими [10, с. 127]. Отсюда можно справедливо заключить, что Эйнштейн искал решения строго определенного типа (статические), а значит руководствовался прежде всего мировоззренческой установкой на классическую картину статичного мира.

На этом примере можно проследить, когда в первом приближении проблема выглядит как чисто физическая, а во втором „проявляется” на философском уровне. Влияние философии в качестве мировоззренческих установок обнаруживается не в конкретном решении той или иной частнонаучной проблемы, а в ориентации ученого на то или иное направление ее решения. Эйнштейна до конца его

жизни* более привлекал устроенный по божественным законам мир элеатов (отсюда может быть и желание найти унификацию всех сил), мир устойчивый и конечный нежели противоречивый и неустойчивый (эволюционирующий) мир Гераклита. В самом конце жизни Эйнштейн почти с сожалением говорит о том, что теория статичной Вселенной не имеет эмпирического подтверждения [11, с. 311]. Если бы она подтвердилась, он был бы согласен поступиться ради нее и принципом простоты в построении космологической теории. Что может говорить более красноречиво о значении в его творчестве общемировоззренческих ориентаций?

Причем эйнштейновское понимание простоты является скорее классическим (эстетический или прагматический смысл) чем неклассическим (например попперовским), в котором простота связывается со степенью фальсифицируемости теории [12, с. 190]. Введение космологического члена должно было бы, с точки зрения Поппера, только облегчить фальсификацию теории, ибо вводилось допущение, которое заранее оговаривало возможные условия опровержения: „В космическом пространстве одновременно с положительным давлением вещества и излучения имеется отрицательное давление вещества и излучения, действия которых уравниваются и делают Вселенную статичной”. Достаточно было опровергнуть это утверждение, как космологическая теория Эйнштейна должна была бы рухнуть. Так что, в чисто попперовском понимании „простоты”, Эйнштейн „упростил” свою теорию, а не усложнил, ибо степень ее фальсифицируемости повысилась. В то же время, поиски физического аналога космологического члена ведутся по сей день и пока к каким-либо положительным результатам не привели.

Поэтому шаг, совершенный Эйнштейном по отношению к своей теории гравитации был сродни шагу Зеелигера, совершенному по отношению к теории гравитации Ньютона — вводилось дополнительное условие: в первом случае отрицательное давление, во втором случае — необъяснимое в рамках ньютоновской картины мира убывание силы притяжения с расстоянием на бесконечности. Дополнительные условия нарушали одно из главных требований построения научной теории, высоко ценимое самим же Эйнштейном — классический принцип простоты. Именно это нарушение позже побудило Эйнштейна полемизировать с Леметром по поводу его приверженности к космологическому члену: „Введение такого члена означает

* Достаточно посмотреть статьи последних лет его жизни в 4-м томе „Образия научных трудов”.

далеко идущий отказ от логической простоты теории, который, на мой взгляд, был бы неизбежным лишь в том случае, если бы не было причин сомневаться в существенно статической природе пространства" [11, с. 311].

Как мы видим, нарушение одного из фундаментальных требований построения научной теории послужило весомым основанием для отказа как от *ad hoc* гипотезы Зеелигера, так позднее и от космологического члена. Кроме того, само нарушение сразу стимулировало поиски учеными альтернативных направлений в построении адекватной теории. Одним из таких направлений было создание Фридманом теории эволюционирующей Вселенной, свободной от космологического члена. Спустя некоторое время после объявления ее ошибочной, Эйнштейн признает правильность выводов Фридмана. И здесь мы видим, что „каноны” научности берут верх над мировоззренческой установкой. *Эйнштейн отказывается от идеи статичной Вселенной до того как эволюционная теория получает свое эмпирическое подтверждение!*

3. Фридмановский этап становления научной космологии

Проблема эмпирической обоснованности теории Фридмана оказалась не менее сложной, чем проблема ее внутритеоретического обоснования. Сразу же после открытия в 1929 г. красного смещения в спектральных линиях галактик Хабблом, возникло несколько возможных его интерпретаций. Груз старых идей давил на познавательные установки космологов. Сформировалось своеобразное „критическое лобби”, нейтрализующее оптимизм сторонников теории Фридмана. „Если мы предполагаем, что некогда произошел взрыв первородного атома, то отсюда следует, что галактики должны двигаться в соответствии с законом Хаббла; но обратное несправедливо: из закона Хаббла не следует неизбежность „Большого Взрыва” [13, с. 26]. Таково, хотя бы, сомнение шведского космолога Альвена Х. В целом же было предложено три объяснения „красного смещения”: 1. На пути от источника света до наблюдателя находятся объекты (газовые облака и др.), с которыми фотоны испущенные наблюдаемым источником, вступали во взаимодействие, в результате чего терялась часть энергии, следствием этого мы и наблюдаем красное смещение. 2. Эффект красного смещения происходит за счет воздействия гравитационной силы на собственную частоту фотона. 3. Красное сме-

шение объясняется удалением галактик друг от друга, со скоростью прямо пропорциональной квадрату расстояния между ними.

К семидесятым годам окончательно выяснилось, что наиболее конкурентоспособным оказалось последнее объяснение как наиболее адекватное реальным процессам. Вселенная расширяется – таков безусловный вывод космологов и физиков. Однако сразу после создания теории и получения первого эмпирического подтверждения это все не выглядело столь убедительно как сегодня. Кроме того, между данными возраста Вселенной, полученными теоретически и данными по возрасту звезд образовалась „вилка”. В 50-60-е годы было установлено более точное значение возраста звезд. Выяснилось, что раньше по ошибке принимали яркие объекты за более слабые: например светящиеся облака газа за звезды, а для оценки брали только яркие объекты. Получением более точного значения возраста звезд эта вилка устранялась.

Желание устранить расхождения в возрасте послужило основанием для создания новых теорий гравитации. Вообще, в 40-е годы возникла специфическая ситуация, когда активно работающее воображение космологов грозило потерять связь между выдвигаемыми гипотезами и объективной реальностью. Основатель „кинематической относительности” Е.А. Милн выдвинул новую гносеологическую программу: „Является фактом то, что возможно рационально устанавливать законы динамики... без обращения к опыту” [14, с. 329]. Чрезмерная рационализация природы, вызванная стремительной математизацией знания, уже тогда породила надежду о возможности чисто дедуктивистской программы построения космологического знания, к которой, кроме Милна, в одинаковой мере, можно отнести Дирака, Уокера и Эддингтона. Последовательное проведение этой гносеологической программы в жизнь грозило, по мнению некоторых методологов науки, свести науку к околорелигиозным представлениям, когда Вселенная, по словам Х.Дингла, превращается в божество [15, с. 784], а сама космология превращается в космолатрию [15, с. 784].

Поставленный Динглом в 40-е годы вопрос о наблюдаемости фактов, предсказываемых космологическими теориями, предполагал жесткую дихотомию (дизъюнкцию): или факты предсказанные теорией наблюдаемы, или она не есть теория, а лишь фантастическое измышление ее автора. Последовавшее затем в 1964 г. открытие коротковолнового фона излучения, по существу, способствовало опровержению подавляющего числа космологических теорий „второго поко-

ления”, если теории Эйнштейна, Фридмана, Де-Ситтера, Леметра, Казнера считать теориями „первого поколения” научной космологии.

Нереалистические концепции Милна, Дирака и Эддингтона были предвестниками современного состояния в космологии, когда инфляционная теория, являясь, безусловно, реалистической концепцией, пока еще не имеет наблюдательного подтверждения. Этим мы хотим подчеркнуть лишь то, что гносеологические идеалы нового типа науки, в частности космологии, начали заявлять о себе задолго до создания теорий объединения, теории супергравитации и теории суперструн.

Очевидной чертой сторонников „дедуктивистской программы” в описании Вселенной было, по замечанию А. Турсунова, „гипертрофирование гносеологических особенностей космологии” [16, с. 49]. Здесь обнаруживается очень интересный период в эволюции космологического знания именно как знания научного. Дело в том, что современная научная космология как самостоятельная наука о Вселенной как целом в 40-е годы еще только набирала силу и была сравнительно молодой. Поэтому, первые успехи достигнутые собственно космологией, а не физикой и другими областями знания, в 20-30-е г. породили веру во всемогущество новой науки. Уклон в „панкосмологизм” был естественным следствием молодости космологии. Аналогичные процессы имели место и в эпоху возникновения научной механики, физики, биологии и др. дисциплин в 17-18 вв., когда механическая картина мира и механические методы исследования становились господствующими в других отраслях знания, и сама механика бралась объяснять процессы выходящие за пределы ее предмета (в биологии, социологии и т.д.). Однако дальнейшее развитие космологического знания сгладило эту „аксиологическую преувеличенность”, особенно в период ломки — 60-е годы, расставив все на свои места.

Попытка создания универсальной космологической теории, например теории Эддингтона, своеобразной „априорной космологии”^{*}, и на ее основе построения нового типа научного знания в целом, отразилась на полемике Дингла с Милном и др. космологами. Возникла такая ситуация, когда стал необходим возврат к истокам научного мировоззрения, к ориентации на эмпирическую установку, заложенную еще Ньютоном и Галилеем. Другими словами проблему соотношения теории и наблюдательных данных сегодня по меньшей мере следует формулировать не жесткой дизъюнкцией „наблюдае-

* Эддингтон в частности полагал, что „все законы, которые обычно считаются фундаментальными, могут быть выведены всецело из эпистемологических соображений. Они соответствуют априорному знанию и являются поэтому полностью субъективными” [17, с. 7].

мость или фантазия”, а „слабой” — „наблюдаемость или временная ненаблюдаемость”. Объект может существовать реально и, тем не менее, не обнаруживать себя на конкретном уровне эмпирической науки, познания вообще. При описании и объяснении явлений квантового мира начальных эпох эволюции Вселенной мы не можем пока принципиально наблюдать некоторые явления. Трудности „принципиальной ненаблюдаемости” имеют не столько субъективную (плохое качество теорий) сколько объективную природу (например, недостаточная развитость технических средств). Вызвано это наличием огромной разницы [8] (так называемой „пустыни”) между планковскими масштабами (например $E_p \approx 10^{19}$ ГэВ) и масштабами доступными сегодня земному экспериментатору. ($E_{exp} \approx 10^3$ ГэВ). Разница между которыми и образует „пустыню”. В связи с этим возникает вопрос как „наблюдать” явления, которые находятся за пределами возможной видимости?

Возникает и другой вопрос: может ли наличие „пустыни” остановить познание Вселенной. Думается, что нет! Прорыв в технических возможностях человека вполне может оказаться непредсказуемо огромным. Кроме того, постоянно осуществляется поиск „опосредований”, т.е. вторичных, третичных и т.д. явлений. Видимо, именно это состояние в космологии побудило М.Ю. Хлопова говорить полусерьезно о „космоархеологии”, т.е. такой сфере интерпретации космологических и физических построений, в которой необходимо обнаруживать не „живое явление”, так сказать, в „чистом виде”, а его „реликтозный отпечаток в совокупности астрофизических данных” [19, с. 37].

Именно перед лицом современной ситуации в физике и космологии оказывается непродуктивной и „индуктивистская программа” самого Дингла [15, с.786]. Следовательно, нет никаких оснований опасаться „самоубийства науки”, страх перед которым его постоянно преследовал [15, с.786].

Не менее нереалистичным оказались и теории „третьего поколения”: концепции Бранса-Дикке, Хойла, Бонди, Нордстрема и других исследователей. Все они нарушали при своем построении принцип простоты, потому что вводили дополнительные параметры типа скалярного поля, С-поля, „априорной геометрии” и т.д.

По признанию самого Ф. Хойла, С-поле вводится исключительно с одной целью — устранить проблемы фридмановской космологии, и, в первую очередь, устранить необходимость допущения начальнь.. условий [20, 95]. Подход Хойла ограничен прежде всего тем, что его теория основывается на постулировании связи С-поля с кон-

цевыми точками частиц. Поскольку это постулирование ничем не подкрепляется, то это, во-первых, нарушает принцип простоты в построении теории, а во-вторых, не находит эмпирического подтверждения в действительности, т.к. простота теории является специфическим аналогом „простоты” самой природы. Радиус во Вселенной Хойла сократился до 10^8 см против наблюдаемого 10^{28} см, а ее масса от 10^{23} до 10^{13} солнечных масс. Теория не объяснила наличие в мире барионной асимметрии. Не обнаружен и обратный процесс превращения барионов в „С-поле”. Не решила теория и вопрос с объяснением реликтового излучения.

Подобная ситуация складывалась и с теорией Нордстрема, в которой физическая метрика имеет лишь одну степень свободы. Главный ее недостаток заключается в том, что гравитация может влиять только на одну степень свободы геометрии пространства-времени. Остальные же степени свободы фиксируются априорно, представляя таким образом „априорную геометрию” [21, с. 60]. Поскольку априорность фиксации других степеней свободы никакими физическими аналогами не затребована, то может считаться дополнительным введением в теорию, то есть ее введение нарушает принцип простоты построения теории, а это скажется через искажение значений космологических параметров, что приведет к несоответствию с наблюдательными данными.

Подход, разрабатывавшийся Дикке и Брансом предполагал построение такой теории гравитации, которая отличается от ОТО добавлением к полю метрического тензора скалярного поля. „Это оказывает локальное влияние на силу гравитационного взаимодействия так, что „сильный” принцип эквивалентности уже не выполняется” [22, с. 92]. Введение дополнительного поля, естественно, нарушает принцип простоты построения новой теории гравитации. Несмотря на то, что скалярно-тензорная теория предлагала решение некоторых проблем фридмановской космологии (например, устраняется сингулярность в будущем, решалась проблема „вилки” в возрасте Вселенной) она была забракована научным сообществом прежде всего из-за несоответствия ее предсказаний – наблюдательным данным. Предсказывалась слишком высокая плотность вещества во Вселенной $2 \cdot 10^{-29}$ г/см³, слишком маленький возраст Вселенной $7 \cdot 10^9$ лет и низкое содержание гелия в начальной стадии эволюции Вселенной [23, с. 22].

Отбор космологических теорий, а в равной степени космологических моделей построенных на их основе, все еще должен иметь эмпирическое основание, но при этом уже все большая роль отводится внутри-

теоретическим достоинствам конкурирующих теорий. Историческая практика показывает, что те теории, которые были „максимально простыми” (как, например, общая теория относительности с физической стороны) — получили и хорошее эмпирическое подтверждение наблюдениями.

Итак, несмотря на то, что роль внутритеоретических критериев совершенства космологических теорий постоянно стимулировала возникновение новых концепций Вселенной, *решающее значение на фридмановском этапе развития космологии, как и на ньютоновском этапе оставалось за наблюдательными подтверждениями.* Весь период эволюционной космологии, начиная с 1928 г. наполнен не столько попытками подтвердить теорию Фридмана-Леметра (в 1929 г. собственно период „эмпирической невесомости” заканчивается и начинается период „эмпирической устойчивости” теории); сколько попытками избавиться от внутритеоретических проблем содержательного характера (проблема сингулярности, плоскостности, горизонта и др.). Девис П. по этому поводу замечает: „при бесконечной плотности вещества уравнения Эйнштейна уже не могут давать разумное описание реальности. Наличие сингулярности в моделях Фридмана свидетельствует о том, что на достаточно раннем этапе расширения ОТО, а возможно даже и само пространственно-временное описание мира теряет силу” [24, с.204].

Эти проблемы также определялись внутренним развитием самой фридмановской теории, как и проблемы теории иерархической Вселенной. Как средство от внутреннего недуга в физике и космологии неоднократно предлагались выходы устранения трудностей с помощью полумер, так предпринимались попытки искусственного введения обрезывающих функций, чем-то напоминающих допущение Зеелигера по отношению к ньютоновской теории гравитации, которые приводили к замене интеграла на сумму, в результате чего устранялись расхожимости [25]. Однако такой метод решения проблемы сингулярности не может дать полного удовлетворения в построении и сохранении жизнеспособной теории. Как показывает история теоретического знания — все эти „грубые приемы” есть не что иное как подпорки той теории, которая сходит с исторической научной сцены *как господствующая теория.* Устранение этих трудностей сегодня выглядит многообещающим в области соединения супергравитации с квантовой теорией поля. Спустя столетие, научное сообщество все больше начинает осознавать, что идеи М. Планка о квантовой природе наиболее глубоких структур мира могут быть более фундаментальными, чем идеи его гениального современника.

4. Инфляционный этап космологии

Решение проблемы сингулярности, а также других проблем Фридмановской космологии до конца семидесятых годов предпринималось самыми различными космологическими школами (казнеровские модели, модели пульсирующей Вселенной Сахарова, концепция Ольвена, Омнеса, различные теории гравитации: Бранса-Дикке, Хойла, Бонди, Тредера и др. модели с различной топологией). С конца семидесятых годов и начала восьмидесятых из всего множества подходов выделяется наиболее перспективное направление, реконструирующее квантовое рождение Вселенной посредством флуктуации вакуума. Именно в этот период формируется такая гносеологическая установка, когда предпочтение отдается той теории, которая решает нерешенные проблемы предшествующей теории Фридмана-Леметра. Этим теория-претендент приобретает возможность на право стать *новой господствующей космологической теорией*, сделав эволюционирующую Вселенную, адекватно описываемую в рамках предшествующей теории Фридмана, только лишь ограниченной стадией в своем универсальном описании Вселенной. Этим соблюдается преемственность в динамике космологического знания, т.е. выполняется принцип „соответствия”. „Теория, которая была хорошо подкреплена, может быть превзойдена только теорией более высокого уровня универсальности, то есть теорией, которая лучше проверяема и которая вдобавок содержит старую, хорошо подкрепленную теорию или по крайней мере хорошее приближение к ней” [12, с. 224]. С этими словами Поппера трудно не согласиться, однако его недоверчивость относительно теорий очень высокого уровня универсальности требует, прежде всего, определения понятия „высокий уровень”. Кто может предопределить точно, что данная теория именно такого уровня универсальности, который не принесет ей эмпирического подтверждения? Думается, что никто. Вспомним хотя бы историю создания теории Фридмана. Ни сам Фридман, ни многие его единомышленники в начале двадцатых годов и не мечтали о возможности получения хоть какого-то наблюдательного подтверждения. Однако уже в 1929 г. оно было получено. Сам Фридман рассматривал свою теорию – не более чем математический курьез.

Сложность той ситуации, которая возникла сейчас в космологии в связи с построением новой более универсальной чем Фридма-

новская теория, сторонниками Поппера вполне могла бы быть квалифицирована как ненаучная. По мнению Поппера следует остерегаться новых теорий, находящихся на слишком высоком уровне универсальности, то есть слишком далеко от уровня достигнутого (экспериментальной) наблюдательной наукой данного периода [12, с. 224-225], т.к. по его мнению, это дает начало „метафизическим системам”. Например, инфляционная теория не может на данном этапе эволюции физики и космологии получить прямое эмпирическое подтверждение, хотя она и предлагает новые проверяемые факты, а также содержит предыдущую теорию в качестве „частного случая”. Таким образом, гносеологическая установка предполагающая „сдерживание” движения к большей универсальности, может оказаться несостоятельной именно сегодня, когда „непосредственное наблюдение” вообще подчас затруднено. Е.П. Никитин справедливо отмечает, что проблема „универсальности” (в широком смысле) оказалась неразрешимой в рамках эмпиризма [26, с. 86-100].

Итак, мы видим, что *в современной космологии с ее „слишком” универсальными теориями как никогда возрастает роль внутритеоретических критериев обоснования.* „На некоторых этапах исследования в таких науках как физика возможно относительно самостоятельное развитие теории — на основе ее собственной логики, иногда даже без обращения к эксперименту или наблюдению” [27, 5]. При этом заметим, что сами авторы новых космологических сценариев не ориентированы сознательно на элиминирование опыта или „априорные программы”. Как раз наоборот. Их достижение в том и состоит, что требуемый канонами новоевропейской науки опыт (опытное подтверждение), они, если он уже имел место в теориях-предшественниках меньшей степени универсальности — прекрасно поглощают, то есть факты „старого” опыта органично встраиваются в их концептуальную систему, или, если он места не имел, предсказывают в виде новых фактов. Все это побуждает нас предположить, что *современная ситуация в космологии, характеризуемая нами как „стадия эмпирической невесомости теории”, есть не случайное событие и не субъективная ее интерпретация, а фундаментальная характеристика той формы и того типа знания человека о Вселенной, который только и может иметь „умозрительный” характер, относясь к внешнему инструментальному опыту как к явлению подчиненному.* При этом увеличивается роль опыта теоретического, внутреннего, осуществляемого через внутритеоретическое обоснование.

Так в силу того, что сама новая инфляционная теория также неоднородна, т.е. включает несколько сценариев, то по отношению к

ней вновь приобретает эвристическое значение установка на максимальную простоту господствующей космологической модели в господствующей космологической теории. Как известно из истории создания теории инфляционной Вселенной было предложено несколько сценариев. А.Д. Линде выделяет в своей монографии три варианта: первоначальный, новый и хаотический [3]. Тогда как А. Вилленкин насчитывает четыре: „стандартный”, хаотический, сценарий Старобинского и сценарий Калуцы-Клейна, а по существу предлагает – пятый, в котором Вселенная возникает посредством квантового туннелирования из „ничего” [39, с.707].

Для удобства исследования, за основу возьмем ту классификацию, которая предложена Линде и разделяется многими космологами, например С. Хокингом [40]. В связи с проблемой простоты интересно рассмотреть переход от второго варианта к третьему, т.к. именно третий вариант был действительно революционным шагом вперед, позволившим решить проблемы фридмановской космологии.

Предыдущий (второй) сценарий оставался незавершенным из-за того, что при его „реализации в теорию вводилось дополнительное киральное суперполе” [28, с.1594]. Эффективным же потенциалом этого поля является потенциал $V(z, z^*)$. Но из-за произвольной функции (z) входящей в произвольный суперпотенциал, оставался произвольным и вид $V(z, z^*)$. Другими словами, введением дополнительного кирального поля нарушается простота теории, а проявлялось это в произвольном значении функции (z) . По мнению автора этого варианта теории, ее преимущества заключаются в том, что „в отличие от всех других теорий, рассмотренных до сих пор, для обеспечения большего раздувания и малости величины 10^{-4} не требуется введенная никаких дополнительных малых параметров” [28, 1599]. Новая теория оказывается свободна от дополнительного суперполя точно так же, как в свое время оказалась свободна от введения космологического члена теория Фридмана. „Упрощение” теории в свою очередь ведет к получению на выходе более адекватных наблюдательным данным значений космологических параметров. Выход инфляционной теории на новый уровень универсальности ставит еще одну очень важную проблему соотношения собственно космологических теорий (космологии вообще) с собственно физическими теориями (физикой вообще). Как сегодня установить границу космологии по отношению к физике? Например, исследование калибровочных полей в рамках современной космологии все равно остается собственно физической проблемой, с одной стороны, и является в такой же мере космологической проблемой, с другой стороны. Пред-

сказания Теории Великого Объединения носят вообще чисто космологический характер, т.к. „лабораторией”, в которой возможно ставить эксперименты с энергиями порядка 10^{15} ГэВ, была Вселенная на ранних стадиях ее эволюции (момент рождения). Поэтому можно утверждать, что на современном уровне развития космологии как самостоятельной науки, сохраняет силу фундаментальная зависимость космологии от физики, т.е. вырастая из физических теорий, космологические теории получают первоначальное обоснование именно в рамках теорий физических. Например, в начале и середине 20 в. предпочтительнее было строить космологическую теорию на базе ОТО, т.к. ее уравнения содержат в себе закон сохранения энергии, чего нельзя было сказать о многих других теориях гравитации (космологии) — теория, включающая С-поле и т.д. Здесь открывается возможность проанализировать взаимовлияние физики на космологию, с одной стороны, и космологии на физику, с другой стороны. Где кончается физика и начинается космология? Вероятнее всего там, где законы локальной физики обнаруживают границу своего применения при экстраполяции на крупномасштабную структуру Вселенной. И это был бы естественный ответ для „классической” физики. Однако квантовые флуктуации вакуума при очень высоких энергиях порядка $10^{14} - 10^{19}$ ГэВ, в локальной физике принципиально ненаблюдаемы. Этот и другие факты научного исследования позволяют решить проблему границы физики и космологии путем устранения этой границы вообще. То есть все современные фундаментальные физические теории являются одновременно и космологическими теориями. Это означает, что затруднительно указать „локальную” границу применения ОТО, квантовой гравитации, неравновесной термодинамики и т.д. Ньютоновская механика была в такой же мере космологической теорией, как и современная релятивистская и квантовая механика и их объединение. Более того, учитывая отборочный характер антропного принципа, нашу „избранность” во Вселенной по многим параметрам, можно предположить, что существование человека тоже носит глубоко космологический характер* [29]. В этом смысле получает совершенно иное звучание концепция Бонди и Гоулда о фундаментальности космологии по отношению к физике [30, 5].

* Допускаемая нами аналогия между стадиями эволюции Вселенной и человека, с учетом достижений хаотичного сценария инфляционной теории, позволяет говорить о принципе их „генетического подобия” [32]. Оказывается, что не только онтогенез человека подобен его филогенезу, но оба они подобны космогенезу, если верна *двузначность* эволюции Вселенной в инфляционной теории.

Наглядным подтверждением взаимообусловленности современной космологии и физики является проблема эмпирического обоснования инфляционной теории. Например, для решения проблемы барионной асимметрии, во Вселенной предсказывается существование суперсимметричного партнера гравитона, а, именно, — массивного, со спином $3/2$, с массой 10^2 ГэВ гравитино. А единственный путь обнаружения гравитино связан со сценарием раздувающейся Вселенной. Причем, „для того, чтобы это решение оказалось совместимым с наблюдаемой распространенностью дейтерия и гелия — 3, температура Вселенной после разогрева не должна превышать 10^8 ГэВ” [31, 4].

Поэтому инфляционная теория, вернее проблема ее наблюдательного подтверждения, на сегодня является трудноразрешимой в рамках земной экспериментальной физики. Названные выше и другие трудности в эмпирическом (наблюдательном) обосновании инфляционной парадигмы, безусловно, стимулируют научный поиск, ставящий задачу их преодоления. Так, в последние годы ведутся интенсивные исследования по обнаружению безмассовых и очень легких бозонов в солнечном излучении, существование которых предполагается как раз в тех теориях физики — теория супергравитации и теория суперструн — которые используются в качестве основы для инфляционной парадигмы [41]. Трудность их обнаружения имеет пока чисто инструментальную природу, т.к. „применяемые ранее детекторы чувствительны к аксионам с массой менее $0,1$ эВ” [41, 737]. Именно аксионы и другие частицы этого же класса являются претендентами на роль того субстрата, который несет ответственность за „скрытое вещество” (dark matter) во Вселенной [42].

Появляются работы [43], в которых утверждается об открытии анизотропии реликтового излучения предсказанного инфляционными теориями.

Между тем, эти и другие исследования в „прикладном” разделе космологии дают результаты, которые рано считать окончательными в отношении наблюдательного (экспериментального) подтверждения инфляционной теории. Теория и сегодня продолжает находиться на стадии „эмпирической невесомости”.

Однако пессимистические оценки инфляционной теории как ее противниками (представители альтернативных направлений в космологии и здоровый критицизм в среде самих ученых) (44), так и сторонниками „слерживания” роста универсальности (философы науки), нам представляются не до конца обоснованными в силу следующих замечательных свойств этой теории:

1. Инфляционная теория дает новые проверяемые предсказания, в сравнении с теорией Фридмана-Леметра. 2. Инфляционная теория может рассматривать ретроспективно те эмпирические подкрепления, которые имела теория Фридмана-Леметра как свои, ибо содержит последнюю теорию как стадию (предельный случай) в своем более универсальном описании эволюции Вселенной. Другими словами, та „часть” инфляционной теории, которая соответствует фридмановской эволюции – эмпирически обоснована. Но это „косвенное”, а не „прямое” подтверждение (обоснование), и поэтому не может играть решающей роли. 3. В истории естествознания очень редки те случаи, когда рука экспериментатора движется непрерывно вслед за рукой теоретика. Между „открытием” явления на бумаге и его подтверждением в действительности, как правило, лежит временной отрезок, длительность которого может быть сколь угодно большой. Это означает, что инфляционная теория в обозримом будущем возможно будет либо подтверждена, либо опровергнута. Эти три момента, на наш взгляд, существенно меняют пессимистическую оценку перспективной теории в современной космологии.

Возвращаясь к предсказаниям инфляционной теории напомним, что главным источником гравитино после космологической инфляции является процесс, в котором, в результате взаимодействия скалярной частицы с калибровочным фермионом, получается гравитино и калибровочный фермион. Другими словами, космологическая инфляционная теория, построенная на базе супергравитации – заранее оговаривает условия (наличие гравитино), которые могут дать ее эмпирическое обоснование. Предсказание существования гравитино со спином $3/2$ связано с открытием нового типа симметрии в мире – суперсимметрии, которая в отличие от предыдущих типов симметрии (классических), позволяет соединять частицы с целым и полуцелым спином в единый „мультиплет”. Та инфляционная теория, которая построена на базе супергравитации, приводит к тому, что суперсимметрия выступает как ее обосновывающий фактор. Новый принцип суперсимметрии придает космологической теории Линде больший эвристический вес, нежели классические типы симметрии – ставшей уже классической теорией Фридмана-Леметра. Теория Фридмана-Леметра была построена с учетом симметрии, существующей только в „ставшем” после фазового перехода мире, инфляционная же теория построена с учетом симметрии не только „ставшего мира”, но и мира перед становлением, до перехода вакуума из одного фазового состояния в другое, где в качестве переносчика такого рода взаимодействий предлагается легчайшая суперсим-

метричная частица хиггсина [45, с.162]. Следовательно суперсимметрия выступает как обобщение симметрий, которые Вигнер обозначал как геометрические (динамические – распространяются на гравитационные и электромагнитные взаимодействия) и негеометрические (распространяются и на сильные взаимодействия) [33, с. 23-31].

Другим фундаментальным предсказанием является предполагаемое существование стенок домена (неоднородности), размеры которой превосходят горизонт видимой Вселенной. Это создает принципиальное затруднение в наблюдательном подтверждении. Надежда подтверждения может базироваться только на каком-либо теоретическом или опытным прорыве за рамки существующего уровня развития науки и всей человеческой практики в целом.

Не менее серьезные трудности связаны и с обнаружением магнитных монополей – частиц, рождающихся в момент фазового перехода.

Наблюдательное подтверждение этих трех и других предсказаний инфляционной теории в настоящий момент затруднено*. В силу этого, она продолжает оставаться на стадии эмпирической невесомости. Поэтому, для того, чтобы упрочить положение инфляционной теории среди других конкурирующих с ней концепций Вселенной, целесообразно учитывать ее собственно теоретические достоинства. Здесь на первый план выступает способность теории решать проблемы фридмановской теории с учетом последних достижений в ядерной физике и квантовой механике, с одной стороны, и соответствие самой ее теоретической основы – совокупности идеалов и норм построения научного знания, с другой стороны. Выше уже было показано соответствие инфляционной теории в новой редакции Линде, требованиям соответствия, простоты исходных принципов, красоты построения и независимости теории от граничных условий. Кстати, последнее требование было и осталось действительным идеалом в космологии, на который давно ориентировало свое исследование подавляющее число космологов.

Таким образом, ситуация создавшаяся в космологическом исследовании позволяет сформулировать основной вопрос относительно решения проблемы эмпирической обоснованности, теперь уже не только космологии, но и с учетом процессов взаимопроникновения – и всей новой физики: отказывается ли современная космология в

* Новейшие сценарии, построенные на базе теории суперструн, предлагают еще менее верифицируемые предсказания.

** Р. Телмен в таких случаях предлагает устанавливать соответствие космологических моделей – базисной физической теории, считая их согласование с реальным миром вообще не обязательным [34, 339].

лице инфляционной теории от эмпирического критерия истинности, как от преходящего, обусловленного невысоким уровнем знания человека о фундаментальных структурах мира? Ответ на него следует, на наш взгляд, искать не в сегодняшнем дне с его неустойчивыми симпатиями к тем или иным гносеологическим установкам, а в истории научного мировоззрения как такового. Установка науки, начиная с Нового Времени и кончая недавним прошлым, была всегда ориентирована на опытное подтверждение. Основы этого подхода были заложены Галилеем и его последователями. Именно потеря этой установки, которая наметилась в 30-е годы в работах Милна, Уокера, Эддингтона и Дирака, беспокоила сторонников „индуктивной программы” построения космологического знания. По образному выражению Х. Дингла: „Ньютон не имел недостатка в воображении, но он скорее предпочел бросать камни, чем следовать свиньям Гадарина даже тогда, когда океаном перед ним была истина. Милн и Дирак, наоборот, ныряют с головой в океан „принципов” их собственного производства и, или игнорируют камни, или рассматривают их как препятствие” [15, 786].



Действительно, наука Нового времени есть детище опыта и эксперимента. Поэтому отказ в ее рамках от устоявшихся канонов с необходимостью поставил бы под сомнение принадлежность современных космологических теорий — науке такого типа. Однако сама нововременная наука претерпела в своих основах существенные изменения и, следовательно, выход из создавшегося положения может быть обнаружен через переинтерпретацию самого понятия науки [46, 414], которое сегодня связывается с ее постнеклассическим периодом. Выход космологии и фундаментальных физических теорий к вопросам о происхождении мира [35], зависимости характеристик физической реальности от наблюдателя и др., является для классического типа науки не только неожиданным, но и противоречащим стандартам научного исследования в ее рамках. Так в конце 18-го — начале 19-го века, когда принципы нового научного мировоззрения, сформулированные Галилеем, Ньютоном, Лейбницем, Декартом и другими его родоначальниками стали общепринятыми, Вселенная еще отождествлялась с Галактикой и исследователи, например, У. Гершель, предпочитали говорить об эволюции видимой звездной Вселенной, а не о Вселенной как целом [36, с.210].

Таким образом, изменение типа и характеристик науки не может не повлечь за собой изменение ее эпистемологических идеалов,

которые теперь уже на новом уровне не есть просто субъективное желание ученого построить „априорную геометрию”, а объективно затребованы к жизни потребностями отображения самого изменившегося предмета космологии. Отвечая на вопрос „почему?”, а не на вопрос „как?” [3, с.33] и обращаясь к процессам имевшим место в „момент” рождения наблюдаемой Вселенной, космология, безусловно, не может прямо апеллировать к опыту (наблюдению). То, что для Ньютона было делом Бога и носило в его „Математических началах” характер „метафизического комментария”, сегодня стало собственным делом физики и космологии. Означает ли это потерю космологическими теориями статуса научности? Безусловно нет. Инфляционная теория, чтобы стать полноценной теорией науки, в ее классическом понимании, должна иметь в конечном счете прямое или опосредованное опытное (экспериментальное) подтверждение. Однако на сегодняшний день она не имеет такого обоснования вновь предсказанных ею явлений реальности. Означает ли это, что инфляционная теория — фантастическая гипотеза, красивая и привлекательная, но не имеющая никакого отношения к действительности, а значит, и к науке? Думается, что ответ лежит в иной плоскости и сводится к двум положениям. Первое: инфляционная теория находится на стадии „эмпирической невесомости”, а, следовательно, за отсутствием наблюдательных (экспериментальных) данных о предсказанных ею явлениях, первостепенное значение приобретают внутритеоретические критерии обоснованности. Более того, сама еще не получив подтверждения, инфляционная теория, в силу ее внутритеоретической обоснованности и научной продуктивности, становится критерием реалистичности — осознана необходимость включать инфляционную стадию не только в выдвигаемые космологические сценарии* но и в фундаментальные физические теории — теорию супергравитации, теорию суперструн [3, 5-6]. Второе: уникальность исследуемого объекта — Вселенная на самых ранних стадиях ее эволюции и в „момент” рождения — позволяет предположить, что стадия „эмпирической невесомости” может иметь тенденцию к увеличению своей протяженности во времени. Тем самым еще более значимыми становятся внутритеоретические критерии обоснования космологического знания, а помня о малопродуктивности для ценки научной теории косвенной эмпирической верификации — они становятся, по существу, единственными критериями обоснованности, что неявно признается самими исследователями в космологии, уже сейчас, до

* Это положение сегодня строго доказывается, а не только постулируется [37, 343].

всякого подтверждения, считающими и признающими совокупность инфляционных сценариев состоявшейся космологической теорией и даже новой парадигмой [3, с.60-61]. Возникшее положение не является беспрецедентным в истории человеческого знания вообще и науки в частности. Тем более оно не означает „скандала в науке” или ее „конца”, о котором говорят Гриббин и Рис [47, с.287]. Просто потребности современного состояния космологии и фундаментальной физики побуждают по-новому, а точнее по-старому, осмыслить само понятие „научное знание” и „научный опыт”^{**}. Почему по-старому, потому что уже античность знала опыт теоретический: проверку свойств рационально заданного предмета — рациональными же средствами, то есть проверку в самом разуме. Такое понимание опыта кажется с позиций нововременных канонов — кощунством. Но именно новация возрожденческой и нововременной науки — эксперимент с реальностью — поставила эту реальность в такие условия, в которых кощунством выглядит сама эта новация. Произойти это могло только при условии полной десакрализации самой этой реальности. Мы, конечно, далеки от того, чтобы сегодня делать окончательные выводы. Но все же нам представляется, что само смещение акцентов в структуре научного познания фундаментальных свойств мира от обязательного инструментального экспериментирования с реальностью к ее воспроизведению в „умном опыте”, является обнадеживающим штрихом в контуре той будущей науки, которая сегодня еще только прорисовывается и предварительно называется „постнеклассической”. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 94-06-19814).

Литература

1. *Аристотель*. Сочинения. М., 1981. Т. 3.
2. *Платон*. Сочинения. М., 1971. Т. 3 и 1.
3. *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990.
4. *Arrhenius S.* Das Werden der Weiten. Leipzig, 1908.
5. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. М.; Л., 1936.
6. С этим фактом согласен и М.К. Мюниц. См. *Munitz M.K.* Space, Time and Creation: philosophical aspects of scientific cosmology. USA, 1957.
7. *Brans C., Dicke R.H.* Mach's Principle and a Relativistic Theory of Gravitation // The Physical Review, USA, 1961, vol. 124, n 3.
8. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. М., 1965. Т. 1.
9. *Фридман А.А.* О кривизне пространства // Он же. Избранные труды. М., 1966.

^{**} Переосмысление этих понятий есть в сущности не что иное как простое возвращение к их первоначальным смыслам [38].

10. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Стрoение и эволюция Вселенной. М., 1975.
11. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. М., 1967. Т. 4.
12. *Поппер К.* Логика и рост научного знания. М., 1983.
13. *Альвен Х.* Миры и антимиры. М., 1968. Аналогичные аргументы высказывал Милн Е.А., еще в 30-е годы. См.: Milne E.A. On the Origin of Laws of Nature // Nature. 1937. Vol. 139. N 3528. P. 999.
14. *Miln E.A.* Proceedings of the Royal Society. London, 1937. A 158.
15. *Dingle H.* Modern Aristotelianism // Nature. 1937. V. 139. N 3523.
16. *Турсунов А.* Философия и современная космология. М., 1977.
17. *Eddington A.S.* The Philosophy of Physical Science. Cambridge, 1939. Eddington A.S. Physical Science and Philosophy // Nature, 1937. V. 139. N 3528. P. 1000.
18. См. *Гинзбург В.И., Муханов В.Ф., Фролов В.П.* О космологии сверххранной Вселенной и „фундаментальной длине”. М. ЖЭТФ. 1988. Т. 94, в. 4.
19. *Хлопов М.Ю.* Вселенная – гигантский ускоритель. М., 1987. N 1.
20. *Хойл Ф.* Галактики, ядра и квазары. М., 1968.
21. См.: *Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж.* Гравитация. 1977.
22. *Дикке Р.* Гравитация и Вселенная. М., 1972.
23. *Dicke R.H.* Scalar-tensor gravitation and the cosmic fireball // The Astrophysical Journal. 1968. Vol. 152. N 1. Pat. 1.
24. *Девис П.* Пространство и время в современной картине Вселенной. М., 1979.
25. *Мамаев С.Т., Мостепаненко В.М., Старобинский А.А.* Рождение частиц из вакуума вблизи однородной изотропной сингулярности. М. ЖЭТФ. 1976. Т. 70, в. 5.
26. *Викитин Е.П.* Природа обоснования. М., 1981.
27. *Амбарцумян В.А., Казютинский В.В.* Проблемы методологии естествонаучного поиска // Вопр. философии. 1971. N2. С. 43-54.
28. *Гончаров А.С., Линде А.Д.* Хаотическое раздувание Вселенной в супергравитации // М. ЖЭТФ, 1984. Т. 86, в. 5.
29. См.: *Tipler E.J., Barrow J.D.* The anthropic cosmological Principle. Oxford. N.Y., 1985.
30. *Bondi H.* Cosmology. Cambridge, 1960.
31. *Линде А.Д., Фаломкин И.В., Хлопов М.Ю.* Аннигиляция антипротонов в гелии как тест моделей, основанных на N=1 супергравитации // Сообщения объединенного института ядерных исследований. Дубна. ИЯИ, 1984.
32. См.: *Павленко А.Н.* Панпсихизм Циолковского и византийская патристика // Труды 27-х научных чтений К.Э. Циолковского. М., 1994; Павленко А.Н. Бытие у своего порога. // Человек. 1994. N 1. С. 51-52.
33. *Вигнер Е.* Этюды о симметрии. М., 1971.
34. *Толмен Р.* Относительность, термодинамика и космология. М., 1974.
35. *Павленко А.Н.* К.Э. Циолковский о „Причине космоса” и современная космология // Труды XXIV Чтений, посвященных научной разработке наследия К.Э. Циолковского. М., 1991.
36. *Еремеева А.И.* Вселенная Гершеля. М., 1966.
37. *Парновский С.Л.* Инфляционные решения в однородных космологических моделях со скалярным полем. М. ЖЭТФ. 1993. Т. 103, в. 2. С. 337-343.
38. См. *Pavlenko A.N.* The Problem of „Ecologically Pure” Theory (A Possible Version of Postmodern Science Development) // XIX world Congress of Philosophy. M. 1993. V. 1.
39. *Vilenkin A.* Quantum cosmology // The Early Universe. Reprints. USA. 1988.

40. *Hawking S.W.* Eine kurze Geschichte der Zeit: Die Suche nach der Urkraft des Universums. Hamburg. 1988.
41. *Воробьев П.В.* Индуцированный светом распад псевдоголдстоуновских бозонов и поиск аксионного излучения Солнца // Письма в ЖЭТФ. М., 1993. Т. 57, в. 12. С. 737-740.
42. См. *Dine M., Fischler N.* The Not- So – Harmless Axion // Physics Letters. 1983, vol. 120 B, N 1-3. P. 137-141.
43. См. *Tammann G.A.* Europhysics News. 1992. V 23. N 97; *Соколов Н.Ю.* Топологическая нетривиальность Вселенной и анизотропия реликтового излучения. // Письма в ЖЭТФ. 1993. Т. 57, в. 10. С. 601-605.
44. См. *Дымникова И.Г.* Инфляционная Вселенная с точки зрения ОТО. М. ЖЭТФ. 1986. Т. 90, в. 6; *Халфин Л.А.* Об ограничениях на инфляционные модели Вселенной. М. ЖЭТФ. 1986. Т. 91, в. 4(10).
45. *Ellis J., Hagelin J., Nanopoulos D., Olive K., Srednicki M.* Supersymmetric Relics from the Big Bang // Inflationary cosmology. 1986. USA. Singapore.
46. *Павленко А.Н.* Идеалы рациональности в современной науке. // Вестник Российской Академии наук. М., 1994. N 5. С. 409-415.
47. *Gribbin J., Rees M.* Cosmic coincidences. N. Y. 1989.

Термодинамический парадокс в космологии: новый взгляд

Термодинамический парадокс в космологии, сформулированный во второй половине XIX века, непрерывно будоражит с тех пор научное сообщество. Дело в том, что он затронул наиболее глубокие структуры научной картины мира. Хотя многочисленные попытки разрешения этого парадокса приводили всегда лишь к частным успехам, они порождали новые, нетривиальные физические идеи, модели, теории. Термодинамический парадокс выступает неиссякаемым источником новых научных знаний. Вместе с тем, его становление в науке оказалось опутанным множеством предубеждений и совершенно неверных интерпретаций. Необходим новый взгляд на эту, казалось бы, довольно хорошо изученную проблему, которая приобретает нетрадиционный смысл в постнеклассической науке.

Характеристика основных черт постнеклассической науки изложена в [1]. Постнеклассическая наука, прежде всего, теория самоорганизации, проблему направленности термодинамических процессов в природе решает существенно иначе, чем наука классическая или неклассическая; это находит выражение в современной научной картине мира (НКМ) – которую автор понимает иначе, чем Ф.А. Цицин (подробнее см [2]).

1. Термодинамический парадокс в ньютоновой космологии

Термодинамический парадокс возник впервые в картине мира Ньютона – как острый конфликт между самой этой картиной мира и ее философско-мировоззренческими основаниями, с одной стороны, и выводами вытекающими из экстраполяции на Вселенную принципа возрастания энтропии – с другой. Распространенное мнение, что этот парадокс был сформулирован В. Томсоном и Р. Клаузиусом является неверным. Дело обстояло как раз наоборот: этот парадокс был выявлен их оппонентами, в том числе, например, Э. Геккелем, Н.А. Умовым, К.Э. Циолковским. Очень четко выявилось

„человеческое измерение” термодинамического парадокса, благодаря которому он немедленно оказался в центре самых ожесточенных дискуссий, выплснувших далеко за пределы естествознания и поставивших самые коренные мировоззренческие вопросы.

Обратившись к исходным формулировкам идеи тепло́й смерти Вселенной, можно видеть, что они далеко не во всем соответствуют их хорошо известным интерпретациям, сквозь призму которых эти формулировки нами обычно воспринимаются. Принято говорить о теории тепловой смерти или термодинамическом парадоксе В. Томсона и Р. Клаузиуса. Но, во-первых, соответствующие мысли этих авторов далеко не во всем совпадают, во-вторых, в приводимых ниже высказываниях ни теории, ни парадокса не содержится.

В. Томсон, анализируя „проявляющуюся в природе общую тенденцию к рассеянию механической энергии” [3], не распространял ее на мир как целое. Он экстраполировал принцип возрастания энтропии лишь на протекающие в природе крупномасштабные процессы. Напротив, Клаузиус предложил экстраполяцию этого принципа именно на Вселенную как целое, выступавшую для него всеобъемлющей физической системой. По словам Клаузиуса „общее состояние Вселенной должно все больше и все больше изменяться” в направлении, определяемом принципом возрастания энтропии и, следовательно, это состояние должно непрерывно приближаться к некоторому предельному состоянию. Отсюда вытекают, по мнению Клаузиуса, следующие формулировки принципов термодинамики:

“1. Энергия мира постоянна.

2. Энтропия мира стремится к максимуму” [4, с.44]. Тем самым неявно вводятся следующие абстракции: в рамках термодинамики можно употреблять понятия состояния мира как целостной системы; мир как целое — замкнутая система; эволюция мира может быть описана как смена его состояний; для мира как целого состояние с максимальной энтропией имеет смысл, также как и для любой конечной системы. Но у Томсона этих допущений нет. Тем самым, хотя рассуждения Клаузиуса в известном смысле продолжают идеи Томсона, все же между ними существует и коренное различие.

Дело в том, что экстраполяция в физике какого-либо принципа на бесконечность, не может рассматриваться как очевидная, само собой разумеющаяся процедура; во всяком случае необходима хотя бы попытка ее обоснования. Конструкт „бесконечная Вселенная”, которым обозначался объект для экстраполяции принципа возрастания энтропии, получал в ньютоновой космологии свою концептуальную определенность лишь на уровне НКМ, но не на уровне кос-

мологической теории, — ее в то время еще просто не было. Мог ли такой объект рассматриваться в качестве системы — а это понятие, относящееся к теоретическому уровню знания, — отнюдь не очевидно.

Другое различие особенно существенно с современной точки зрения. Томсон (но не Клаузиус!) вводил в обсуждаемую проблему „человеческое измерение”: „В прошлом, отстоящем на конечный промежуток времени от настоящего момента земля находилась и спустя конечный промежуток времени она снова очутится в состоянии, не пригодном для обитания человека”; — но — далее следует примечательная оговорка: „если только в прошлом не были проведены, и в будущем не будут предприняты такие меры, которые являются неосуществимыми при наличии законов, регулирующих известные процессы, протекающие ныне в материальном мире” [3, с. 182]. Какие это меры, ясно из следующих слов Томсона: „почти достоверно, что только творческая сила может создавать и уничтожать механическую энергию”. Но поскольку в наличии подобной силы он не сомневался, то и „потеря тепла” вследствие процессов его рассеяния „не может быть полным уничтожением, но должна представлять собой какое-то преобразование энергии” [3, с. 180].

И у Томсона, и у Клаузиуса речь идет, таким образом, лишь об экстраполяционном выводе — переносе принципа возрастания энтропии из условий физической лаборатории, в которых его справедливость считалась доказанной, на объекты космических масштабов — вплоть до Вселенной как целого. Никакой формулировки какого бы то ни было парадокса ни у одного из этих авторов мы не находим и приписывать им выдвижение термодинамического парадокса нет решительно никаких резоннов.

Как же на самом деле появился термодинамический парадокс в космологии? Нетрудно убедиться, что он был фактически сформулирован оппонентами Томсона и Клаузиуса, которые увидели противоречие между идеей тепловой смерти Вселенной и коренными положениями материализма о бесконечности мира в пространстве и времени. Формулировки термодинамического парадокса, которые мы встречаем у различных авторов, на редкость схожи, практически полностью совпадают. „Если бы учение об энтропии, — писал Э. Геккель — было правильным, то предполагаемому им „концу” мира должно было бы соответствовать и „начало”, минимум энтропии”, когда температурное различие между обособленными частями Вселенной было бы наибольшим. На наш взгляд ... оба воззрения представляются одинаково несостоятельными. Начала мира также не су-

ществует, как и конца. Как мир бесконечен, так и пребывает в вечном движении”... [5, с. 290].

Буквально теми же словами выражал суть термодинамического парадокса Н.А. Умов: „С законом роста энтропии связан один важный вопрос: если она увеличивается, то должен был существовать момент, когда энтропия была наименьшей; он должен был совпасть с началом мира, и мы пришли бы опять к загадке: к чему было строить и пускать в ход механизм, осужденный с первого же момента своего существования на смерть?” [6, с. 282].

К.Э. Циолковский также исходил из „аргумента бесконечности” в своей формулировке парадокса и способа его разрешения: „Мир существует давно, трудно даже предположить, чтобы он когда-нибудь не существовал. А если он уже существует бесконечное время, то должно было бы наступить уравнение температур, угасание Солнц и всеобщая смерть. А раз этого нет, то и закона нет, а есть только явление, часто повторяющееся” [7, с. 7].

Логика термодинамического парадокса была очень четко выражена Ф. Энгельсом, известные мысли которого еще недавно считались философско-мировоззренческим опровержением идеи тепловой смерти Вселенной: „Клаузиус – if correct (если я правильно его понимаю) – писал он в одном из фрагментов – доказывает, что мир сотворен, следовательно, что материя сотворима, следовательно, что она уничтожима, следовательно, что и сила движения сотворима и уничтожима, следовательно, что все его учение о „сохранении силы” бессмыслица, – следовательно, что и все его выводы из этого учения тоже бессмыслица” [8, с.604]. Аналогичные высказывания – все они хорошо известны – встречаются и на многих других страницах „Диалектики природы”. В приведенных цитатах Клаузиусу приписывается мысль, которой мы совершенно не находим в его собственных работах; там решительно ничего не говорится о сотворении мира, это – следствие, выводимое из принципа Клаузиуса его критиками. Энгельс, кроме того, находил у Клаузиуса и логическое противоречие. Но как бы мы не относились к специфической формулировке 2-го начала термодинамики, предложенной Клаузиусом: „энтропия мира стремится к максимуму” – едва ли можно заметить в самой этой формулировке какие-либо внутренние противоречия, настолько серьезные, что они лишали бы ее смысла. Логика сведения к абсурду в данном контексте, на наш взгляд, не срабатывает.

В чем же состоит эпистемологическая природа рассматриваемого парадокса? Все цитированные авторы, по сути, приписывают ему философско-мировоззренческий характер. Но фактически здесь

смешиваются два уровня знания, которые с нашей современной точки зрения следует различать. Исходным было все-таки возникновение термодинамического парадокса на уровне НКМ, на котором Клаузиус и осуществлял свою экстраполяцию возрастания принципа энтропии на Вселенную. Парадокс выступал как противоречие между выводом Клаузиуса и принципом бесконечности мира во времени, согласно космологии Ньютона. На том же уровне знания возникли и другие космологические парадоксы – фотометрический и гравитационный, причем их эпистемологическая природа была очень сходной. Суть одного из этих парадоксов составляла противоречие между наблюдаемыми фактами и принципом бесконечности пространства в ньютоновой картине мира, другого – между наблюдаемыми фактами и принципом бесконечности масс, а также создаваемых ими ускорений. Но ни фотометрический, ни гравитационный парадоксы – в отличие от термодинамического – не вышли за пределы НКМ, особого волнения среди естествоиспытателей не вызвали. Причина вполне понятна – они касались достаточно отвлеченных вопросов, тогда как термодинамический парадокс сразу же приобрел „человеческое измерение”, так четко подчеркнутое Томсоном.

В самом деле, тепловая смерть Вселенной, даже если бы она произошла в каком-то отдаленном будущем, пусть даже через миллиарды или десятки миллиардов лет, все равно ограничивает „шкалу времени” человеческого прогресса. Точно так же сейчас возможное ограничение на сроки выживания общества накладывается призраком „ядерной зимы”. Мысль многих авторов, и прежде всего К.Э. Циолковского, не могла „мириться” с подобной перспективой. Вот почему высказывания о, казалось бы, чисто научной экстраполяции Клаузиуса, которую и обсуждать надо в строго научных рамках, часто приобретали характер беспрецедентных философско-мировоззренческих дискуссий по поводу физических принципов. Совершенно типичной стала, например, оценка вывода Клаузиуса не иначе как „мрачного” „пессимистического” и т.п. Впрочем, именно так его оценивали и сторонники идеи тепловой смерти.

Например, А.Н. Щукарев писал, что „...пульс природы непрерывно замирает, ее жизнь погасает, и в бесконечной дали вырисовывается черный призрачный „мировой смерти” [9, с. 59].

Б.А. Шишковский выделял в принципе Клаузиуса моральный аспект: „Закон энтропии – это как бы закон высшей справедливости, и без сомнения он был впервые провозглашен при изгнании наших прародителей из рая” [10, с. 16].

Эмоционально-негативные оценки принципа Клаузиуса сохранились в науке почти до наших дней. Приведем несколько высказываний И.И. Гвая: „...сторонники теории необратимости не оставляли ни малейшего просвета в судьбе человечества... Человеку будет безразлично, окончат ли ему на полностью замерзшей Земле, или в качестве ракетного путешественника вмерзнуть в „энтропийный” лед космического пространства...” [11, с. 55]. Это по его словам „глубоко пессимистическое положение”, „мрачное и безысходное прочтение” и т.д. [11, с. 55-56].

Какими же представлялись возможные пути устранения термодинамического парадокса в космологии тем авторам, которые видели в нем угрозу ньютоновой картине мира, или же — и это казалось особенно неприемлемым — ее материалистическим философско-мировоззренческим основаниям? Многочисленные исследования в области термодинамики Вселенной зафиксировали широкий спектр подходов, мнений, высказываний, направленных на „преодоление” принципа Клаузиуса. Мы изложим их таким образом, чтобы наиболее четко выявлялась приемственность динамики идей, сохранившихся, иногда в заметно трансформированной форме, вплоть до наших дней.

Огромный резонанс вызвала флуктуационная гипотеза Л. Больцмана [12], исходящая из допущения, что бесконечная Вселенная уже достигла состояния термодинамического равновесия, т.е. тепловой смерти. Но вследствие статистического характера принципа возрастания энтропии, возможны макроскопические отклонения от состояния равновесия — флуктуации. Одну из них представляет и наблюдаемая нами область Вселенной.

Флуктуационная гипотеза Больцмана оценивалась крайне противоречиво. Многие физики высказывали мнение либо об исчезающе малой вероятности флуктуации, охватывающей всю наблюдаемую область Вселенной, либо о том, что в этой гипотезе нет необходимости и т.п. Ряд философов-материалистов отвергал ее на том основании, что эта гипотеза представляет собой как бы „второе издание” идеи тепловой смерти. Напрстив, А. Поликаров оценивал флуктуационную гипотезу очень высоко [13]. С нашей точки зрения, следует учитывать, что, несмотря на все возражения и негативные оценки, эта гипотеза сохранилась до нашего времени, более того, прочно вошла в науку, эффективно „работает” в ней. Причина вполне понятна: наряду с моделью термодинамических процессов во Вселенной, ограниченной определенным уровнем науки, она выражала существенный компонент НКМ, который был возрожден постнеклассической наукой. Современная картина нелинейного мира не-

мыслима без идеи флуктуации, в том числе крупномасштабной. Например, Вселенная, возможно, возникла в результате флуктуации физического вакуума. Гипотеза Больцмана содержала еще один, в потенции чрезвычайно эвристичный момент, значение которого так подчеркивается постнеклассической наукой: человек, наблюдатель мог возникнуть не в любой области мира (конкретно, по Больцману, только в такой, которая охвачена грандиозной флуктуацией). Рассматриваемая гипотеза предвосхитила некоторые черты содержания антропного принципа [14]. Для классической физики этот „человеческий момент” больцмановских идей, конечно, не мог считаться достоинством, и он прошел тогда незамеченным.

Но особенно многочисленной была группа гипотез, основанных на „антиэнтропийном” подходе, при котором либо не признавался сам принцип возрастания энтропии, либо отрицалась его универсальность, то есть применимость к миру как целому. Проблема ставилась так: экстраполяция принципа Клаузиуса как целое вступает в острый конфликт с НКМ классического естествознания и его философско-мировоззренческими основаниями. Но поскольку они не могут подвергаться сомнению, причина конфликта состоит в неправомерности самой исходной экстраполяции. Если принять, что принцип сохранения энергии универсален, а принцип возрастания энтропии справедлив лишь в определенных границах — затруднения, связанные с его космологической экстраполяцией могут быть преодолены. Отличие подобного подхода от больцмановского очевидно: Больцман считал, что оба начала термодинамики имеют одинаковую сферу применимости — универсальную; сторонники же обсуждаемого подхода часто рассматривали этот конфликт как аргумент в пользу ограниченности принципа Клаузиуса даже в его статистической интерпретации. Если этот принцип не применим к микромиру, то тем более он может иметь и космологические границы, что, разумеется, совершенно противоречит больцмановскому подходу.

Назовем некоторые эпистемологические особенности „антиэнтропийного” подхода к разрешению термодинамического парадокса в космологии. Его основная, как правило, явно провозглашаемая цель, состояла не столько в том, чтобы решить сложную естественнонаучную проблему — устранить затруднения в рамках научной картины Вселенной, — сколько в „спасении” философско-мировоззренческих оснований классического естествознания. Только в этом контексте можно понять излишнюю эмоциональность критики сторонниками этого подхода принципа Клаузиуса, страстное, буквально неистребимое желание во что бы то ни стало опровергнуть идею

тепловой смерти Вселенной, даже если конкретных аргументов для этого явно еще не хватало (как не хватает их и до сих пор). Для этого казалось достаточным продемонстрировать — по крайней мере качественно — возможность построения гипотез или схем, в которых Вселенная не стремилась бы к состоянию тепловой смерти. Исходным моментом всех этих гипотез был возрожденный принцип круговорота материи во Вселенной, который, на первый взгляд, был полностью отброшен принципом Клаузиуса. Именно в этом последнем моменте можно видеть черту, сближающую „антиэнтропийные” гипотезы с флуктуационной гипотезой Больцмана, которую также рассматривают нередко как одну из конкретизаций идеи круговорота.

Характерный образец рассматриваемого способа ликвидации термодинамического парадокса в космологии — размышления К.Э. Циолковского. По его словам (1935 год), анализируя проблемы термодинамики, он „...уверовал в вечную юность Вселенной. Перспектива тепловой смерти космоса рушилась в моем мозгу, теперь у меня скопилось много доказательств в пользу моих выводов” [15, с. 44]. Суммируем кратко аргументы К.Э. Циолковского.

1. Он подчеркивал, что идея, согласно которой теплота не может перейти от более холодного тела, к более нагретому, сопровождалась оговоркой, которую он называет „странной”: не может перейти сама собой, или при помощи неодушевленной материи. „Что значит сама собой — настойчиво спрашивал К.Э. Циолковский, и добавлял: „Стало быть и Клаузиус признает какие-то условия, при которых совершается этот обратный переход”. Названные оговорки свидетельствуют, что принцип возрастания энтропии не является универсальным или даже вообще не является законом. „Настанет время, когда солнца потухнут, мир замрет, живое уничтожится. Но этого не будет, если постулат Клаузиуса не признавать началом или законом” — эмоционально заключал К.Э. Циолковский [7, с. 5-6].

2. Принцип Клаузиуса оправдывается не всегда: в природе возможны спонтанные энергетические переходы антиэнтропийного характера.

3. Антиэнтропийные процессы возможны и как результат человеческой деятельности, т.е. сознательного создания тех, пока еще не изученных наукой условий, при которых совершаются процессы „концентрации” рассеянной энергии.

4. Процессы рассеяния и концентрации энергии „...равны и обеспечивают вечное возникновение юности Вселенной” [16, с. 48].

5. Этот вывод имеет огромное значение для космического будущего человечества.

Сторонники принципа Клаузиуса, в свою очередь, очень негативно отнеслись к попыткам возрождения идеи круговорота. Например, О.Д. Хвольсон считал принцип Клаузиуса „важнейшим законом” природы, ставил его на первое место „между немногими истинами, до которых человечеству удалось добраться...” [17, с. 97-98]. Он энергично подчеркивал, что „...существует действительный закон развития: закон энтропии, закон эволюции мира” [17, с. 109]. Что же касается антиэнтропийных процессов, то в резкой полемике с Геккелем он сформулировал так называемую „двенадцатую заповедь”: не пиши о том, чего не понимаешь. Таким образом, принцип Клаузиуса попал в „болеую точку” мировоззрения физиков второй половины XIX века, вызвав интенсивные дискуссии об основаниях этой науки. Различия восприятия термодинамического парадокса были вызваны, как мы старались показать, даже не столько научным, сколько мировоззренческим и вообще социокультурным контекстом. Вот почему попытки его опровержения были столь многочисленными, чрезвычайно эмоциональными и притом — в некоторых случаях — очень легковесными. Это не мешало высказывать их с уверенностью, далеко превосходящей изложение строго обоснованных научных идей.

Хотя сам „энтропийный подход” к устранению термодинамического парадокса в космологии не привел к доказательным результатам, резкая (и во многом несправедливая) критика принципа Клаузиуса сторонниками этого подхода, которая без каких бы то ни было существенных изменений репродуцировалась на протяжении практически целого столетия, привела к закреплению негативной его оценки. Но сейчас подобная оценка все более выявляет свою односторонность, если не сказать ошибочность. Всецело основанная на устаревших мировоззренческих предубеждениях, отголосках давно оставленных предрассудков и подкрепленная частоколом неверно понятых цитат, она должна быть, по нашему мнению, радикально пересмотрена.

Можно выделить по крайней мере пять моментов, характеризующих эвристическую роль термодинамического парадокса в науке, который выступает неиссякаемым источником новых концептуальных достижений.

1. Принцип возрастания энтропии (в форме термодинамического парадокса) с самого своего появления не только не вписывался в карту мира Ньютона, но и вступил с ней в непримиримое противоречие, содействовал ее „разрушению”, возможно даже в большей степени, чем все другие открытия физики XIX века. Этот принцип перечеркнул классический образ мира как часового механизма, движение которого полностью детерминировано начальными условия-

ми и законами, отверг идею механического круговорота в природе. Так и не опровергнутый, несмотря на все ухищрения, принцип Клаузиуса свидетельствовал: природа гораздо глубже, чем сложившееся до того времени и канонизированные культурой „общепринятые” представления о ней.

1. Отторгнутый ньютоновской картиной мира, этот принцип, как подчеркивал еще Эддингтон, стал краеугольным камнем неклассических взглядов на природу. Но сейчас мы видим, что его научные последствия оказались еще более грандиозными. По словам И. Пригожина, со времен Ньютона физика видела „свою задачу в достижении не зависящего от времени уровня реальности, на котором не происходят истинные изменения, а лишь вполне детерминированным образом эволюционируют начальные состояния”; это была „физика существующего” основания которой не были затронуты ни теорией относительности, ни квантовой механикой. Время выступало в этих концептуальных системах лишь как внешний параметр, не имеющий выделенного направления. Термодинамика, которую по мнению Пригожина „следовало бы назвать „физикой возникающего” подтверждает реальность изменения и вводит физическую величину – энтропию, задающую „стрелу времени” [18, с. 217-218].

2. Клаузиус, впервые после Ньютона, вернулся к проблематике мира как целого, впервые сформулировал проблему его эволюции не на философско-мировоззренческом уровне, как это было до него, а языком НКМ. Томсон и Клаузиус – опять – таки, впервые! – поставили вопрос о связи между эволюцией космических тел и систем и изменением состояния Вселенной как целого. Успешные попытки, решения этой задачи, то есть разработки теории, учитывающей такую связь, были сделаны лишь в наше время.

3. Принцип Клаузиуса впервые ввел в науку понимание эволюции как необратимого изменения состояния физических объектов – в противовес идее механического круговорота в классической картине мира. Оценка этого принципа О.Д. Хвольсоном как закона эволюции сохраняет свое значение и сейчас.

4. Еще более значимыми с философско-мировоззренческой точки зрения следствиями принципа Клаузиуса были конструкты „конца”, а значит, возможно, и „начала” мира, впервые сформулированные на уровне НКМ в ходе дискуссии вокруг этого принципа.

5. И, наконец, принцип Клаузиуса сыграл важную эвристическую роль в становлении – почти столетие спустя – теории самоорганизации. Как подчеркнули П. Гленсдорф и И. Пригожин, „эволюционная идея возникла в XIX в. в двух прямо противоположных

формах: в термодинамике принцип Карно–Клаузиуса формулируется как закон непрерывной деорганизации и разрушения изначально заданной структуры. В биологии, или социологии, идея эволюции, напротив, ассоциируется с усложнением организации” [19, с. 258]. Как показал Пригожин, противоречие между пониманием эволюции живой и неживой природы, возникшее после появления принципа Клаузиуса и на уровне классической НКМ и разрешавшееся отстаиванием различных вариантов принципам всеобщей обратимости физических процессов, снимается иными концептуальными структурами – теорией самоорганизации, в частности, термодинамикой неравновесных процессов.

Странное дело: идеи Больцмана и Пригожина получили высокую оценку в современных философских исследованиях науки, но как только речь заходит об их истоке – принципе Клаузиуса – характер оценок резко меняется и даже становится прямо противоположным. Мы все еще смотрим на принцип Клаузиуса сквозь густой шлейф исторически переходящих дискуссий, отражавших лишь противоречивые формы освоения этого принципа в науке и культуре. Но сейчас эта традиционная „несправедливость” должна быть, наконец, исправлена.

2. Термодинамический парадокс в релятивистских космологических моделях

Новый этап анализа термодинамического парадокса в космологии связан уже с неклассической наукой. Он охватывает 30 – 60-е годы XX века. Наиболее специфическая его черта – переход к разработке термодинамики Вселенной в концептуальных рамках теории А.А. Фридмана. Обсуждались как модернизированные варианты принципа Клаузиуса, так и новая модель Толмена, в которой возможна необратимая эволюция Вселенной без достижения максимума энтропии. Модель Толмена в конечном счете получила перевес в признании научного сообщества, хотя и не дает ответа на некоторые „трудные” вопросы. Но параллельно развивался также квазиклассический „антиэнтропийный подход”, единственная цель которого состояла в том, чтобы любой ценой опровергнуть принцип Клаузиуса, а исходной абстракцией был образ бесконечной и „вечно юной”, как выражался Циолковский, Вселенной. На основе этого подхода был разработан ряд, так сказать, „гибридных” схем и моделей, для которых было характерно довольно искусственное сочетание не только

старых и новых идей в области термодинамики Вселенной, но также оснований классической и неклассической науки.

В 30 – 40-е годы наибольшим влиянием среди сторонников релятивистской космологии продолжала пользоваться идея тепловой смерти Вселенной. Энергичными сторонниками принципа Клаузиуса выступали, например, А. Эддингтон и Дж. Джинс, неоднократно высказывавшиеся по поводу как физического смысла этой проблемы, так и ее „человеческого измерения”. Вывод Клаузиуса был ими транслирован в неклассическую картину мира и в некоторых отношениях адаптирован к ней.

Изменился прежде всего объект экстраполяции – Вселенная как целое. Напомним, что речь идет, конечно, не о реальной, объективно существующей Вселенной, а о некотором теоретическом конструкте. Если раньше этот объект и его пространственно-временная структура конструировались средствами ньютоновой НКМ, то сейчас он рассматривался сквозь призму новой неклассической теории – ОТО, т.е. как бы „задавался” фридмановской космологией. Существенной особенностью этого объекта было наличие сингулярности, временной границы в прошлом, причем Вселенная рассматривалась в рамках данной теоретической схемы как замкнутая система. Эмпирически Вселенная Фрийдмана отождествлялась с нашей Метагалактикой, которая и рассматривалась как уникальная, всеобъемлющая, принципиально единственная система.

Правомерна ли экстраполяция на такой объект принципа возрастания энтропии? Подобная экстраполяция с точки зрения Эддингтона, Джинса и многих других естествоиспытателей, являлась не только возможной, но и вполне обоснованной, во всяком случае по трем причинам: первая – статус принципа Клаузиуса в неклассической картине мира радикально изменился, он выступал теперь одним из наиболее фундаментальных компонентов новой НКМ; вторая – экстраполяция этого принципа на Вселенную как целое, в рамках неклассической НКМ, не приводила ни к каким особым затруднениям. Наоборот, идеи начала и конца применительно к расширяющейся Вселенной, неприемлемость которых для многих материалистически настроенных ученых была главной причиной негативной оценкой ими принципа Клаузиуса, находилась в полном согласии с философскими и религиозными взглядами многих естествоиспытателей того времени, Джинса и Эддингтона – в том числе; третья – релятивистская космология не просто допускала существование начального момента в эволюции, который многими связывал-

ся с появлением принципа Клаузиуса, но и вводила этот конструкт как неустранимый компонент НКМ.

Таким образом, эволюция Вселенной всецело определяется, с рассматриваемой точки зрения, принципом возрастания энтропии. Принимая его статистическую, вероятностную интерпретацию, Джинс, Эддингтон и другие отказывались от флуктуационной гипотезы Больцмана — подавляющее большинство физиков 30-40-х гг. считало подобные флуктуации исчезающе мало вероятными (см. напр. [20]). Изменение состояния Вселенной в сторону максимума энтропии и отождествлялось с переходом ко все более вероятным состояниям. В рассуждениях Джинса и Эддингтона была, однако, довольно существенная непоследовательность: принцип возрастания энтропии они внесли в неклассическую релятивистскую космологию в контексте классической термодинамики. И если их схема не приводила к каким-либо внутренним противоречиям, то лишь потому, что не была разработана на уровне физической гипотезы. Джинс и Эддингтон не построили каких-либо моделей, репрезентирующих термодинамические аспекты космологии. Их выводы носили качественный характер, ограничивались уровнем НКМ.

По словам Джинса „Ткань Вселенной ломается, трескается и разрушается от времени и реконструкция или реставрация ее невозможны. Второй закон термодинамики заставляет материальную Вселенную двигаться всегда в одном направлении, по одной и той же дороге, — по дороге, которая кончается только смертью и уничтожением” [21, р. 698-699]. Описание картины „умирающей” Вселенной иногда достигало у Джинса силы буквально поэтического образа. Вот пример: „В некотором отношении материальная Вселенная кажется уходящей подобно уже рассказанной сказке, растворяясь в небытии, как видение” [22, с. 142]. Рано или поздно наступит время, когда в силу неуклонного роста энтропии „последней энергии Вселенной достигнет наинизшей ступени на лестнице понижающейся полезности: в этот момент активная жизнь Вселенной прекратится” [23, р. 182].

Эддингтон, подобно Джинсу, также считал тепловую смерть Вселенной неизбежной. Электроны и протоны во Вселенной, — писал он, — должны в конечном счете взаимно аннигилировать, а их излучение превратится в электромагнитные волны. „В таком случае — заключал Эддингтон — я, наверное, могу описать конец физического мира как — одну изумительную радиопередачу” [24, р. 71]. „Человеческий контекст” этих экстраполяций был ярко раскрыт Н. Винером, который проанализировал их этический смысл: „...Вопрос о том, толковать ли второй закон термодинамики пессимистически,

зависит от того значения, которое мы придаем Вселенной в целом, с одной стороны, и находящимся в ней местным островкам уменьшающейся энтропии — с другой” [25, с. 51]. Жизнь и существование человека носят „преходящий”, „мимолетный” характер. „Мы в самом прямом смысле являемся терпящими кораблекрушение пассажирами на обреченной планете. Все же даже во время кораблекрушения человеческая порядочность и человеческие ценности не обязательно исчезают, и мы должны создать их как можно больше...”. Несмотря на то, что „теория энтропии и соображения о конечной тепловой смерти Вселенной не должны иметь таких гнетущих моральных последствий, как это представляется с первого взгляда”, все же „лучшее, на что мы можем надеяться, говоря о роли прогресса во Вселенной, в целом идущей к своей гибели, так это то, что зрелище наших устремлений к прогрессу перед лицом гнетущей нас необходимости, может иметь смысл очищающего душу ужаса греческой трагедии. Однако мы живем в невосприимчивый к трагедиям век” [25, с. 52-53].

Эти высказывания Винера представляют собой характерную оценку „человеческого измерения” идеи тепловой смерти Вселенной уже на этапе неклассической науки и в изменившихся социокультурных условиях. Но как обстояло дело с ее обоснованностью в когнитивном плане?

Наблюдаемая структура Вселенной существует, с этой точки зрения, потому, что Вселенная молода и состояние тепловой смерти просто еще не успело установиться. Конечно, подобная экстраполяция не могла получить какого-либо „внешнего” оправдания. Она предсказывает события, удаленные от нас во времени во всяком случае на многие миллиарды лет в будущее, более того, заведомо возможные лишь после гибели, исчезновения человечества по мере нарастания энтропийных процессов. Последние стадии смерти Вселенной отмечал Винер „не могут иметь никаких наблюдателей” [25, с. 43]. Единственный критерий обоснованности рассматриваемой экстраполяции, может относиться лишь к сфере „внутреннего совершенства”, т.е. рассогласований в самой НКМ или между НКМ и термодинамическими моделями Вселенной. Ясно, что модель тепловой смерти Вселенной примером такого рассогласования с рассматриваемой точки зрения служить не может; по мнению Джинса и Эддингтона она свидетельствовала о крушении материализма, его онтологии. Высказываний на эту тему мы найдем у этих авторов очень много.

Но принятие принципа Клаузиуса отнюдь не было единственно возможным в концептуальных рамках релятивистской космологии. Скажем, М.П. Бронштейн, один из известных сторонников фридма-

новской исследовательской программы, называл вывод Клаузиуса о тепловой смерти Вселенной „глубоко антинаучным”, поскольку „для объяснения теперешнего состояния Вселенной с помощью физических законов Клаузиус должен был допустить, что в какой-то определенный момент времени (момент „сотворения мира”)” эти законы не действовали; таким образом, исходным пунктом для объяснения теперешнего состояния Вселенной является у Клаузиуса не само второе начало термодинамики, а его нарушение (хотя бы лишь в один начальный момент времени); отсюда возможно заключить, что теперешнее состояние Вселенной противоречит возможности применять второе начало термодинамики к миру как целому” [26, с. 189]. Наряду с этим „тяжелым противоречием” М.П. Бронштейн напомнил и другое (отмечавшееся многими авторами — от Больцмана до Пригожина). Статистическая физика приводит нас к следующему выводу: „Если замкнутая система подчиняется законам, симметричным по отношению к прошедшему и будущему, то история этой системы за достаточно долгий промежуток времени тоже должна быть симметричной по отношению к обоим направлениям времени”. (Это, очевидно, справедливо как для классической, так и для неклассической физики, но теряет силу в постнеклассической науке). Но „та часть истории Вселенной, которую мы знаем, не обладает симметрией по отношению к обоим направлениям времени” [26, с. 195].

М.П. Бронштейн видел три логические возможности выхода из этого противоречия:

1. Вселенная не есть замкнутая система.
2. Вселенная есть замкнутая система, не подчиняющаяся законам симметричным по отношению к прошлому и будущему.
3. История Вселенной симметрична по отношению к прошедшему и будущему; кажущаяся асимметрия объясняется тем, что мы знаем не всю историю Вселенной, но лишь ее часть” (там же).

Первую возможность М.П. Бронштейн решительно отвергал: „под замкнутой системой мы повсюду подразумеваем систему, история которой (прошлая и будущая) не требует для своего вывода большего количества знаний, чем знание состояния системы в некоторый момент времени и знания законов управляющих состоянием системы”. Но, так как „состояние Вселенной в настоящий момент можно считать заданным, то допущение первой логической возможности означает, что история Вселенной (в частности, ее прошедшая история) определяется не только законами природы, а также и чем-то иным. На этот путь по существу встал Клаузиус, допуская в прошлом какое-то божественное вмешательство. Но так как задача тео-

рии мира как целого и заключается в том, чтобы объяснить мир... на основании законов природы, то ясно, что первая из трех перечисленных возможностей, обозначает отказ от проблемы, вместо ее решения". Она „имеет совершенно антинаучный характер и, следовательно, должна быть отброшена" [26, с. 195-196].

На третью из перечисленных выше логических возможностей указал в свое время Больцман, концепцию которого М.П. Бронштейн самым решительным образом отвергает: „Она обладает чудовищно малой вероятностью... Поэтому и она должна быть отброшена" [26, с. 197-198].

Таким образом остается, по мнению М.П. Бронштейна, лишь вторая возможность: „Во Вселенной должны существовать, по крайней мере, отдельные области, которые подчиняются законам, асимметричным по отношению к прошедшему и будущему"; в частности, во Вселенной должны существовать такие области, в которых второе начало термодинамики не действительно. Отсюда видно, что оно не применимо ко Вселенной в целом, раз в ней есть такие области". Таким образом, „второе начало термодинамики не обладает абсолютным характером..." [26, с. 198]. По мнению М.П. Бронштейна, термодинамика неприменима, например, в области релятивистской квантовой теории, которая, вероятно, уже не будет обладать симметрией по отношению к прошлому и будущему. Решение проблем космологии, предсказывал М.П. Бронштейн, может быть достигнуто лишь после синтеза „единой теории электромагнетизма, тяготения и квант". Весьма пронципально звучала в то время еще одна мысль М.П. Бронштейна: „На основе космологической теории мы должны иметь возможность вычислять ряд безразмерных величин — физических констант, от значения которых „зависит то, почему окружающий мир должен выглядеть так-то, а не иначе" [26, с. 211].

Но в цитированных высказываниях есть и уязвимые моменты. Прежде всего они повторяют ставшую традицией фактическую неточность. Клаузиус, несомненно, считал Вселенную замкнутой системой, но ни о каком божественном вмешательстве он не говорил ни слова. Далее, учет гравитационного поля даже в линейной термодинамике может (при некоторых дополнительных предположениях) существенно изменить расчеты вероятности флуктуации по Больцману — тем более, что в соответствии с антропным принципом дело не только в вероятности самого процесса флуктуации, но и в вероятности наличия наблюдателей такой флуктуации. Еще одно замечание вытекает из современной теории самоорганизации, нелинейной термодинамики. При той интерпретации, которую принцип возрас-

тания энтропии получает у И. Пригожина, он оказывается — вопреки мнению М.П. Бронштейна, — асимметричным по отношению к изменению знака времени. Отсюда следует, что Вселенная как целое действительно подчиняется законам, „асимметричным по отношению к прошедшему и будущему”. Но происходит это в соответствии со вторым началом термодинамики, а не в противоречии с ним.

Наконец, в том же 1934 г., когда была опубликована работа М.П. Бронштейна, Р. Толмен показал, что в неклассической физике проблема Вселенной как замкнутой системы выступает совершенно иначе, чем в физике Ньютона. Выяснилось, что гравитационное поле не может быть включено в состав замкнутой системы, а это качественно меняет конечный результат [27].

Толмен разработал релятивистскую термодинамику, применение которой привело к крупному сдвигу в решении рассматриваемого круга проблем. Толмен исходил из того же понимания Вселенной как целого, которое было у Джинса и Эддингтона, а также из применимости принципа возрастания энтропии к этому объекту. Он показал, однако, что и при этих предположениях идея тепловой смерти Вселенной отнюдь не вытекает с неизбежностью из принятых допущений. Применение в космологии релятивистской термодинамики связано с отказом от понимания Вселенной как замкнутой системы и при ее единственности, уникальности. Рост энтропии Вселенной, даже для слабо неравновесной, т.е. линейной термодинамики, должен рассматриваться с учетом гравитационного поля, которое не может быть включено в понятие замкнутой системы. В этом случае понятие максимума энтропии неприменимо. Необратимая эволюция Вселенной, включая образование в ней сложных структур, будет продолжаться неограниченно. Тепловая смерть Вселенной не наступит никогда. Иными словами, термодинамический парадокс в модели Толмена, снимается и без отказа от „абсолютизации” принципа возрастания энтропии, т.е. признания его универсальности.

Интересно отметить, что это решение идет как раз в том направлении, которое было угадано К.Э. Циолковским, стоявшим в интерпретации принципа возрастания энтропии на альтернативных позициях. Оставаясь до конца своих дней в рамках дорелятивистских идей, он, тем не менее, именно тяготению отводил главную роль в преодолении призрака тепловой смерти.

Модель Толмена, многими сначала почти не замеченная, стала интенсивно разрабатываться в 50-е — 60-е годы (см., например, [28]). В частности, с ее помощью удалось решить принципиально новую задачу — „перекинуть мост” между термодинамической эволюцией

нашей Вселенной как целого и эволюционными процессами во Вселенной — сменой различных „эр” (последовательным исчезновением в ней вследствие роста энтропии, планетных систем, звезд, галактик, черных дыр разной массы). Конечной стадией эволюции модели монотонно расширяющейся Вселенной будет аннигиляция электронно-позитронных пар, превращение их в гамма-кванты. В модели осциллирующей Вселенной число циклов оказывается конечным, а их периоды увеличиваются — опять-таки в силу роста энтропии. Таким образом, фактически термодинамический парадокс в модели Толмена не снимается, а лишь приобретает иную форму.

В связи с постановкой проблемы термодинамики Вселенной в рамках неклассической физики в 30-50-е гг. получили распространение „гибридные” схемы, в которых для устранения термодинамического парадокса образы Вселенной Ньютона и Вселенной Фридмана так или иначе синтезировались. Разработка такого подхода была в сильнейшей степени обусловлена публикацией „Диалектики природы” Ф. Энгельса (1925): содержащиеся в ней записи „для себя” идеологизированная наука немедленно превратила в непререкаемые догмы, своего рода словесные заклинания.

Это и привело к появлению нескольких вариантов термодинамических моделей Вселенной, авторы которых с точки зрения нового уровня физической науки рассматривали теоретически мыслимые способы преодоления термодинамического парадокса для бесконечной Вселенной. Вселенная Фридмана в этих моделях представлялась либо флуктуирующей областью Вселенной Ньютона-Больцмана (дань релятивизму заключалась в учете энергии гравитационного поля при выяснении вероятности флуктуаций) или „частицей” в теоретико-множественной модели Вселенной и т.п. Естественно, любая подобная Вселенная, в которой термодинамический парадокс отсутствует, — это некоторый абстрактный объект, сконструированный средствами теоретической физики, а гибридные модели должны рассматриваться как гипотезы о существовании таких объектов. Вселенная как целое выступает в этих моделях физической системой, отождествляемой с целостным аспектом материального мира и в том или ином смысле бесконечной (в пространстве — времени).

Что касается проблемы направленности термодинамических процессов во Вселенной, их связи с эволюцией Вселенной как целого, то „гибридные” модели воспроизводят своими концептуальными средствами большинство идей или моделей, уже предложенных ранее:

- 1) модели, в которых постоянный рост энтропии не приводит к тепловой смерти (т.е. некоторый нерелятивистский аналог модели Толмена) были выдвинуты К.П. Станюковичем и И.Р. Плоткиным;
- 2) аналог флуктуационной модели Больцмана, интенсивно разрабатывавшийся Я.П. Терлецким;
- 3) термодинамические модели Вселенной, реализующие в какой-либо форме идею „круговорота материи” во Вселенной.

Большой резонанс (и многократное цитирование) вызвала в 50-е годы сейчас почти забытая дискуссия по проблемам термодинамики Вселенной между К.П. Станюковичем и И.Р. Плоткиным. Обе они, как отметил Ф.А. Цицин [29], рассматривают статистико-термодинамические свойства модели Вселенной, сходной с Вселенной Больцмана, т.е. совпадают в отношении исследуемого объекта. Кроме того, оба считали, что проблемы термодинамики Вселенной могут анализироваться и независимо от ОТО, которая не вложила в закон возрастания энтропии нового содержания.

Все же между их моделями есть и одно существенное различие: для И.Р.Плоткина исходной являлась модель „однородной” Вселенной, состоящей из „частиц” одного класса, тогда как наиболее принципиальный момент в модели К.П. Станюковича — бесконечная иерархия структур во Вселенной. Оба автора, однако, склонны были забывать, что обсуждаются именно свойства определенной модели: они онтологизировали свои выводы, говоря просто о Вселенной. Вот, например, одно из характерных высказываний И.Р.Плоткина: „...даже, если бы Вселенная состояла из идеального газа, то и тогда „тепловая смерть была бы для нее невозможна” и т.п. [30, с. 230]. Но такая подмена в языке науки модели реальным объектом — а это вполне обычно для естествоиспытателя, — может приводить к видимости решения тем, где его на самом деле нет. И тогда опять выступают на первый план социально-психологические сюжеты: с одной — страстное желание иметь хотя бы „успокаивающую” иллюзию устранения термодинамического парадокса, с другой — некая термодинамическая модель, в которой этот парадокс, возможно, устраняется, сопоставление же ее с наблюдаемыми свойствами реальной Вселенной достаточно корректно провести нельзя. В сущности перед нами — всего лишь новые образцы „научной мифологии”. Они, конечно, способны дать кратковременный выход, казалось бы, смягчив мировоззренческие затруднения. Poleмика вокруг этих моделей обычно обнаруживает в них уязвимые моменты, и они, в свою очередь, сменяются новыми, но также не решающими поставленной проблемы. Эти черты научного познания характерны для большин-

ства схем и моделей, имеющих своей целью устранение термодинамического перекоса в космологии — в частности, и для всех „гибридных” моделей.

Как считал И.Р. Плоткин, система, состоящая из бесконечного числа „частиц” (хотя бы и одного класса) вообще не имеет никакого состояния равновесия. Это значит, по его мнению, что для бесконечной Вселенной все состояния равновероятны. Для такой системы понятия энтропии, а значит, и закон возрастания энтропии лишены смысла. В отличие от систем с конечным числом частиц процессы в ней не имеют характера „топтанья на месте”, с возвращением системы к одному и тому же состоянию равновесия, как это допускалось в модели Больцмана. Вместо закона возрастания энтропии и тепловой смерти для такой системы следует из статистической физики „некий закон неизмеримых возможностей и постоянного развития” [30, с. 232]. Даже за бесконечное время может быть осуществлена лишь часть принципиально возможных состояний Вселенной. Идею тепловой смерти И.Р. Плоткин называл в полемическом преувеличении „явно ложной”, несмотря на то, что веских аргументов в пользу столь решительного утверждения ему привести не удалось.

Согласно К.П. Станюковичу, предположение, что Вселенная состоит из „частиц” одного класса (например, молекул), является „основным пороком применения классической статистики к бесконечной Вселенной”, что, по его мнению, „совершенно неправдоподобно” [31, с. 294]. К.П. Станюкович принимает диаметрально противоположную идею: во Вселенной всегда находится счетное множество классов различных „частиц” (фотонов, молекул, звезд, систем звезд и т.д.); это многообразие обусловлено взаимодействием вещества с порожденными им полями. При этом предположении, как считал К.П. Станюкович, „взаимодействия частиц более высокого класса выводят из состояния равновесия частицы низших классов. А поскольку порядок класса ничем не ограничен, то можно утверждать, что частицы разных классов всегда находятся в неравновесном состоянии и что поэтому вся Вселенная всегда находится в неравновесном состоянии” [31, с. 296]. На основе этих, введенных явно ad hoc допущений, К.П. Станюкович приходил к тому же самому выводу, который был примерно в то же время сформулирован И.Р. Плоткиным для модели структурно „однородной” Вселенной и выражен сходными словами. Возрастание энтропии в видимой части Вселенной — не фактор, свидетельствующий о стремлении Вселенной к состоянию равновесия, а следствие поступательного развития материи, когда одни формы и качества материи „отживают” и им на

смену „возникают” новые. Множество форм существования и качеств материи в процессе ее развития неисчерпаемо” [31, с. 296]. К.П. Станюкович не преминул попутно высказать ряд эмоциональных замечаний и по поводу модели И.Р. Плоткина, „навязывавшей”, по его словам, природе единообразия частиц одного класса. Но, очевидно, никакая научная гипотеза или модель не обходится без „навязывания” системе знания о природе тех или иных предположений. Не обошелся без них и К.П. Станюкович, принявший для Вселенной (в качестве постулата, по его собственному выражению) схему бесконечной структурной иерархии — совершенно в духе классической физики. Но, во-первых, соответствует ли такой постулат, возрождающий один из принципов НКМ классической физики, современным знаниям о Вселенной? Во-вторых, спасет ли он Вселенную от тепловой смерти? Физика элементарных частиц уверенно подсказывает отрицательный ответ на первый вопрос, если подразумевает существование бесконечной иерархии структур „вглубь” материи. Что же касается крупномасштабной структуры Вселенной, то и здесь простые иерархические модели едва ли достаточно адекватны. Далее, как показал, анализируя ответ на второй вопрос, Ф.А. Цицин, в обсуждаемой модели „мы выставляем „тепловую смерть” в дверь, но в окно лезет нечто еще более неприятное” [32, с. 227]. В частности, при возрастании полной энтропии взаимодействующих „частиц” разных классов в ограниченных объемах должны происходить процессы уменьшения энтропии, но средние промежутки времени между этими минимумами будут постепенно увеличиваться. На каком-то этапе эволюции они превзойдут в модели Станюковича среднее время флуктуации в гипотезе Л. Больцмана. Итак, ни модель И.Р. Плоткина, ни модель К.П. Станюковича, несмотря на выраженные их авторами претензии, не смогли превзойти по степени „внутреннего совершенства” флуктуационную гипотезу Больцмана.

Но наряду с изложенными попытками „преодоления” гипотезы Больцмана разрабатывались и модернизированные варианты самой этой гипотезы. Наиболее известный из них принадлежит Я.П. Терлецкому [33]. По мнению этого автора, статистическая физика и термодинамика были сформулированы для систем земных масштабов и для того, чтобы „они были применимы к произвольным космическим системам”, эти законы необходимо обобщить. Надо учитывать следующие специфические особенности космических систем: 1) неограниченность; 2) собственное гравитационное поле; 3) релятивистские эффекты кривизны пространства-времени (для очень больших систем) и некоторые другие. Наиболее принципиальное ослож-

нение вносит вторая из этих особенностей. Она приводит, как считал автор, к следствиям, которые можно рассматривать как „оправдание флуктуационной гипотезы Больцмана, отбрасывающее обычное возражение о вероятности подобных флуктуаций” [32, с. 214]. Отличительная черта этой модели: большие флуктуации оказываются возможными только в достаточно больших объемах пространства, тогда как в малых (но все же макроскопических объемах) большие флуктуации исключены. Например, для систем масштаба Метагалактики вероятности больших флуктуаций могут быть близки к единице. Любой достаточно протяженный объем Вселенной находится в неравновесном состоянии — энтропия в нем может как расти, так и уменьшаться. Если принять модель неограниченной Вселенной с законом тяготения, обеспечивающим существование термодинамического равновесия (иными словами, тот или иной вариант Вселенной Ньютона), то „процесс круговорота материи можно представлять в виде гигантских флуктуаций сжатия и последующего разрежения” [33, с. 217]. Проблема влияния на эти процессы релятивистских эффектов Я.П. Терлецким не рассматривается — он ссылаясь на то, что частично она была исследована Толменом. Вариант флуктуационной модели, выдвинутый Я.П. Терлецким, вызвал положительную оценку со стороны А. Поликарова [13], другие же авторы отнеслись к нему довольно критически (см.: [29]).

Анализируя рассматриваемый подход к разрешению термодинамического парадокса на основе критерия „внешнего оправдания” или „внутреннего совершенства”, мы встречаемся во всех случаях с немалыми затруднениями, фактически наталкиваясь на невозможность применить названные критерии в том виде, как это обычно принято.

Возьмем критерий внешнего оправдания. Нечего и говорить, что ни одна из „гибридных” моделей не предсказала каких-либо специфических только для нее явлений. Но согласимся, учитывая масштабы и сложность проблемы, „ослабить” критерий эмпирического подтверждения и удовольствуемся только согласием следствий той или иной модели с уже давно известными фактами — пусть только оно будет более или менее, так сказать, „естественным”. Увы, и тогда нам не миновать не очень приятных „сюрпризов”. Выясняется, что ни одна из моделей не предполагает сравнения с каким-либо иным фактом, кроме наблюдаемой неравновесности Вселенной. Во всяком случае, никаких специфических наблюдательных „тестов” для подтверждения своей модели или выбора между конкурирующими моделями ни один из авторов не предложил, полемика между ними велась в гораздо более общем плане. Обсуждался вопрос: способ-

на ли модель Плоткина (Станюковича, Терлецкого) обеспечить „вечную юность” Вселенной как абстрактного объекта (конструкта), на описание свойств которого она претендовала. И каждый раз оказывалось, что уже при анализе внутренней организации системы абстрактных объектов в каждой из этих моделей могут быть отмечены несообразности, не позволявшие считать ее объяснением наблюдаемого факта — резкой неравновесности Вселенной и образующих ее систем. Именно таким образом велась полемика как между самими авторами „гибридных” моделей, так и критиками „со стороны”.

Но можно ли сказать, что тем самым речь шла о „внутреннем совершенстве” моделей рассматриваемого типа? Нет, — разве что в очень условном смысле. Критерий „внутреннего совершенства” едва ли уместно применять к моделям, схемам, построенным, как отмечалось, из фрагментов классической и неклассической науки — с явным преобладанием фрагментов первого типа и представляющим собой сочетание абстрактных объектов дорелятивистской (главным образом) и релятивистской (отчасти) науки. В этих условиях не может не показаться поразительным, что автор каждой из „гибридных” моделей считал, что она решает поставленную проблему парадокса для реальной Вселенной. На самом же деле ни одна из них — несмотря на достаточно произвольные гипотезы *ad hoc*, так и не смогла справиться с термодинамическим парадоксом: для всех этих моделей он оказался слишком твердым орешком. Задача — превзойти флуктуационную гипотезу Больцмана — так и осталась нерешенной. Следует оговориться, что подобная ситуация для астрономии, а тем более космологии — не только не редкость, а напротив, нечто очень характерное в условиях невозможности эксперимента. Для многих авторов „гибридных” моделей, как и для тех, кто разделял их эпистемологические позиции, уверенность в успехе, несомненно, была сильно стимулирована мировоззренческими мотивами. В условиях „идеологизированной науки” они играли роль главную и часто самодостаточную. Считалось: раз тепловой смерти нет в модели Вселенной (что, как мы видели, совершенно неверно) — значит, ее нет и в природе, образ „вечно юной” Вселенной спасен! Гипотезы о существовании соответствующих объектов без необходимого в таких случаях доказательства превращались в научные истины. Некоторые философы с удовлетворением оценивали их как реализацию принципа развития в космологии. Но при ретроспективном взгляде некоторая наивность таких рассуждений слишком бьет в глаза.

Гибридные схемы и модели решения термодинамического парадокса в космологии вызвали в 50-е — 60-е годы довольно значи-

тельный интерес — преимущественно в нашей стране. Они обсуждались на одном из совещаний по вопросам космогонии (Москва, 1957 г.), на симпозиумах по философских проблемам теории относительности Эйнштейна и релятивистской космологии (Киев, 1964, 1966 гг.) и др., но в дальнейшем ссылки на них становились все более редкими. Это произошло в немалой степени благодаря сдвигам в решении этого круга проблем, достигнутым релятивистской космологией и нелинейной термодинамикой. „Общепринятая” парадигма оказалась способной увязать проблемы термодинамики Вселенной как целого с построением теорий эволюционных процессов в звездах и звездных системах, а гибридные модели так и остались довольно абстрактными конструкциями. Сейчас их иногда вспоминают главным образом историки науки. Но все же „гибридный” подход к проблемам термодинамики Вселенной примечателен с нескольких точек зрения.

Во-первых, разработка термодинамических схем, направленных на решение термодинамического парадокса, полезна даже и в том случае, если они, казалось бы, не находят оправдания.

Достаточно вспомнить, сколько отвергнутых, не получивших признания и оказавшихся как бы „заготовками впрок” схем и моделей космических объектов (например, модель Вселенной де Ситтера, некоторые модели внутреннего строения звезд) в дальнейшем были эффективно использованы. Нельзя полностью исключить, что когда-нибудь наука вернется и к оставленным ранее термодинамическим моделям Вселенной, обнаружив в них какие-то оставшиеся не замеченными достоинства.

Во-вторых, анализ рассматриваемых моделей представляет интерес для изучения динамики науки, ее переходных этапов: процессы роста научных знаний, даже революционных, которые связаны с перестройкой самих оснований научного поиска, а тем более — принятием новых парадигмальных знаний научным сообществом, совершаются не мгновенно, а включают довольно длительное „сосуществование” идей, моделей, схем, исходящих из новых (в данном случае — неклассических) и старых (классических) оснований. Появление гибридных моделей, сочетающих — иногда довольно противоречивым образом — старые и новые основания данной научной дисциплины — не случайность, и не какая-то аномалия, а одна из неизбежных, но обычно игнорируемых черт структуры революционных эпох в науке. Их появление отражает сложность становления нового знания.

Итак, в неклассической науке продолжалась разработка уже выдвинутых ранее основных идей („тем”) в области термодинамики Вселенной, которые были переформулированы в рамках новых ос-

нований научного поиска. Это привело к ряду новых достижений: наиболее существенное из них — модель Толмена, которая в эволюционном процессе рассматривалась с точки зрения релятивистской термодинамики. Тем самым принцип Клаузиуса снова доказал свою эвристичность! В концептуальном контексте неклассической науки в него был внесен новый принципиально важный момент: рост энтропии во Вселенной Фридмана возможен без достижения состояния тепловой смерти (хотя структура и химический состав Вселенной в рамках релятивистской модели все равно необратимо изменяются).

Эти выводы неклассической науки определенным образом противоречат идеям о всеобщей обратимости процессов во Вселенной — тем более, что модели, основанные на „теме” круговорота оказались недостаточно „конкурентоспособными”. Присоединившись к „общепринятой” в свое время точке зрения, что Вселенная Фридмана, т.е. Метагалактика, — всеобъемлющая и принципиально единственная система (других метагалактик не существует), мы должны были бы принять, что ее „вечная юность” невозможна даже в модели пульсирующей Вселенной (бесконечное повторение циклов эволюции невозможно), а тем более, если признается „абсолютное” начало эволюции Вселенной во времени. Но точка зрения, согласно которой Вселенная как целое фиксирует лишь преходящую границу познания в мегамире, приводит к иному выводу. Возможное существование „начала” (или даже „конца”) эволюции для релятивистских моделей Вселенной должны интерпретироваться в качестве моментов необратимой эволюции не „всего существующего”, а только космической системы наибольшего масштаба и порядка из пока известных. Но тогда противоречие между следствиями релятивистской космологии, с одной стороны, и идеей „вечной юности” Вселенной, если мы учтем, что этот термин К.Э. Циолковский употребил в значении „материальный мир”, и при некоторых дополнительных предположениях, разрешается на уровне философско-мировоззренческого анализа. Метагалактика неизбежно должна была иметь начало и, возможно, конец, но можно вполне сохранять оптимизм по поводу идеи К.Э. Циолковского о „вечной юности” Вселенной и в постнеклассической науке.

3. Термодинамический парадокс в космологии и постнеклассическая картина мира

Качественно новые черты начала приобретает разработка проблемы термодинамики Вселенной на протяжении 80-х годов. Наряду с исследованием Вселенной в рамках неклассических оснований в этой области сейчас развивается и подход, который соответствует признакам „постнеклассической” науки. В.С.Степин [1] выделяет следующие черты этапа, который он обозначает этим термином: 1) революция в средствах получения и хранения знаний (в частности, компьютеризация науки); 2) возрастающая роль в научном поиске комплексных исследовательских программ; 3) объектами современных междисциплинарных исследований становятся, как правило, сложные системные объекты, уникальные системы, которые характеризуют открытость и саморазвитие; 4) особое место среди них занимают природные комплексы, в которые включен в качестве компонента сам человек; 5) ориентация науки на изучение объектов такого типа вызывает необходимость существенного изменения идеалов и норм познавательной деятельности (например, включение в идеалы описания и объяснения факторов, затрагивающих гуманистические ценности). Многие из этих черт „постнеклассической” науки, предсказанные К.Э. Циолковским, довольно определенно демонстрирует и современная космология.

Например, синергетика, в частности, теория диссипативных структур позволяет глубже, чем было возможно в неклассической науке, понять специфику нашей Вселенной как самоорганизующейся, саморазвивающейся системы. И. Пригожин показал, что необратимые процессы „играют существенную конструктивную роль в физическом мире” [18, с. 12]. Все физические объекты во Вселенной выступают, с этой точки зрения, как системы, которые постоянно обмениваются веществом и энергией с внешней средой. Необратимые процессы протекают различно – в зависимости от того, рассматриваются ли слабо неравновесные системы (объекты линейной термодинамики, с которыми только и имела дело термодинамика 19-го века), или же сильно неравновесные системы (объекты нелинейной термодинамики), известные физические законы остаются справедливыми и в случае чисто неравновесных систем (или „диссипативных структур” – этот термин предложен Пригожиным). Но предсказать на основе одних лишь общих принципов поведение резко

неравновесных систем оказывается невозможным. Новый принцип, дополняющий принцип возрастания энтропии и обеспечивающий динамику процессов становления, является излишним. Но специфичность условий, в которых проявляются известные законы, когда мы изучаем диссипативные системы, порождает неожиданные эффекты. Например, происходящие в системе флуктуации, вместо того, чтобы затухать, могут усиливаться (модели „порядка через флуктуации”); тогда система будет эволюционировать в направлении „спонтанной” самоорганизации. И. Пригожин приводит примеры, которые показывают, что во Вселенной повсюду наблюдаются „вспышки необратимости”. Мы наблюдаем продукты распада — неравновесные объекты, квазары, взрывающиеся ядра галактик, пульсары, звезды, коллапсирующие в черные дыры. Необратимость и флуктуации играют важнейшую роль на всех структурных уровнях Вселенной.

Постнеклассическая наука позволяет внести ряд новых моментов в анализ проблем термодинамики Вселенной как целого. Но этот вопрос обсуждался пока лишь в самых общих чертах.

Основную цель подхода, основанного на статистической теории неравновесных процессов, И. Пригожин выразил так: „...мы отходим от замкнутой Вселенной, в которой все задано, к новой Вселенной, открытой флуктуациям, способной рождать новое” [18, с. 216]. Попытаемся понять это высказывание в контексте анализа тех космологических альтернатив, которые были выдвинуты М.П. Бронштейном.

1. Теория И. Пригожина в сочетании с современным развитием космологии, по-видимому, совместима скорее с пониманием Вселенной, как термодинамически открытой неравновесной системы, возникшей в результате гигантской флуктуации физического вакуума. Таким образом, в этом отношении постнеклассическая наука отходит от традиционной точки зрения, разделявшей и М.П. Бронштейном. Кроме того, при анализе поведения Вселенной как целого в современной науке следует, по-видимому, отбросить то, что Пригожин назвал „путеводным мифом классической науки” — принцип „неограниченной предсказуемости” будущего. Для нелинейных диссипативных структур это связано с необходимостью учета „ограничений”, обусловленных нашим действием на природу” [18, с. 215].

Наши знания о термодинамике Вселенной как целого, основанные на экстраполяции статистической теории неравновесных систем, также не могут игнорировать прямой или косвенный учет роли наблюдателя.

2. Теория И. Пригожина совершенно по-новому ставит проблему законов и начальных условий в космологии, снимает противоре-

чия между динамикой и термодинамикой. С точки зрения этой теории оказывается, что Вселенная, как считал и М.П. Бронштейн, может подчиняться законам, асимметричным по отношению к прошлому и будущему — что несколько не противоречит фундаментальности принципа возрастания энтропии, его космологической экстраполируемости.

3. Теория Пригожина — в хорошем соответствии с современной космологией — по-новому оценивает роль и вероятность макроскопических флуктуаций во Вселенной, хотя прежний механизм этих флуктуаций с современной точки зрения иной, чем у Больцмана. Флуктуации перестают быть чем-то исключительным, становятся вполне объективным проявлением спонтанного возникновения нового во Вселенной.

Таким образом, теория Пригожина позволяет довольно непридуманно ответить на вопрос, который вот уже почти полтора века раскалывает научное сообщество и так занимал в свое время К.Э. Циолковского: почему — вопреки принципу Клаузиуса — повсюду во Вселенной мы наблюдаем не процессы монотонной деградации, а напротив, процессы становления, возникновения новых структур. Переход от „физики существующего” к „физике возникающего” произошел во многом за счет синтеза представлений, казавшихся взаимоисключающими в прежних концептуальных рамках.

Идеи Пригожина, ведущие к пересмотру ряда фундаментальных представлений, как и все принципиально новое в науке, встречают неоднозначное отношение к себе — в первую очередь среди физиков. С одной стороны, растет число их сторонников, с другой — говорится о недостаточной корректности и обоснованности выводов Пригожина с точки зрения идеала развитой физической теории. Сами эти идеи интерпретируются иногда не вполне однозначно; в частности, некоторые авторы (например, Ю.Л. Климонтович) подчеркивают, что в процессе самоорганизации энтропия системы может уменьшаться. Если такая точка зрения правильна — она означает, что удалось, наконец, сформулировать те крайне специфические условия, о которых писал К.Э. Циолковский, обсуждая возможности существования в природе антиэнтропийных процессов.

Но идеи русского космизма, в том числе и космической философии К.Э. Циолковского, посвященные этим проблемам, находят и более непосредственную разработку в постнеклассической науке. Особенно следует отметить работы Н.Н. Моисеева, в свою очередь вызывающие крайне неоднозначную реакцию — как и все другие исследования в этой области. Подчеркивая важное значение идей И.

Пригожина, Н.Н. Моисеев [34] высказал мысль, что одной только термодинамической эволюции недостаточно для понимания развития Вселенной. По его мнению, для создания „единой картины” мирового процесса необходим широкий синтез представлений современной физики и астрофизики с биосферно-ионосферной концепцией.

Н.Н. Моисеев отмечает, что в ходе эволюции Вселенной происходит непрерывное усложнение организации структурных уровней природы, причем этот процесс носит явно направленный характер. Природой как бы запасен определенный набор потенциально возможных (то есть допустимых в рамках ее законов) типов организации и по мере развертывания единого мирового процесса в нем оказывается „задействованным” все большее количество этих структур. Разум и разумная деятельность должны быть включены в общий синтетический анализ процессов эволюции Вселенной.

К этой же точке зрения присоединился и С.П. Курдюмов [35, 36]. Он считает, что принципы, выдвинутые И.Пригожиным в теориях диссипативных структур, выполняются не всегда; можно привести примеры явного их нарушения. Наряду с принципом возрастания энтропии в открытых нелинейных системах действуют также иные механизмы создания сложных структур.

Разработка идей самоорганизации, в частности, пригожинской теории диссипативных структур, связанная с пересмотром концептуальных оснований термодинамики стимулировала дальнейшее исследование этого уровня знания. Как показал Ф.А. Цицин [37], статистическая термодинамика, развитая еще в классической физике, содержит ряд незавершенностей и неясностей, отдельных странностей и парадоксов — несмотря на то, что с фактами у нее как будто „все в порядке”. Но, согласно исследованиям Ф.А. Цицина, даже в такой установившейся и явно прошедшей „проверку временем” сфере научного поиска кроется немало неожиданностей.

Сопоставление характерных параметров флуктуаций, введенных еще Л. Больцманом и М. Смолуховским, доказывает существенную неполноту „общепринятой” статистической интерпретации термодинамики. Как ни странно, эта теория построена в пренебрежении флуктуациями! Отсюда следует, что необходимо ее уточнение, т.е. построение теории „следующего приближения”.

Более последовательный учет флуктуационных эффектов заставляет признать физически нетождественными понятия „статистического” и „термодинамического” равновесия. Оказывается, далее, справедливым вывод, находящийся в полном противоречии с „общепринятым”: функциональная связь между ростом энтропии и

стремлением системы к более вероятному состоянию отсутствует. Не исключены и такие процессы, в которых переход систем в более вероятное состояние может сопровождаться уменьшением энтропии! Учет флуктуаций в проблемах термодинамики Вселенной может привести, тем самым, к обнаружению физических границ принципа возрастания энтропии. Но Ф.А. Цицин не ограничивается в своих выводах основаниями классической и неклассической науки. Он высказывает предположение, что принцип возрастания энтропии неприменим к некоторым типам существенно нелинейных систем. Не исключена заметная „концентрация флуктуаций” в биоструктурах. Возможно даже, что подобные эффекты уже давно фиксируются в биофизике, но их не осознают или неправильно интерпретируют, именно потому, что считают „принципиально невозможными”. Подобные явления могут быть известны другим космическим цивилизациям и эффективно использоваться ими, в частности, в процессах космической экспансии.

Ф.А. Цицин отмечает, что выдвинутые им идеи относительно космологических границ принципа возрастания энтропии не выйдут пока за рамки ньютоновско-больцмановской модели Вселенной. Как изменит их применение неклассических и постнеклассических теорий в космологии — расширяющейся, а тем более раздувающейся Вселенной, включающей множество миров, — вопрос, требующий специального рассмотрения.

Итак, в постнеклассической науке были сформулированы принципиально новые подходы к анализу принципа Клаузиуса и устранению термодинамического парадокса в космологии. Наиболее значительны перспективы, которых можно ожидать от космологической экстраполяции теории самоорганизации, развитой на основе идей русского космизма. Необратимые процессы в резко неравновесных, нелинейных системах позволяют, по-видимому, избежать тепловой смерти Вселенной, поскольку она оказывается открытой системой. Продолжаются и поиски теоретических схем „антиэнтропийных” процессов, непосредственно предсказываемых научной картиной мира, основанной на космической философии К.Э. Циолковского; правда, такой подход разделяется лишь немногими естествоиспытателями. Сквозь всю новизну постнеклассических подходов к анализу проблем термодинамики Вселенной „просвечивают”, однако, те же самые „темы”, которые сформировались еще во второй половине 19 века и порождены парадоксом Клаузиуса и дискуссиями вокруг него.

Мы видим таким образом, что принцип Клаузиуса до сих пор является почти неиссякаемым источником новых идей в комплексе физических наук. Тем не менее, несмотря на появление все новых моделей и схем, в которых тепловая смерть отсутствует, никакого „окончательного” разрешения термодинамического парадокса до сих пор не достигнуто. Все попытки разрубить „гордиев узел” проблем, связанных с принципом Клаузиуса, неизменно приводили лишь к частичным, отнюдь не строгим и не окончательным выводам, как правило, достаточно абстрактным. Содержавшиеся в них неясности порождали все новые проблемы и пока нет особой надежды, что успеха удастся достигнуть в обозримом будущем.

Вообще говоря, это — вполне обычный механизм развития научного познания; тем более, что речь идет об одной из наиболее фундаментальных проблем. Но ведь далеко не всякий принцип науки, как и вообще не любой фрагмент НКМ, является столь эвристичным, каким выступает принцип Клаузиуса. Можно назвать несколько причин, объясняющих, с одной стороны, эвристичность этого принципа, который до сих пор не вызывает ничего, кроме раздражения, у догматиков — безразлично, естествоиспытателей или философов, с другой — неудачи его критиков.

Первое — сложности любых противостоящих этому принципу „игр с бесконечностью”, каковы бы ни были их концептуальные основания. Возможно, только после глубоких исследований Г.И. Нана [38] стало выясняться, сколько недоразумений ожидает нас при постоянно совершаемых подменах одного типа бесконечности другим (например, бесконечности как безграничной протяженности, метрической бесконечности, характеризуемой отрицательной кривизной пространства или теоретико-множественной бесконечности). „Экстраполяция на бесконечность”, „неограниченная экстраполяция” и т.п. не должны казаться чем-то очевидным. И вполне естественно, что все попытки опровергнуть принцип Клаузиуса с помощью разного рода блужданий в лабиринтах бесконечности пока успехом не увенчались.

Вторая причина — использование неадекватного смысла термина „Вселенная как целое” — все еще обычно понимаемого в значении „всего существующего” или „тотальности всех вещей”. Неопределенность этого термина, вполне соответствующая неясностям употребления неэксплицируемых смыслов бесконечности, резко противостоит четкости формулировки самого принципа Клаузиуса. Понятие „Вселенная” в этом принципе не конкретизировано, но именно потому и возможно рассматривать проблему его применимо-

сти к различным вселенным, конструируемым средствами теоретической физики и интерпретируемым как „все существующее” лишь с точки зрения данной теории (модели).

И, наконец, третья причина: как сам принцип Клаузиуса, так и попытки разрешения выдвинутого на его основе термодинамического парадокса предвосхитили одну из черт постнеклассической науки — включенность гуманистических факторов в идеалы и нормы объяснения, а также доказательности знаний. Эмоциональность, с которой на протяжении более сотни лет критиковали принцип Клаузиуса, выдвигали различные его альтернативы, анализировали возможные схемы антиэнтропийных процессов, имеет, пожалуй, мало прецедентов в истории естествознания — и классического, и неклассического. Принцип Клаузиуса явно апеллирует к постнеклассической науке, которая включает „человеческое измерение”. Естественно, в прошлом эта особенность рассматриваемых знаний еще не могла быть по-настоящему осознана. Но сейчас, ретроспективно, некие „зародыши” идеалов и норм постнеклассической науки мы находим в этих старых дискуссиях.

Литература

1. *Степин В.С.* Научное познание и ценности техногенной цивилизации // Вопросы философии. 1989. N 10. С. 3-18.
2. *Казютинский В.В.* „Космическая философия” К.Э. Циолковского и современная научная картина мира // К.Э. Циолковский и философские проблемы освоения космического пространства. М., 1988. С. 4-40.
3. *Томсон-Кельвин В.* О проявляющейся в природе общей тенденции к рассеянию механической энергии // Второе начало термодинамики. М.-Л., 1934. С. 180-182
4. *Clausius R.* Abhandlungen uber die mechanischen Wurmtheorie. Braunschweig, Abt. 11. 1867.
5. *Геккель Э.* Мировые загадки. М., 1937.
6. *Умов Н.А.* Эволюция атома // Собр. соч. Т. 3. М., 1916. С. 262-287.
7. *Циолковский К.Э.* Второе начало термодинамики. Калуга, 1914.
8. *Энгельс Ф.* Дialeктика природы // Маркс К., Энгельс Ф. Избр. соч. Т. 5. М., 1986. С. 371-628.
9. *Шукарев А.Н.* Учение об энергии и энтропии в элементарном изложении. М., 1912.
10. *Шишковский Б.А.* Энергия и Энтропия. Киев, 1909.
11. *Гвай И.И.* О малоизвестной гипотезе К.Э. Циолковского. Калуга, 1959.
12. *Больцман Л.* Лекции по теории газов. М., 1956.
13. *Поликарпов А.* Относительность и кванты. М., 1966.
14. *Казютинский В.В.* Космическая философия К.Э. Циолковского и постнеклассическая наука. // Космонавтика и перспективы человечества: философско-социальный аспект. М., 1991. С. 4-45.

15. Циолковский К.Э. Знаменательные моменты моей жизни // Циолковский К.Э. Сборник статей. М., 1939.
16. Циолковский К.Э. Кинетическая теория света // Известия Калужского общества изучения природы местного края. Калуга, 1919. С. 41-80.
17. Хвольсон О.Д. Гегель; Геккель, Коссут и двенадцатая заповедь. Критический этюд. СПб, 1911.
18. Пригожин И. От существующего к возникающему. М., 1985.
19. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М., 1973.
20. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., 1962.
21. Джинс Дж. Физика Вселенной. Природа, N 1, 1929.
22. Джинс Дж. Движение миров. М., 1933.
23. Jeans J. The Universe around us. L., 1930.
24. Eddington A.S. New Pathways in Science. Cambridge, 1935.
25. Винер Н. Кибернетика и общество. М., 1958.
26. Бронштейн М.П. К вопросу о возможной теории мира как целого // Основные проблемы космической физики. Харьков-Киев, 1934. С. 186-215.
27. Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология. М., 1974.
28. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Релятивистская астрофизика. М., 1964.
29. Цицин Ф.А. Понятие вероятности и термодинамики Вселенной // Философские проблемы астрономии XX века. М., 1976. С. 456-477.
30. Плоткин И.Р. Некоторые замечания о законе возрастания энтропии // Труды шестого совещания по вопросам космологии. М., 1959. С. 228-240.
31. Станюкович К.П. Гравитационное поле и элементарные частицы. М., 1965.
32. Цицин Ф.А. Выступление // Труды шестого совещания по вопросам космогонии. М., 1959. С. 225-227.
33. Терлецкий Я.П. Проблемы статистической физики и термодинамика гравитирующих систем // Труды шестого совещания по вопросам космогонии. М., 1959. С. 214-218.
34. Моисеев Н. Человек и ноосфера. М., 1990.
35. Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша АН СССР N 45. М., 1990.
36. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. Synergetics at crossroads of the Eastern and the Western cultures. Preprint N 28, Keldysh institute of Applied Mathematics Russian Academy of Science. Moscow, 1994.
37. Цицин Ф.А. Термодинамика, Вселенная и флуктуации // Вселенная, астрономия, философия. М., 1988. С. 142-156.
38. Наан Г.И. Понятие бесконечности в математике и космологии // Бесконечность и Вселенная. М., 1969. С. 7-77.

Самоорганизация пространства-времени в процессе эволюции Вселенной

Возникновение и развитие объектов нашей Вселенной связано с ее эволюцией как целого. Когда это было осознано, познание Вселенной пошло в двух направлениях: а) обобщение уже разработанных теорий на все более и более глубокие уровни ее организации; б) их космологического применения.

Но отдельные объекты обнаруживают самоорганизующие свойства, которые в первом приближении могут служить моделью самоорганизационных процессов и во Вселенной в целом. Изучение процессов самоорганизации в неорганической природе показало, что для возникновения организованной системы из низкоорганизованной требуется привести последнюю в сильно возбужденное состояние, весьма далекое от равновесия, после чего некоторые флуктуации, существующие в системе, резко усиливаются и система переходит в новое, организованное состояние. „...Возникновение процессов самоорганизации связано с особенностями поведения флуктуаций. Объясняется это тем, что в самоорганизующейся системе обязательно возникают те или иные неустойчивости, в результате которых происходит усиление некоторых возмущений, в том числе и внутренних флуктуаций” [1, с. 479-480]. Эта схема процессов самоорганизации отдельных систем применима и к процессам самоорганизации на ранних стадиях эволюции Вселенной.

Для возникновения процесса самоорганизации необходимы некоторые условия, одним из которых является нестабильность системы, наличие в ней флуктуаций. Стабильная система не допускает (в определенных пределах) своей дестабилизации, несмотря на внешние воздействия; но как вызвать дестабилизацию системы? Может ли система сама по себе прийти в сильно неравновесное состояние? Опыт (в соответствии с законом возрастания энтропии) показывает, что для вывода из равновесия необходимы внешние воздействия. Поэтому если акт самоорганизации есть внутренний процесс, то для его подготовки необходимы внешние дестабилизирующие факторы, переводящие систему в сильно возбужденное состояние. Значит про-

цесс самоорганизации в целом (дестабилизация + скачок к организации), рассматриваемый относительно какого-либо фрагмента Вселенной, включает в себя единство внешнего и внутреннего.

Но если рассмотреть такую систему, как природа в целом (множество миров), для которой нет ничего внешнего, то возможно ли в данном случае говорить о процессе ее самоорганизации. На наш взгляд о самоорганизации природы в целом можно говорить лишь в смысле наличия самоорганизации в ее отдельных подсистемах, находящихся во взаимодействии с другими ее подсистемами. Дестабилизация в системах может происходить как за счет внутренних противоречий в них, так и за счет внешних противоречий системы с другими системами, вступающими с ней в контакт. Поэтому ответ на вопрос об источниках самоорганизации будет таков: если система целостна (замкнута), то самоорганизация в ней может возникнуть только за счет внутренних противоречий, если же она открыта, то, кроме того, вносят свой вклад и внешние противоречия. Наша Вселенная может быть одним из элементов множества миров, потому говоря о ее рождении в процессе самоорганизации, следует иметь в виду возможные внешние дестабилизирующие факторы.

1. Процессы самоорганизации в ранней Вселенной

Современные представления об эволюции Вселенной основываются на стандартной космологической модели Большого взрыва, которая подтверждается наблюдаемым в настоящую эпоху расширением нашей Вселенной, открытием реликтового микроволнового излучения и т.д. Согласно этой модели, вначале существовала некая „первоматерия“ с исключительно высокой степенью симметрии, эволюция которой привела к Большому взрыву. Где-то около планковского времени образовались сначала суперструнный вакуум, а затем суперструны.

Новый этап эволюции Вселенной связан с возникновением элементарных частиц, как колебательных мод суперструн, которые вышли на сцену с уменьшением планковской температуры. Энергия, заключенная в суперструнном вакууме, трансформировалась в энергию натяжения струн и далее в энергию возникающих частиц.

Вначале вещество Вселенной должно было находиться в тепловом равновесии с высокоэнергетическими фотонами. Через 10^9 с после рождения Вселенной (можно считать, после Большого взрыва), когда характерная температура понизилась до 10^3 К, вещество и из-

лучение разделились (в это время возникло космическое фоновое излучение) и в дальнейшем их охлаждение происходило независимо.

Последующая эволюция Вселенной представляется следующим образом. К 10^{10} с образовались Солнце и звезды. Около 10^{17} с возникла жизнь, которая будет продолжаться в известных формах до 10^{22} с, затем Солнце потухнет и цивилизация на Земле погибнет. В настоящее время Вселенная состоит из звезд, объединенных в галактики, и других объектов (квазаров, нейтронных звезд, черных дыр и т.д.). Она расширяется так, как будто части ее продолжают разлетаться после Большого взрыва. Будет ли это расширение продолжаться вечно или же оно сменится сжатием, которое приведет Вселенную к ее первоначальному состоянию, зависит от плотности вещества в ней: если она превышает критическую (10^{-29} г/см³), то Вселенная должна коллапсировать (закрытая модель Вселенной), если же она меньше критической, то расширение будет продолжаться (открытая модель Вселенной). По мере расширения все вещество во Вселенной будет распадаться (распад протона, предсказываемый теорией Великого объединения, происходит через 10^{38} с (после Большого взрыва), в конце концов останутся лишь стабильные частицы (некоторые лептоны и фотоны).

Описанная модель позволяет выделить ряд процессов самоорганизации и деградации:

1. Исходный вакуум.
2. Возникновение суперструн.
3. Рождение частиц.
4. Разделение вещества и излучения.
5. Рождение Солнца, звезд, галактик.
6. Возникновение цивилизации.
7. Гибель Солнца.
8. Гибель Вселенной.

Согласно стандартной модели, исходным состоянием Вселенной было квантовое вакуумное состояние. С нашей точки зрения — это важное основоположение космологии, свидетельствует о качественной неуничтожимости материи и движения. Образованию суперструн предшествовало возникновение стабильной метрики пространства-времени суперструнного вакуума. Важнейшим этапом самоорганизации Вселенной являлось рождение частиц, а затем нарушение суперсимметрии, после чего стала возможной идентификация фермионов и бозонов и, тем самым, разделение вещества и сил. Отделение излучения от вещества позволило ему стать связующим зве-

ном меду вещественными объектами. С возникновением Солнца, звезд и галактик появились базовые объекты для отсчета движений макротел.

Стандартная космологическая модель охватывает основные этапы в эволюции Вселенной, однако она не отвечает на вопрос о причине Большого взрыва (космического отталкивания). В настоящее время предложена новая, инфляционная модель начального этапа (10^{-42} – 10^{-32} с от рождения Вселенной) эволюции Вселенной [2, 3], согласно которой в указанном интервале времени Вселенная находилась в неустойчивом состоянии, называемом „ложным” вакуумом, имела нулевую энергию и обладала аномально большой (для истинного вакуума) плотностью (10^{77} г/см³). Существенным свойством „ложного” вакуума является наличие в нем отрицательного давления, создающего силу отталкивания, которая ведет к экспоненциальному расширению Вселенной (ее диаметр увеличился в 10^{50} раз), сопровождающемуся колоссальным возрастанием (до 10^{68} Дж) энергии и переходом в состояние истинного вакуума. Распад „ложного” вакуума привел к тому, что „после периода колоссального расширения сформировалась наконец фаза с нарушенной симметрией. Это привело к выделению плотности энергии „ложного” вакуума и как следствие – к рождению огромного количества частиц. Область подверглась повторному разогреву до температуры около 10^{27} К. ...Начиная с этого момента область остывает и расширяется в соответствии со стандартной моделью Большого Взрыва [4, с. 122]. Спонтанное возникновение энергии в результате физических процессов еще недавно считалось неприемлемым, не говоря уже о том, что традиционное мышление привыкло к тому, что „из ничего ничего не возникает” [см. [5]].

А. Гус и П. Стейнхардт видят достоинство этой модели в том, что в ней начальные условия эволюции Вселенной имеют скорее философский, чем физический характер, ибо „...очень сложно выявить какие-либо наблюдательные результаты влияния условий, предшествующих фазе раздувания” [4, с. 127]. Фактически при любых начальных условиях Вселенная эволюционирует как раз в то состояние, которое описывается затем стандартной моделью. Это позволяет предположить, что Вселенная возникла из „ничего”.

“В настоящее время нет достаточных оснований полагать, что вся Вселенная в целом родилась примерно 10^{10} лет назад в сингулярном состоянии, до которого классического пространства-времени не было вообще. Инфляция могла начинаться и кончаться в разное время в различных областях Вселенной...” [6, с. 229]. Сейчас в рамках квантовой космологии обсуждается вопрос о возможности существования множества миров с характерными для каждого мира фундаме-

тальными физическими параметрами. В пользу такой гипотезы существует ряд аргументов (наличие космологических квазисингулярностей со сверхплотным состоянием материи, выводы инфляционной модели эволюции Вселенной, интерпретация квантовой механики в духе Эверетта-Де Витта и т.д.). Этот ансамбль миров, допустимых физическими законами, может возникать из единого мирового вакуума без затраты энергии, так как полная энергия Вселенной (и, видимо, любого другого мира) равна нулю (масса вещества внутри Вселенной полностью „уравновешивается“ отрицательной энергией связи этой массы). Поэтому число возможных миров определяется не энергией вакуума, а соответствующим набором физических параметров, дающим возможность возникшим мирам право на длительное самостоятельное существование.

Другое возможное уточнение стандартной космологической модели эволюции Вселенной связано с теорией супергравитации, в частности, с обобщением модели Калуцы-Клейна, согласно которой на ранних стадиях эволюции Вселенной пространство-время имело 11 равноправных измерений. Компактификацию семи измерений можно связать с инфляцией и считать „движущую силу“ инфляции побочным продуктом взаимодействий, проявляющихся через дополнительные измерения пространства. Значит многомерное пространство-время было характерно для вакуума на инфляционной стадии его развития. На доинфляционных стадиях пространственно-временные характеристики вакуума не будут концептуальными, т.е. можно говорить о метрической самоорганизации вакуума.

С точки зрения суперструнной теории, сразу после Большого взрыва все 10 измерений пространства-времени должны быть свернуты. При последующем расширении Вселенной 4 измерения увеличились, 6 измерений пространства остались компактифицированными [7, с. 37]. Следует отметить, что „...замкнутость мира по всем измерениям является нормальным свойством мира, а размыкание по четырем классическим размерностям является примечательной их особенностью” [8, с.80].

Теперь можно уточнить начальные вехи эволюции Вселенной:

1а. Неметрический вакуум (эволюционирующий до метрического 10-мерного вакуума).

2а. Рождение квантованного 10-мерного струнного поля (эволюционирующего до метрически неустойчивого струнного поля).

3а. Появление неустойчивого метрического поля (эволюционирующего до 4-мерного поля).

4а. Рождение классического гравитационного поля.

5а. Появление предельного случая классического гравитационного поля — плоского 4-мерного метрического поля.

Метрика пространства-времени возникла сразу после Большого взрыва. Процессы становления устойчивых 10- и 4-мерных метрик связаны с появлением соответственно квантованного струнного и классического гравитационного полей и являются важными для концептуального описания пространства-времени.

Следует обратить внимание, что процессы самоорганизации имеют прямое отношение к процессам нарушения симметрии. Все развитие Вселенной, от ее рождения до современного состояния, есть последовательность нарушений симметрий, ведущая к появлению все большего многообразия природных структур из первоначальной единой целостной высокосимметричной структуры „первоматерии“. Сказанное можно распространить и на возникновение жизни, различных существ, языков, культур, искусств, религий и т.д. Всякий раз, когда нарушалась симметрия (спонтанно или неспонтанно), появлялось нечто новое. Можно сказать, что все существующее сейчас есть результат нарушения симметрии.

При изучении физикой все меньших и меньших пространственных масштабов открываются закономерности, которые переносятся на соответствующие этапы эволюции Вселенной. Например, при энергиях 10^2 ГэВ слабые и электромагнитные взаимодействия объединяются, такое же единство мы находим до 10^{-10} с после Большого взрыва; при энергиях 10^{15} ГэВ сильные и электрослабые взаимодействия неразличимы, такую же неразличимость находим до 10^{-35} с после Большого взрыва и т.д. Поэтому мы обнаруживаем единство физического мира с одной стороны и возникновение многообразия физических объектов (и их взаимодействий) в процессе самоорганизации Вселенной — с другой стороны. Это является естественнонаучным выражением философской мысли о связи принципа развития с принципом единства мира. Самоорганизация связана с единством, ибо приводит к качественно новым состояниям на основе предшествующих состояний. Но она связана и с нивелированием единства, ибо сам факт самоорганизации отрицает предшествующие состояния. Самоорганизация возможна только в противоречивой системе, наличие же противоречий нарушает единство. Поэтому и сам процесс самоорганизации противоречив: подчеркивая единство мира, самоорганизация в то же время разрушает это единство, давая качественное разнообразие в нем. Единство и многообразие являются двумя сторонами единого процесса самоорганизации.

Современные представления о возникновении Вселенной связаны с идеей спонтанного квантового рождения ее из „ничего” [9]. Эта идея родилась в силу того, что полный электрический заряд, полный момент, полная энергия (гравитационная и негравитационная) наблюдаемой Вселенной примерно равны нулю. Полный импульс зависит от движения наблюдателя, потому его абсолютная величина не может быть установлена, закона же сохранения барионного заряда не существует. Квантовое рождение Вселенной стало обсуждаться с 1973 г., когда появилась статья Е.П. Трайона [10]. Согласно Трайону, мир вначале представлял собой пустое плоское пространство-время (с нулевой энергией), в котором осуществлялось соотношение неопределенностей для энергии и времени, что гарантировало беспричинное появление (а затем исчезновение) энергии в малых интервалах времени. Квантовые флуктуации такого рода мирового вакуума, кооперируясь, породили, в конце концов, условия, необходимые для рождения нашей Вселенной. Поскольку для произвольной геометрии пространства-времени понятие энергии не определено, то эта модель подверглась переосмыслению. Были предложены другие модели рождения Вселенной. Например, полагалось, что Вселенная возникла как некоторая локальная квантовая флуктуация метрики, причина которой, однако, не указывалась, была предложена несингулярная модель, согласно которой Вселенная родилась путем квантовомеханического туннельного эффекта из классического пространства-времени с метрикой Робертсона-Уокера. Большой взрыв интерпретировался в виде радиоактивного распада, происходящего в огромных масштабах.

Все указанные модели, постулируя пространственно-временной мировой фон, из которого появилась Вселенная, не решали вопроса о возникновении этого фона. В модели А. Виленкина [11] рождение Вселенной трактуется как происходящее спонтанно из абсолютного ничто путем квантового туннелирования в пространство де Ситтера. Таким образом, само мировое пространство-время рождается из ничего, туннелирование (аналогичное Большому взрыву) приводит сразу к метрике Робертсона-Уокера. Вселенная возникает в симметричном вакуумном состоянии, которое затем распадается и начинается инфляция, после окончания которой Вселенная эволюционирует согласно стандартной модели. Эта теория не постулирует никакого начального состояния до туннелирования (сингулярности, пространственно-временного фона и т.д.), поэтому ее можно относить не только к какой-либо одной Вселенной, но к миру в целом.

Если вне родившейся Вселенной ничего нет, то волновая функция ее не зависит от времени. Это значит, что Вселенная в целом не есть явление, но есть вещь в себе, а потому она эквивалентна абсолютному ничто и могла возникнуть из абсолютного ничто. Но если Вселенная возникла из ничего, то, значит, это ничто неустойчиво. Неустойчивость его за счет внешней причины следует исключить, ввиду начального предположения. Значит ничто неустойчиво по своей собственной природе, т.е. оно не ничто, а нечто, способное квантовым флуктуациям (то взрываться, то обращаться в ничто, то порождать кванты пространства-времени, то уничтожать их). Это значит, что ничто есть просто аспект пространственно-временной пены, мирового пространства-времени. А если пена находится в динамическом равновесии с классическим пространством-временем, то ничто, в конце концов, порождает классическое пространство-время.

Возникшая Вселенная есть вещь в себе, целостное бытие, но как только во Вселенной рождается множественность, она становится явлением. Для мыслящего существа (способного к сознанию, самосознанию, оценке и принятию решений), Вселенная представляется в виде множественного бытия, пространственно-временного мира явлений, за которым, однако, скрывается целостность. И вещь в себе, и явление, и целостность, и множественность суть аспекты действительности, диалектические противоположности, познаваемые соответственно путем интеллектуального и чувственного созерцаний. Рождением мышления Вселенная показывает саму себя (при познании ее) во всей своей внутренней красоте, проявляющейся через множественный мир явлений. Целостность же сама по себе малоинтересна в силу ее эквивалентности ничто, в котором, собственно, нечего познавать (в этом смысле вещь в себе непознаваема).

Концепция квантового рождения Вселенной из ничего философски интересна не только потому, что пресекает дальнейшие вопросы о том, из чего возникла Вселенная, но и вследствие порождения мыслей о роли мышления во Вселенной, о взаимоотношении вещей в себе и явлений, целостного и множественного бытия и ставит вопрос о возможности включения в космологию собственных степеней свободы мышления [6, с. 248].

Понятие абсолютного ничто, как основы мира, впоследствии стали обходить. Например, Я.Б. Зельдович сначала разделял точку зрения А. Виленкина, но в статье [12] по материалам симпозиума встал на точку зрения Е.П. Трайона, взяв „ничего” в кавычки и полагая, что в начальном состоянии не было ничего, кроме вакуумных флуктуаций всех физических полей, включая гравитационное, что

трехмерная геометрия образовалась в результате квантовых флуктуаций из квантованного пространства-времени.

Но если Вселенная родилась как замкнутая с планковскими размерами в планковской области мирового пространства-времени, имеющего метрику Минковского, то под „ничто” можно понимать область пустого пространства-времени Минковского. Вместо рождения всего мира из абсолютного ничто и его последующего обращения в ничто сейчас рассматривают нескончаемый процесс взаимопревращения классического пространства-времени и пространственно-временной пены, в котором или малы, или велики квантовые флуктуации метрики. Такая модель постулирует вечное существование квантового и классического пространственно-временного фона.

2. Самоорганизация пространства-времени и форм причинности при развитии Вселенной

Рассмотрим процесс самоорганизации пространства-времени в связи с самоорганизацией Вселенной, ведущей к эволюции физических объектов, на которых можно эксплицировать различные концепции пространства-времени. Исходный неметрический вакуум можно охарактеризовать доинфляционным пространством и временем. Большой взрыв привел к эволюции вакуума, достигшей в конце концов метрической определенности, характеризующейся суперструнным вакуумным пространством-временем, затем возникло 10-мерное квантованное суперструнное поле и соответствующее ему суперструнное пространство-время. С акта самоорганизации суперструнного поля до разворачивания его четырех измерений имело место суперструнное пространство-время. С возникновением частиц и образованием гравитационного поля процесс самоорганизации привел к классическому гравитационному пространству-времени. Последнее приобрело фундаментальное значение, ибо все эволюционирующие процессы внутри Вселенной (на масштабах больше планковских) можно рассматривать как происходящие на его фоне. Кривизна гравитационного пространства-времени уменьшалась с увеличением радиуса Вселенной, при некотором радиусе (в малых областях) пространство-время можно считать плоским. Переход к плоскому пространству-времени не является качественным скачком, поэтому не принадлежит к процессам самоорганизации материи.

После отделения вещества от излучения, возникновения больших масс (звезд, галактик), дальнейшего увеличения радиуса Все-

ленной становится возможным реализовать идею реляционного пространства-времени, но после распада барионов реляционное пространство-время опять потеряет свой смысл. Оно имеет значение лишь в небольшом оазисе на шкале эволюции Вселенной, связанном с существованием макротел и излучения.

Итак, базовым концептуальным пространством-временем во Вселенной является вакуумное пространство-время, которое существует на ранней стадии ее эволюции. Суперструнное пространство-время возникло из него и преобладает на следующей стадии эволюции Вселенной планковской эпохи. Классическое гравитационное пространство-время возникло из суперструнного пространства-времени и существенно для послепланковской эпохи. Реляционное пространство-время преобладает в областях слабого гравитационного потенциала, наполненных макротелами и электромагнитным излучением. Оно не возникло из классического гравитационного пространства-времени, но существует на его фоне.

Принцип самоорганизации материи связан с фактом возникновения более организованных структур из менее организованных. Но организованность и фундаментальность — это разные вещи, фундаментальная структура (единый вакуум) самая хаотическая и нестабильная, именно из нее и рождаются менее фундаментальные, но более организованные структуры. В отношении метрической самоорганизации во Вселенной можно сказать, что появление вакуумного, суперструнного и классического гравитационного (но не реляционного) пространства-времени есть безусловно процессы, связанные с метрической самоорганизацией материи. При этом псевдориманово 4-мерное пространство-время есть более организованная структура, чем суперструнное 10-мерное пространство-время (а классическое гравитационное поле более организовано, чем суперструнное поле). Вакуумное же пространство-время, будучи самым фундаментальным, — наименее организовано. Принцип метрической самоорганизации материи может служить критерием для отбора фундаментальных концепций пространства-времени.

Как известно, в развитии фундаментальных физических теорий можно усмотреть принцип соответствия, согласно которому, если теорию, построенную для одного структурного уровня материи, обобщить на более фундаментальный ее уровень, то первая теория будет вытекать из второй как ее предельный случай, т.е. законы менее фундаментального уровня являются частным случаем законов более фундаментального уровня. Можно ли увидеть принцип соответствия между концепциями пространства-времени? Положитель-

ный ответ на этот вопрос позволяет дать принцип метрической самоорганизации материи, который, к тому же, позволяет понять, почему следует отобрать в качестве основных только три фундаментальные физические концепции пространства-времени (вакуумную, суперструнную и классическую гравитационную). На первый взгляд кажется, что принцип соответствия теорий (например, классической механики, СТО и ОТО) можно перенести и на принцип соответствия концепций пространства-времени. Однако это не так. Между принципами соответствия физических теорий и пространственно-временных концепций имеется существенное различие ввиду того, что многие физические теории, как исходные, так и обобщенные, основываются на одной и той же концепции пространства-времени. Эволюцию же физики от классической механики до СТО нельзя рассматривать как скачок в концептуальном описании пространства-времени, но лишь как уточнение классической гравитационной концепции пространства-времени. Когда эта концепция была уточнена (Эйнштейн схватил идею о существенности полевого аспекта материи в физической экспликации пространства-времени) и на ее основе построена вся физика, но только после этого стал возможен качественный скачок к новой, суперструнной концепции пространства-времени. Реляционная концепция пространства-времени в таком случае оказывается на окраине внимания, она существенна только в практических целях.

Говорить о преемственности пространственно-временных концепций при расширении научного познания можно на двух уровнях: уровне математического представления и уровне физической экспликации. Нетрудно проследить переход от плоского метрического инерциального поля к гравитационному и далее суперструнному полям или от 4-мерного пространства-времени Микковского к 4-мерному пространству-времени Римана и далее к 10-мерному суперструнному пространству-времени.

Наличие самоорганизующихся систем позволяет по-новому взглянуть на причинность. Под физической причинностью понимают наличие неких воздействий, в результате которых происходит изменение в материальной системе. Следует различать состояние материальной системы и переход ее в новое состояние (процесс). Процесс может описываться, а может и не описываться эволюционным уравнением. Состояние будет классическим, если оно строго определено, и статистическим, если оно вероятно. По характеру воздействий причины могут быть внешними, внутренними и совместными (теми и другими). Переходы из одного состояния в другое могут

быть однозначно определенными или вероятностными, могут совершаться под действием внешних или внутренних (или совместных) воздействий. Однозначные переходы можно назвать динамическими, вероятностные — статистическими, они определяются типом воздействий, среди которых можно выделить динамические и статистические.

Состояния рассматриваются в определенный момент времени и в определенной области пространства, переходы же происходят в течение определенного промежутка времени, как в ту же, так и в другую область пространства. Поэтому причинность связана не только с типом систем, но и со свойствами пространства-времени, которые могут быть различными в различных своих частях. Поскольку вместе с эволюцией Вселенной эволюционирует и пространство-время, то будет изменяться и форма причинности. Значит, в причинности можно выделить два аспекта: системный и пространственно-временной.

Обычно рассматривают причинность по отношению к переходам (процессам), но концепция самоорганизации материи показывает, что переходы связаны с состояниями и могут происходить только из специфических (сильно возбужденных) состояний. Поэтому причинность следует распространить и на состояния.

Выделим обычные формы системной причинности. Если система классична, как по своим состояниям, так и по переходам, то ее можно назвать вполне детерминированной (примерами могут служить классическая система материальных точек, классическое электромагнитное поле). Вполне детерминированная система дважды инертна (как по состоянию, так и по переходу) в том смысле, что она неспособна к самодвижению, ибо все в ней строго определено и никаких отклонений (флуктуаций) быть не может. Систему, статистическую по своим состояниям, но динамическую по переходам, можно назвать детерминированной (пример — идеальный газ). В детерминированной системе заложена возможность к саморазвитию, ибо увеличение флуктуаций ее состояния может привести к необратимым последствиям. Система, классическая по своим состояниям, но статистическая по переходам, будет статистически детерминированной (например, броуновские частицы). Такие системы связаны с необратимостью, они играют большую роль, ибо уже на классическом уровне могут демонстрировать роль случая. Если же система статистична как по своим состояниям, так и по переходам, то она будет вполне статистически детерминированной. Таковыми являются все микросистемы. Вполне статистически детерминированные системы являются фундаментальными системами природы и основными источниками ее эволюции. Их обобщением являются особые, самоор-

ганизирующиеся системы, которые, сильно флуктуируют по начальным данным и по конечным состояниям. „...На всех уровнях, будь то уровень макроскопической физики, уровень флуктуаций или микроскопический уровень, источником порядка является неравновесность. Неравновесность есть то, что порождает „порядок из хаоса” [13, с. 357]. Сказанное позволяет выделить пять форм системной причинности: вполне детерминированную, детерминированную, статистически детерминированную и самоорганизационную формы.

Необратимость приводит к глубоким изменениям понятий пространства, времени и динамики [14]: время, связанное с флуктуациями, отлично от времени, связанного с обычными движениями, оно является скорее оператором, чем параметром, динамика должна быть включена в более широкий формализм и т.д. Сказанное можно отнести и к начальному этапу эволюции нашей Вселенной. Пространство, время и связанная с ними причинность до Большого взрыва могут быть названы доинфляционными.

Необходимо выделить формы пространственно-временной причинности, Д.И. Блохинцев отмечал: „...Причинность можно рассматривать как геометрическую категорию и исследование вопросов причинности есть лишь один из возможных аспектов анализа геометрии” [15, с. 135]. Поэтому формы причинности можно классифицировать и по геометрии пространства-времени. Согласно Р. Герочу [16], если в физических процессах происходит изменение топологии пространства-времени, то оно воспринимается с точки зрения старой топологии как нарушение формы причинности. Поэтому переходы от Большого взрыва к свернутому метрическому пространству-времени, от него к 10-мерному пространству-времени суперструнной теории и далее к 4-мерному сильно развернутому псевдориманову пространству-времени связаны с изменением формы причинности. Поэтому пространственно-временная причинность эволюционирует вместе с эволюцией пространства-времени в связи с эволюцией Вселенной [17]. При этом можно выделить следующие концептуальные формы пространственно-временной причинности, соответствующие основным стадиям эволюции Вселенной и пространственно-временным концепциям, существенным для них: вакуумную (характерную для метрически организованного вакуума), суперструнную (характерную для суперструнного поля), гравитационную (характерную для наблюдаемого мира), в частности, тривиальную гравитационную (характерную для процессов, происходящих в 4-мерном пространстве-времени Минковского).

На каждой стадии пространственно-временной эволюции Вселенной имеют место определенные формы системной причинности, всегда сопровождающей пространственно-временную причинность. Следует отметить самоорганизационную форму при переходе от Большого взрыва к метрическому суперструнному вакууму, а также при переходе от суперструнного поля к гравитационному полю. Однако нельзя рассматривать эволюцию системного аспекта причинности в связи с эволюцией Вселенной, ибо процессы самоорганизации происходят и сейчас в отдельных участках Вселенной вне зависимости от ее эволюции. Значит, самоорганизационная форма причинности не эволюционирует, а проявляется по-разному в разные моменты времени на разных участках эволюционирующей Вселенной. То же самое можно сказать и относительно других форм системной причинности. Поэтому системную причинность можно назвать локальной причинностью в противоположность глобальной причинности, связанной с пространством-временем. Таким образом, можно ввести принцип соответствия различных форм пространственно-временной причинности, аналогично тому, как это было сделано для концепций пространства-времени.

Литература

1. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М., 1979.
2. *Guth A.N.* Inflationary Universe: A Possible Solution to the Horizon and Flatness Problems // *Phys.Rev.Ser. D.* 1981. V. 23, No. 2. P. 347-356.
3. *Linde A.D.* A New Inflationary Universe Scenario: A Possible Solution of the Horizon, Flatness, Homogeneity, Isotropy and Primordial Monopole Problems // *Phys. Lett. Ser. B.* 1982. V. 108. No. 6. P. 389-393.
4. *Guth A.H., Steinhardt P.J.* The Inflationary Universe // *Sci.Amer.* 1984. V. 250. No. 5. P. 116-128.
5. *Ломоносов М.В.* Избранные произведения. Т. 1. Естественные науки и философия. М., 1986.
6. *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990.
7. *Грин М.Б.* Суперструны // В мире науки. 1986. N 11.
8. *Владимиров Ю.С.* Пространство-время: явные и скрытые размерности. М., 1989.
9. *Grishchuk L.P., Zeldovich Ya.B.* Complete Cosmological Theories // *Quantum Structure of Space and Time/Ed. M.J. Duff, C.J. Isham.* Cambridge, 1982. P. 409-422.
Бутрын Ст. Идея спонтанного возникновения материи „из ничего” в космологии XX века // *Вопр. философии.* 1986. N 4. С. 70-83; Цехмистро И.З. К квантовому рождению Вселенной „из ничего” // *Филос. науки.* 1988. N 9. С. 91-95; Дубровский В.Н. Рождение Вселенной из „ничего” // *Мировоззренческая направленность преподавания естественных и технических дисциплин: Тез. докл. 2-й респ. науч.-методич. конф. 8-9 июня 1990 / Фрунзе, 1990. С. 17-19.*

10. *Tryon E.P.* Is the Universe a Vacuum Fluctuation? // *Nature*. 1975. V. 246. P. 396-397.
11. *Vilenkin A.* Creation of Universe from Nothing // *Phys. Lett. Ser. B*. 1982. V. 117. No. 1,2. P. 25-28.
12. *Зелдович Я.Б.* Рождение Вселенной из „ничего“ // *Вселенная, астрономия, философия* / Под ред. Д.Я. Мартынова и др. М., 1988. С. 39-40.
13. *Пригожин И.* Стенгерс И. Порядок из хаоса. М., 1986.
14. *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М., 1985.
15. *Бахинцев Д.И.* Пространство и время в микромире. 2-е изд., испр. М.: Наука, 1982.
16. *Geroch R.* Topology in General Relativity // *J. Math Phys*. 1967. V. No. 4. P. 782-786.
17. *Дубровский В.Н., Малчанов Ю.Б.* Эволюционирует ли время, пространство и причинность? // *Вопр. философии*. 1986. N 6. С. 137-144.

Эволюция Вселенной, причинность и нелинейность

1. Две эволюции

Эволюция, нелинейность, самоорганизация – слова, пожалуй, чаще других встречающиеся сегодня в многочисленных дискуссиях, ведущихся по самым фундаментальным проблемам мироздания. Мы бы хотели начать с обсуждения проблем эволюции. Сначала несколько терминологических замечаний.

Слово „эволюция” чрезвычайно многозначное (как, впрочем, и большинство слов, фиксирующих некоторые фундаментальные идеи и представления). Под эволюцией понимают: 1) развитие вообще, 2) обязательно плавное, постепенное развитие, в противоположность бурно протекающим, взрывным процессам, 3) чисто количественное изменение, в отличие от изменений коренных, качественных. В последующем изложении слово „эволюция” мы будем употреблять в первом смысле, как это больше принято в естественнонаучных исследованиях, где в выражениях „органическая эволюция”, „эволюция Вселенной”, „глобальный эволюционизм” термин „эволюция” используется именно в этом, наиболее общем смысле.

Можно, конечно, поставить вопрос: „А зачем увеличивать многозначность языка, вместо того, чтобы использовать в этом смысле доброе старое слово „развитие”? На наш взгляд, некоторый резон тут есть. Термин „развитие” широко использовался с древнейших времен в философской и натурфилософской традиции. Широкое использование термина „эволюция”, на наш взгляд, связано с проникновением идеи развития в естествознание и связано с постановкой проблемы развития на естественнонаучном уровне, в отличие от чисто натурфилософского.

Как хорошо известно, становление естествознания было сначала связано с отказом от идеи развития. Формирующееся естествознание должно было для первоначального ознакомления со своими объектами выделить их из системы разнообразных связей, отвлечься от

возможного изменения и развития. Создаваемая естествознанием картина природы представляла последнюю как раз и навсегда данную и неизменную. И хотя отдельные проблески идеи развития присутствовали уже в XVIII веке (Ж. Бюффон, М.В. Ломоносов, И. Кант) широкое вхождение идеи развития в естествознание — дитя XIX века.

Идея эволюции в естествознании XIX века нашла выражение в двух, долгое время рассматривавшихся как взаимоисключающие, формах: биологической (дарвиновской) и термодинамической (если и здесь использовать имя, то можно сказать — больцмановской). Любопытно заметить, что при всей противоположности этих двух эволюций, именно Л. Больцман назвал XIX век — веком Ч. Дарвина.

В чем же состояла указанная противоположность? На это можно ответить одной фразой: дарвиновская эволюция ведет к усложнению своих объектов, термодинамическая — к их упрощению и деградации; они действуют во взаимно противоположных направлениях. Гениальное открытие Дарвина состояло в нахождении им естественного механизма, способного вести живые организмы по пути возрастания разнообразия и сложности строения, как можно было бы сказать, пользуясь сегодняшним языком, по пути возрастания структурной информации биологических объектов. Этот механизм Дарвин назвал естественным отбором. В „Происхождении видов” Дарвин подробно описывает путь, которым он пришел к этой блестящей идее. Многовековая практика селекционеров привела к выведению большого множества улучшенных, в желательном человеку направлении, пород животных и сортов растений, используемых в сельском хозяйстве. И здесь механизм, которым действовали практики-селекционеры, лежал прямо на поверхности: опираясь на от природы присущую одомашненным животным и растениям изменчивость, селекционер производил отбор (селекцию) в нужном для себя направлении. Нельзя ли увидеть нечто подобное этому искусственному отбору в самой природе? Дарвин и сформулировал тезис о естественном отборе, который, опираясь на присущую живым организмам так называемую неопределенную изменчивость (которую он берет как данность, справедливо отмечая, что причины ее для понимания эволюции не важны), ведет их по пути непрерывного усложнения и увеличения разнообразия. Место сознательных целей человека в искусственном отборе занимает выживание наиболее приспособленных организмов в борьбе за жизнь, неизбежно возникающей на почве перенаселенности. Таким образом, Дарвин не просто обнаружил сам факт эволюции в живой природе, он открыл естественный механизм, обеспечивающий эту эволюцию. Мы отдаем себе отчет, что

дарвиновская эволюция с самого момента выдвижения этой идеи и до сегодняшнего дня встречает достаточно многочисленные возражения. Эволюцию пытались и пытаются объяснить прямым приспособлением к среде, упражнением и неупражнением органов, стремлением организмов к совершенствованию, изначальной целесообразностью и т.д. На наш взгляд, все указанные факторы или не имеют места (упражнение и неупражнение органов) или по существу апеллируют к сверхъестественным факторам. Во всяком случае, ничего лучшего, чем объяснение через естественный отбор человечество до настоящего времени, по нашему убеждению, не придумало. Поэтому, хотя в адрес дарвиновской эволюции (называемой ее оппонентами „селекционизмом“) и сформулирован ряд серьезных замечаний, отношение к ней должно быть аналогично нашему отношению к демократии (согласно известному афоризму, хотя демократия и обладает массой недостатков, но ничего лучшего человечество не придумало).

Итак, дарвиновская эволюция широко вошла в сознание научного сообщества. С ее помощью объясняется не только развитие органического мира. Существуют интересные попытки объяснить с ее помощью развитие человеческого познания (К. Полпер, С. Тулмин), науки (Т. Кун). Интересная попытка придать универсальный характер идее отбора принадлежит Н.Н. Моисееву. Более того, в последние десятилетия дарвиновская эволюция вторгается в сферу физических процессов (М. Эйген, И. Пригожин).

Другим каналом, по которому идея эволюции вошла в естествознание, явилась термодинамика со своим вторым началом. В отличие от всей предшествующей физики, второе начало термодинамики устанавливало то, что позднее получило наименование „стрелы времени“. Уравнения классической механики безразличны к знаку времени, замена $+t$ на $-t$ ничего не меняет в характере протекающих процессов. Второе начало устанавливает преимущественное направление всех физических процессов — это направление необратимости энтропии. Второму началу было дано множество формулировок: формулировки С. Карно, В. Томсона, Р. Клаузиуса, В. Оствальда вплоть до шутливой формулировки Р. Фейнмана (из елки можно сделать палку, а наоборот нельзя) и житейского афоризма „все портится“. Но именно в этом житейском афоризме схвачена, если угодно, существенная тенденция, присущая второму началу: физические процессы протекают в направлении своего рода обесценения энергии. Согласно одной из основных формул термодинамики, свободная энергия любой системы (F), т.е. энергия, которая может быть превращена в работу, равна разности полной энергии (U) и обесцененной

энергии, пропорциональной энтропии (TS), где T – абсолютная температура, а S – энтропия): $F = U - TS$.

Мы считаем, что уже здесь следует оговорить определенную односторонность истолкования энтропии только как меры обесценения энергии. Дело в том, что второе начало справедливо лишь для замкнутых систем, но все реальные системы, с которыми мы встречаемся и в природе и в технике, в той или иной степени, являются системами открытыми и для таких систем второе начало, прежде всего, позволяет раскрыть пути максимального эффективного использования энергии, выступая скорее как закон не столько обесценения, сколько оптимального использования энергии.

Подлинное место второго начала в системе мироздания хорошо определил Р. Эмден в известной заметке под нарочито житейским названием „Почему мы топим зимой?": „Будучи студентом, я с пользой прочел небольшую книгу Ф. Вальда „Царица мира и ее тень”. Имелась в виду энергия и энтропия. Достигнув более глубокого понимания я пришел к выводу, что их надо поменять местами. В гигантской фабрике естественных процессов принцип энтропии занимает место директора, который предписывает вид и течение всех сделок. Закон сохранения энергии играет лишь роль бухгалтера, который приводит в равновесие дебит и кредит” [1, с.60].

Тем не менее, второе начало неоднократно давало повод (и вообще говоря, небезосновательно) трактовать его по преимуществу как закон обесценения энергии, т.е. как закон, устанавливающий направление эволюции, противоположное дарвиновской. Применение же второго начала ко Вселенной в целом казалось неизбежно приводило к выводу о так называемой тепловой смерти мира. Не случайно второе начало термодинамики (вместе с концепцией расширяющейся Вселенной) папа Пий XII в своей известной речи „Доказательства существования Бога в свете данных современной науки” (1951) рассматривал как самые главные аргументы в пользу бытия Бога. Не удивительно поэтому настороженное отношение ко второму началу термодинамики со стороны многих естествоиспытателей и философов. В ряде случаев это настороженное отношение выливалось в прямое неприятие и попытки опровержения второго начала. Мы не можем входить здесь в подробное обсуждение этих сюжетов, отметим лишь, что для „спасения” материализма не требуются столь радикальные меры как отрицание одного из основных законов природы. Существуют многочисленные работы и естествоиспытателей, и философов, показывающие несостоятельность креационистских или эсхатологических выводов из второго начала [2, 3, 4, 5].

2. Идея развития (эволюции) и причинность

Идея развития и идея причинности относятся к числу наиболее фундаментальных представлений человеческого интеллекта. Видимо, нельзя считать полностью случайным, что от основателя атомизма Левкиппа до нас дошла всего одна фраза: „Все происходит на каком-то основании и в силу необходимости”. Без идеи причинности, т.е. регулярной обусловленности настоящего положения дел какими-то факторами в прошлом, было бы вообще невозможно развитие познания. С другой стороны, весь опыт человечества говорил о том, что в жизни возникает и что-то новое. Проблема согласования возникновения нового и его причинной обусловленности может быть отнесена к числу наиболее трудно разрешимых.

Нам представляется уместным здесь поговорить об особенностях человеческого познания в более общем плане. Наше познание неизбежно носит антонимичный характер, т.е. мы всегда характеризуем реальность с помощью антонимов. Основная черта рационально понятого диалектического мышления связана с пониманием относительного характера любых противоположностей, с их опосредованием, с их релятивизацией.

Все сказанное, прежде всего, относится к наиболее общим категориальным характеристикам сущего. Причем, надо отдавать себе ясный отчет в том, что реальный прогресс человеческого познания всегда был и будет связан с созданием односторонних концепций, с развитием односторонних идей. Подчеркнем, что познание есть огрубление реальности. И вместе с тем, это огрубление постоянно снимается в ходе познавательного процесса, и снимаясь, воспроизводится на новом уровне. Принцип относительности противоположностей — не универсальная отмычка, позволяющая по шаблону решать любую конкретную проблему. Это — методологическая установка, ориентирующая познание на понимание того обстоятельства, что любые добытые на сегодня результаты не должны абсолютизироваться, не должны превращаться из приблизительно верного отражения реальности в доподлинно и точно нам известные изображения реальности самой по себе.

Все вышесказанное имеет прямое отношение к идеям причинности и развития в научной картине мира. Становление науки Нового времени неотделимо от выработки концепции механической причинности и ее неизбежной философской абсолютизации в лапласовском детерминизме: „Ум, которому были бы известны для какого-

либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движения величайших тел вселенной наравне с движениями мельчайших атомов: не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверным, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором” [6, с. 9].

Тезис Лапласа не нов в истории человеческой мысли. Он родственен уже процитированному афоризму Левкиппа, его задолго до Лапласа сформулировал Омар Хайям: „В последний день расплаты будет прочитано то, что было записано в первый день творения”. Но в тезисе Лапласа есть и существенно новый момент. Эта концепция предлагается теперь от лица науки, а не как чатурфилософская или религиозная идея. Лаплас четко обнажает научные корни своей концепции, указывая, что человеческий ум, разумеется, никогда не достигнет Ума с большой буквы. Но в некоторых своих фрагментах, скажем в небесной механике, ум человеческий приближается (создав теорию дифференциальных уравнений) к этому божественному Уму.

От вселенской формулировки Лапласа прямой путь ведет к концепции, которая может быть названа концепцией однозначной причинности, действующей в любом сколь угодно малом или сколь угодно большом фрагменте, доступном человеческому уму. Концепция (или, если угодно, парадигма, догма) однозначной причинности выражена в расхожем афоризме: „Одинаковые причины – одинаковые следствия”. Встречающиеся сплошь и рядом в обычных житейских ситуациях случаи, когда, казалось бы, одинаковые причины приводят к разным следствиям всегда легко и изящно объяснялись ссылкой на неполноту учета всех предшествующих обстоятельств. Это объяснение неполнотой знания до сравнительно недавнего времени находило убедительное подтверждение во всей истории человеческого познания и действия.

Радикальный переворот был здесь связан с развитием квантовой физики. Осознание всей радикальности этого переворота проходило в ходе нелегкой и драматической идейной борьбы как среди физиков, так и среди философов. Нельзя сказать, что на сегодня достигнуто полное единодушие в понимании философских последствий квантово-механического взгляда на природу. Однако, некоторые главные результаты можно считать достаточно прочно вошедшими в общественное сознание. К этим главным результатам относится утверждение объективного и фундаментального статуса понятий вероятности и неопределенности. Квантовая механика дает возможность

расчета тех или иных вероятностей наблюдаемых макроскопических событий, но не дает возможности их однозначного предсказания. Совершенно естественной реакцией на эту ситуацию был тезис о принципиальной неполноте квантовой механики, т.е. тезис о том, что на смену квантовой механике придет новая, более полная теория, оперирующая некими „скрытыми параметрами”, учет которых и позволит добиться хотя бы теоретически однозначных предсказаний. Однако, вскоре после создания квантовой механики, Дж. фон Нейманом была сформулирована знаменитая теорема о несовместимости объективного содержания квантовой механики с допущением скрытых параметров. Многочисленные попытки как-то обойти теорему фон Неймана, на наш взгляд, не привели к сколь-нибудь заметным результатам.

Сложившаяся ситуация, созданная возникновением и развитием квантовой механики, стимулирует углубленную философскую постановку вопроса о причинности. Один из авторов имел возможность неоднократно выступать по проблеме причинности в квантовой механике и поэтому здесь мы ограничимся кратким резюме.

Все наши знания о мире (включая и самые общие идеи и представления) возникают в ходе отражения этого мира. У нас нет и не может быть никаких априорных принципов. Не существует никакого „черного хода”, с которого мы могли бы заглянуть в действительность „саму по себе” и подсмотреть, как там обстоит дело. Все наши идеи и принципы – это приблизительно верное отражение действительности, а не сама действительность.

Идея однозначной причинности разделяет общую судьбу всех человеческих принципов, которыми не только можно, но нужно поступаться, когда к этому побуждают объективные обстоятельства.

На наш взгляд, адекватное философское осмысление квантовой механики связано с отказом от презумпции однозначной причинности, в принятии фундаментального характера вероятностных представлений, в признании однозначных связей приблизительным и округленным выражением более глубоких и более фундаментальных вероятностных связей.

Нам представляется, что этот результат навсегда сохранит квантовую механику как важнейшую веху в истории человеческого познания и поэтому нам кажется не вполне корректными встречающиеся иногда попытки, если угодно, смазать эпохальное значение квантово-механической революции. Такую тенденцию (не будем настаивать, что концепцию) можно обнаружить в интересной и небесспорной книге И. Пригожина и И. Стенгерс „Порядок из хаоса” [7, с. 291]. Авторы, ес-

тественно, увлечены своей стержневой идеей – идеей необратимости времени во Вселенной. С этой точки зрения они делят всю физику на предшествующую атемпоральную и вновь создаваемую темпоральную, прежде всего, воплощающуюся в неравновесной термодинамике. При таком подходе, квантовая механика предстает всего лишь как звено в развитии атемпоральной физики. Вольно или невольно такой подход, как нам кажется, смещает историческую перспективу. Не исключено, что в будущем концепции в русле неравновесной термодинамики и синергетики преобретут не менее глобальное значение, чем квантовополевые идеи. Однако, на сегодня такое утверждение кажется нам, как минимум, преждевременным и не соответствующим реальной ситуации в науке (в физике, во всяком случае). Хотя, подчеркнем еще раз, с чисто психологической точки зрения, такой подход И. Пригожина и И. Стенгерс вполне понятен. Вместе с тем, наши возражения против возвеличения синергетики и неравновесной термодинамики за счет квантовой физики* относятся, прежде всего, к этому „за счет”. Синергетика является безусловно важнейшей вехой в концептуальном развитии науки и ее появление заставляет обратиться к анализу таких фундаментальных понятий, как нелинейность и самоорганизация.

3. Эволюция и идея нелинейности

Рассмотренная выше идея однозначной причинности жестко связана с представлением о линейном характере причинных цепей. Эта связь может быть представлена и представлялась в самой грубо наглядной форме. Считалось, что в реальном мире существуют в буквальном смысле слова линии причинения, некие линейные цепочки причин и следствий, простирающиеся неограниченно далеко как в прошлое, так и в будущее. Эти цепочки могут быть как угодно перепутаны, могут пересекаться друг с другом, но „лапласовский Ум” способен во всех этих пересечениях разобраться; ведь он не играет в кости, т.к. для него любое выпадение очков заранее известно. Известно именно в силу того, что все пересечения линейных цепочек

* Мы считаем здесь уместным напомнить, что становление синергетической идеологии имело два (по крайней мере) независимых источника. Если школа И. Пригожина и разработанная в ней теория диссипативных структур основывалась на исследовании термодинамических явлений вдали от положения равновесия, имеющих место в химических процессах, то работы Г. Хакена исходят из исследований лазерных процессов, т.е. процессов сугубо квантовых.

всегда принципиально аддитивны — именно в этой аддитивности и состоит их линейный характер. Причина всегда равна своему следствию, изменение следствия всегда пропорционально изменению причины.

На уровне здравого смысла и повседневной житейской практики люди, разумеется, повсеместно встречались с эффектами неаддитивности и нелинейности. Однако для того, чтобы продвинуться от уровня поверхностной констатации нелинейных эффектов к их действительно глубокому постижению, человеческий ум должен был пройти неизбежный этап линеаризации.

Линеаризация предстает, таким образом, как закономерный этап развития человеческого познания. Линеаризация одно из выражений общей черты человеческого познания, заключающийся в необходимости упрощения познаваемой реальности. Упрощение не обязательно состоит в линеаризации, но линеаризация — всегда упрощение.

В арсенале человеческого познания существует множество приемов упрощения. Сюда можно отнести схематизацию, проводимую с ясным осознанием огрубления исследуемой реальности, идеализацию, кибернетический подход в целом и многое другое. В отношении последнего небезынтересно заметить, что один из основателей кибернетики У.Р. Эшби вообще определял ее как искусство упрощения без переупрощения. Эшби вводит в рассмотрение три рода чисел: обычные, выражаемые десятичной записью, астрономические, где число нулей записывается в виде показателя степени и, наконец, комбинаторные, где число нулей записывается в виде лесенки степеней. Если первые два класса в какой-то степени допускают установление поэлементных связей, то в отношении систем, число состояний в которых выражается комбинаторными числами, такое поэлементное изучение становится в принципе невозможным. Кибернетика и призвана разработать приемы и методы, позволяющие справиться с этим „кошмаром сложности”. Если угодно, линеаризация тоже может рассматриваться как один из таких приемов, как, в этом смысле, одно из выражений кибернетического подхода, возникшего, правда, задолго до появления кибернетики.

Линеаризация, как нетрудно видеть, тесно связана с идеей однозначной причинности. До известной степени даже верно, что это во многом одна и та же идея в разных выражениях* Поэтому все те

* „До известной степени” мы здесь поставили потому, что вообще говоря, отказ от однозначной причинности возможен и при сохранении „линейного мира”, как это имело место при разработке квантовой механики. С другой стороны, можно рассматривать сам отказ от однозначной причинности как введение некоторого элемента нелинейности. В данном случае речь идет о нелинейности в некотором ин-

философские рассуждения, которые мы вели выше об однозначной причинности, приложимы *mutatis mutandis* и к линейной парадигме. Линейные связи — не произвольно предписываемые природе человеком постулаты, а приблизительно верное (но именно только приблизительно) ее отражение.

Мир классической механики был линейризованным миром, законы которого формулировались на языке дифференциальных уравнений. При этом дифференциальные уравнения были не только мощным аппаратом исследования, но и теми „очками”, через которые исследователь смотрел на мир и потому отбрасывал все то, что невозможно было в эти „очки” рассмотреть.

Последнее, естественно, не означает, что наука исследовала лишь объекты, явления и процессы, которые можно было усмотреть через „очки” дифференциальных уравнений. Ведь реальная действительность, действительность нашей практической жизни не состоит из абсолютно твердых шаров, катящихся по абсолютно гладким поверхностям. Реальный „бильярд” характеризуется такими нелинейными особенностями как трение, турбулентность и т.д. И наука имела бы весьма бледный вид, если бы она не выработала приемов познания и описания таких реальных объектов и процессов. Для этих целей существует множество методов научного исследования, когда базисные дифференциальные линейные уравнения сочетаются с различными поправками (теория возмущений, разложение в ряд по малому параметру, введение корректирующих коэффициентов и т.д.), которые делают возможным познание конкретных процессов, решение конкретных задач. Такова ситуация, когда научное познание обращается к изучению реальных конкретных объектов, чья неидеальность характеризует их отличие от идеальных объектов, описываемых базисными линейными дифференциальными уравнениями. Их отступление от линейности рассматривается как незначительное и является следствием их природной „необтесанности”. Они не столько нелинейны, сколько просто неидеальны.

Однако, в ходе научного познания объектами исследования начинают становиться такие явления и процессы, которые проявляют себя не просто как неидеальные, но и как именно нелинейные. В XIX веке наука, сталкиваясь с такими объектами, вынуждена была отступить, ибо не было эффективных методов решения нелинейных уравнений. Более того, существующая картина мира не стимулировала интерес к рассмотрению подобных объектов. Более того, само

туитивно-обыденном смысле, хотя имеются попытки ввести нелинейность в квантовую механику и строго формально, отказавшись от принципа суперпозиции.

существование подобных объектов могло показаться абсурдным. Например, кому могло придти в голову исследовать процессы вдали от положения равновесия и стационарности: вблизи этого положения исследование имеет смысл и может опираться на испытанные методы линеаризованной физики (плюс необходимые конкретизации), что же касается области вдали от положения равновесия, то она не представляет какого-либо интереса, ибо задолго до ее достижения объект исследования будет просто разрушен. Читатель может представить состояние ученых, когда выяснилось, что в этих катастрофических областях могут существовать устойчивые динамические структуры – сугубо нелинейная область хаоса оказалась структурно богатой и в ней возможны свои космосы (если воспользоваться античными терминами хаос и космос, которые вновь активно „заработали“).

Если бы современные ученые обнаружили эту структурную населенность нелинейного мира (хаоса) в предшествующие века, то это могло бы породить острый комплекс неполноценности. Однако, в XX веке произошло счастливое стечение ряда обстоятельств и открытий: если экспериментальное открытие нелинейных периодических реакций Б.П. Белоусова было встречено весьма скептически (ранее открытые явления, например, ячейки А. Бенара, не проявляли явно своей парадоксальности в линейном мире), то теоретическое овладение в рамках неравновесной термодинамики И. Пригожина и синергетики Г. Хакена совпало с разработкой мощной компьютерной техники, позволяющей справляться с рядом семейств нелинейных уравнений, а также с развитием теории катастроф Р. Тома, в которых удалось совершить решительный прорыв в той области математики, которая получила плодотворное начало в работах А. Пуанкаре в конце прошлого века и была связана с теорией нелинейных уравнений.

Если теперь коротко выразить основную характеристику нового класса объектов, ставших предметом научного исследования, то это будет их характеристика как эволюционных объектов. Эта характеристика может быть развернута и подвергнута анализу с разных сторон. И здесь появляется целое скопление новых понятий.

Это, во-первых, понятие нелинейности. Это, во-вторых, самоорганизация, так как развивающиеся объекты изменяют свою организацию либо под действием внешних вынуждающих сил, либо путем самоорганизации. При этом ясно, что для рассмотрения глобальных процессов существенно именно второе. Это, в-третьих, необратимость времени. Тем самым в современных науках, как естественных, так и социогуманитарных, эволюционные процессы во все большей степени выходят на передний край исследования.

Литература

1. *Зоммерфельд А.* Термодинамика и статистическая физика. М., 1955.
2. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Строение и эволюция Вселенной. М., 1975.
3. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Статистическая физика. М., 1964.
4. *Философия естествознания.* М., 1966.
5. *Баженов Л.Б., Лебедев В.П.* Второе начало термодинамики и проблема развития Вселенной // Философские проблемы астрономии XX века. М., 1976. С. 436–456.
6. *Лаплас.* Опыт философии вероятностей. М., 1908.
7. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986.

III. АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП В НАУЧНОЙ КАРТИНЕ МИРА

В.В. Казютинский

Антропный принцип и мир постнеклассической науки

Антропный принцип (АП), выступающий как одно из основных постнеклассической науки [1] вызывает сейчас оживленные дискуссии [2, 3, 4]. АП оказался чрезвычайно сложным феноменом, имеющим целый спектр модификаций; каждая из них характеризуется многоуровневой структурой и неоднозначным смыслом, который задается набором конкурирующих интерпретаций. Но сейчас, наряду с разработкой собственно антропных аргументов — они-то и выходят в сферу постнеклассической науки — усиливается тенденция к своеобразному „откату”, т.е. стремлению исключить постнеклассический „экстремизм”, отсечь философско-мировоззренческие контексты АП, оставив лишь его „строго научное”, т.е. неклассическое содержание. Иногда дает себя знать и противоположная тенденция — к расширительной интерпретации АП, при которой он утрачивает какой-либо специфический смысл. Вот почему возникает необходимость рассмотреть смыслы, структуру и эвристические потенции основных модификаций АП в неклассической и постнеклассической науке.

1. Неклассическая и постнеклассическая наука

Термин „постнеклассическая наука” вызывает противоречивые чувства. Некоторые исследователи вполне осознают специфичность таких объектов, как биосфера, для которых необходимо применение

не только новых математических методов, но также новых идеалов и норм познания, единой картины мира [5]. Но они — пока в меньшинстве, остальные же не согласны видеть какие-либо качественные отличия между наукой наших дней и неклассической наукой, или же выражают неудовлетворенность самим этим термином и т.п. Исследователь, который „сделал себе имя” в рамках неклассических оснований научного поиска, часто не готов признать какие-либо иные идеалы и нормы познания, а также полученные на этом пути результаты. Необходимость перехода к постнеклассической науке — сейчас, а не ретроспективно — ощущается далеко не всеми.

С нашей точки зрения, соображения В.С. Степина о переходе науки к изучению принципиально новых типов объектов (уникальных систем, признаками которых являются открытость и саморазвитие, причем во многие из них включен в качестве компонента сам человек), необходимости углубленной разработки в связи с этим новых подходов (включая комплексные, междисциплинарные исследовательские программы, в рамках которых взаимодействуют различные области познания) и оснований научного поиска, в том числе целостной общенаучной картины мира, включении в идеалы описания и объяснения, наряду с когнитивными, также ценностных факторов и др. — вполне подтверждаются современными исследованиями Вселенной. Но, во всяком случае, в космологии постнеклассические подходы отнюдь не отделены резкой чертой от науки неклассической. Этот новый тип научной рациональности возникает как бы в „недрах” старого. Одни и те же (в том числе давно известные) объекты, включая, например, и Вселенную как целое, могут рассматриваться одновременно сквозь призму как неклассических, так и постнеклассических оснований научного поиска, а в некоторых случаях эффективно работает даже „квазиклассический” подход. Все они способны стимулировать рост научного знания.

На протяжении многих лет наша Вселенная, т.е. Метагалактика, считалась всеобъемлющим физическим объектом. И если сейчас появилась возможность увидеть этот объект как человекомерный, т.е. в духе постнеклассической науки, то произошло это в решающей степени благодаря АП. Он вызвал в космологии настоящий „антропологический бум”, который часто рассматривается как некий антикоперниканский феномен.

Каков же смысл этого принципа, действительно ли он содержит принципиально новые, постнеклассические потенции, в чем они состоят? На наш взгляд, в случае АП мы сталкиваемся с той же ситуацией, какая сложилась когда-то при обсуждении проблемы беско-

нечности Вселенной. По словам Г.И. Наана (1965 г.) в утверждении типа „космология доказывает, что Вселенная бесконечна (конечна)” чаще всего оставалось весьма неясным, что понимается под „космологией”, под „доказательством”, под „Вселенной” и под „бесконечностью” [6, с. 27]. До сих пор еще памятливы схоластические, бесплодные дискуссии вокруг этой проблемы; ее участники не затрудняли себя анализом перечисленных понятий или ограничивались, максимум, каким-либо одним из них (скажем, только понятием бесконечности, но отнюдь не понятием Вселенной, которое считалось самоочевидным). В ходе философско-методологического анализа концептуальных оснований проблемы бесконечности Вселенной ситуация существенно изменилась, были устранены многие недоразумения, произошло сближение точек зрения, казавшихся „непримиримыми” [7, 8]. Но таким же точно образом далека от смысловой однозначности, более того, допускает альтернативные интерпретации и фраза: „Антропный принцип объясняет, что Вселенная такова, какой мы ее наблюдаем, тем, что существует человек (наблюдатель)”. Во-первых, необходимо уточнить, что здесь понимается под антропным принципом. Этим термином обозначается ряд модификаций АП, довольно сильно различающихся по своим формулировкам. Многие из них недостаточно ясны — иногда настолько, что их путают даже специалисты (!), — или явно метафоричны. Смысл этих формулировок может быть установлен лишь из контекста, т.е. часто весьма различных интерпретаций АП. Во-вторых, неясно, как следует понимать применительно к АП термин „объяснение”, в чем специфика антропного объяснения по сравнению с физическим, какова его структура, какими концептуальными средствами оно достигается и др.

К многозначности АП можно относиться по-разному. Например, находить в формулировке и интерпретациях этого принципа всевозможные „недоразумения” — так часто называют подходы, выходящие за пределы того, что имели в виду авторы АП. Но такой подход доказал свою неэффективность уже при анализе проблемы бесконечности Вселенной, когда отсекались именно самые эвристически ценные идеи. Естественно, существует опасность, что именно такие идеи будут отбрасываться и в качестве „превратных толкований” АП.

2. Этапы становления АП в классической, неклассической и постнеклассической науке

Проблемы, сфокусированные в АП, были поставлены еще на заре человеческой культуры. Истоки этой проблематики мы находим в самых различных философских традициях, для которых была крайне существенной взаимосвязь Вселенной как макрокосма и человека как микрокосма. В ряде случаев (например, в восточной философии) эти идеи принимали формы „растворения” человека в мире. В других – напротив, форму антропоцентризма (Аристотель) или „предустановленной гармонии” (Лейбниц). На рубеже XIX–XX вв. проблема единства человека и Вселенной стала все больше привлекать внимание естествоиспытателей; произошло, по удачному выражению Барроу и Типлера [2], „переоткрытие” АП наукой, – но, вопреки их мнению, не в релятивистской, а гораздо ранее, в ньютоновой космологии.

В развитии АП как одного из научных принципов, т.е. знания, которое можно отнести к уровню оснований космологии, выделяется несколько этапов. Он разрабатывался в классической науке (дорелятивистский этап), затем в неклассической науке (релятивистский этап), сейчас обсуждаются его постнеклассические смыслы (квантовый релятивистский этап). Некоторые историко-научные моменты становления АП остаются почти совершенно неизвестными, упоминаются лишь очень бегло или даже вовсе не упоминаются в фундаментальной монографии Барроу и Типлера. Мы постараемся отчасти восполнить этот пробел.

Антропный принцип в классической науке (дорелятивистский этап). В конце 19 в. появилась попытка заново переосмыслить проблему места человека во Вселенной, казалось бы, окончательно разрешенную на основе идей Коперника и Бруно, с альтернативных, т.е. „антикоперниканских” позиций. Она принадлежит А. Уоллесу, который предпринял редкую для эпохи классической науки попытку возрождения телеологии и аристотелевско-птолемеевского по своему духу антропоцентризма. Поставив целью заново обосновать концепцию астрономического антропоцентризма, отвергнутую коперниканской революцией, Уоллес стремился найти конкретные аргументы в ее пользу путем анализа современной ему естественнонаучной картины мира. Он подчеркивал, что одним из важнейших результатов астрономии является „установление факта единства всей

этой обширной видимой нами Вселенной” [9, с. 280], которая состоит из одних и тех же химических элементов, подчиняется одним и тем же физическим законам. Рассматривая развитие концепции множественности обитаемых миров к концу 19 в., Уоллес справедливо отмечал, что она не подкрепляется какими-либо доказательствами. По мнению Уоллеса, положение Земли во Вселенной выделено астрономически: он присоединялся к астрономам, которые в условиях крайне немногочисленных, недостоверных знаний о крупномасштабной структуре мира считали фактом наше почти центральное положение в „звездной Вселенной” Далее, Уоллес доказывал, что возможность возникновения где-либо во Вселенной жизни и разума зависит от большого числа взаимосвязанных условий. Его аргументация в этом вопросе в основном сохраняет свое значение до сих пор, как и сделанный им вывод, что „никакая другая планета в солнечной системе, кроме нашей Земли, необитаема” [9, с. 285]. В духе некоторых современных идей звучит и следующий вывод Уоллеса: „Почти столь же вероятно, что никакое другое Солнце не имеет обитаемых планет”, т.е. наша человеческая цивилизация — единственная во Вселенной [9, с. 285].

Но что самое поразительное -- Уоллес завершал свои рассуждения выводом, в котором легко угадывается основная идея АП: „человек — этот венец сознательной органической жизни — мог развиваться здесь, на Земле, только при наличии всей этой чудовишно обширной материальной Вселенной, которую мы видим вокруг нас” [9, с. 286]. Уоллес высказывал мысли, предвосхищающие современные дискуссии вокруг АП; он обсуждал идею случайной Вселенной, а также предлагаемые в связи с АП телеологические аргументы. „Но если мы и признаем верным это заключение, — писал он, — то от этого еще нет резонов тревожиться ни ученым, ни религиозным людям, потому что и те, и другие, каждый по-своему, легко справится с этим положением” например, „будут объяснять этот факт счастливым стечением обстоятельств” [9, с. 286].

Уоллес высказывает на уровне знаний своего времени идею множественности вселенных, по которой наш мир считается „лучшим из миров”, ибо в нем случайно возникло сочетание факторов, благоприятных для образования сложных структур. „В бесконечном пространстве может быть бесконечное число вселенных”, причем „могут быть и, вероятно, существуют другие вселенные, состоящие из какой-нибудь другой материи, подчиняющиеся другим законам”. Но позиция самого Уоллеса приводит его к телеологическому истолкованию сформулированного им АП. Он относит себя к тем, кто ус-

матривает в эволюции „лишь дополнительное доказательство высшего превосходства духа”, и заключает: „и когда им покажут, что человек есть единственный и высший продукт этой обширной Вселенной, им стоит сделать только еще один шаг, чтобы уверовать, что вся Вселенная в действительности явилась для этой цели” [9, с. 287]. Таким образом, Уоллес четко различал естественнонаучное содержание своей идеи о необходимости для появления человека огромной по масштабу Вселенной со сложной структурой и строго определенным набором взаимосвязанных свойств, и возможность включения этой идеи в диаметрально противоположные мировоззренческие контексты.

Дальнейшее развитие познания, вопреки надеждам Уоллеса, окончательно похоронило астрономический антропоцентризм и отказало естественным наукам в концепции, согласно которой природа эволюционирует в соответствии с присущими ей целями. Экзотически выглядели взгляды Уоллеса и на фоне почти всеобщего признания идей Бруно.

Возможно, именно потому его идеи и остались совершенно незамеченными, несмотря на то, что были предложены одним из самых выдающихся естествоиспытателей своего времени. Это „забвение” оказалось настолько прочным, что и сейчас о нем не упоминают даже самые основательные исследования истории АП. Между тем, именно „антикоперниканский” смысл, в котором обсуждал Уоллес положение человека во Вселенной, доминирует в большинстве современных интерпретаций АП. Но осталось недостаточно замеченным, что подобный подход совершенно чужд контексту космической философии К.Э. Циолковского, в которой идеи Бруно послужили одним из исходных моментов принципиально нового понимания Вселенной как „мира человека”. Выдвинув свою формулировку АП [см.: 4], К.Э. Циолковский совмещал ее с принципом существования бесконечного множества космических цивилизаций, из которых значительная часть достигла „уровня могущества”, неизмеримо более высокого, чем наше человечество („суперцивилизации”, согласно современной терминологии). Ни на какую исключительность нашего места во Вселенной у Циолковского нет и малейшего намёка; он обосновывал концепцию „живой Вселенной”, которая вошла в моду в наши дни. Смысл АП у Циолковского – обоснование нерасторжимого единства человека и Вселенной соответственно традициям философских учений Востока.

Антропный принцип в неклассической науке (релятивистский этап). Этот этап становления АП охватывает, во-первых, формирование предпосылок релятивистского АП (30-40-е гг.), во-вторых, раз-

работку макроскопических версий АП (50-е гг.), в-третьих, появление микрофизических версий АП в некантовой космологии, — определяющая черта которых — выявление „тонкой подстройки” космологических и микрофизических констант, определяющих фундаментальные свойства нашей Вселенной (60-е — 80-е гг.).

Один из важных моментов становления АП в релятивистской космологии связан с исследованиями А.Л. Зельманова и Г.М. Иллиса, которые появились в 50-е гг. Отличительная черта их подхода — обнаружение некоторых крупномасштабных, по существу, глобальных свойств Вселенной, без которых появление на Земле человека было бы невозможным.

А.Л. Зельманов в своем докладе 1955 г., опубликованном только в 1960 г. [10], выразил мысль, что между различными особенностями наблюдаемой области Вселенной „может существовать внутренняя связь, которая должна быть раскрыта при посредстве физической теории. В частности, может существовать связь между такой особенностью окружающей нас области, как наличие условий, допускающих развитие жизни, с одной стороны, и иными особенностями этой области, с другой. Так, например, при длительном взаимном сближении галактик или звезд в достаточно протяженной области плотность излучения в ней должна стать столь высокой, что жизнь в этой области будет невозможна. Напротив, достаточно быстрое и длительное взаимное удаление галактик в такой области заметно понижает плотность излучения и, таким образом, является одним из факторов, благоприятствующих появлению и развитию жизни” [10, с. 77]. А.Л. Зельманов называл также ряд других взаимосвязей между физическими особенностями наблюдаемой области Вселенной, под которой, как ясно из приводимых им примеров, подразумевалась Метагалактика.

Цитированное высказывание А.Л. Зельманова было сформулировано, таким образом, в „объектном” плане. Вопрос о том, почему Вселенная такова, какой мы ее наблюдаем, еще не обсуждался. Речь шла как будто лишь о космологических условиях возможности жизни, объяснение которых, как считал автор, должна дать физическая теория. Но из контекста ясно, что А.Л. Зельманова это рассуждение интересовало главным образом с другой стороны. Поскольку релятивистская космология оставалась „репрессированной наукой”, он стремился использовать факт существования жизни во Вселенной как дополнительный, хотя и косвенный аргумент для обоснования теории расширяющейся Вселенной (в зародышевой форме он был, по сути, вполне антропным). Несколько позднее, в 1965 г. (возмож-

но, после появления работы Р. Дике [11]) эти мысли А.Л. Зельманова получили дальнейшее развитие: „В области космических, а тем более космологических масштабов самая возможность существования субъекта, изучающего Вселенную, определяется свойствами изучаемого объекта”. Далее снова приводится тот же пример: „Мы живем в области, где по крайней мере в течение десяти миллиардов лет (или около того) происходит расширение Вселенной. Думаю, что нам не пришлось бы жить там, где в течение десяти миллиардов лет происходит сжатие... Таким образом, мы являемся свидетелями процессов определенного типа потому, что процессы иного типа протекают без свидетелей” [12, с. 396]. Эти слова уже почти с текстуальной точностью предвосхищают обсуждаемую далее формулировку АП, выдвинутую Б. Картером. В них вполне четко проговаривается мысль, что наблюдаемая картина Вселенной связана с условиями, допускающими наше существование как наблюдателей, намечено разделение „слабого” и „сильного” АП. Смысл антропного аргумента, выдвинутого А.Л. Зельмановым, достаточно прозрачен: если бы Метагалактика не расширялась, наблюдатель не мог бы существовать. Но раз он существует, следовательно, Вселенная расширяется. Этот весьма нетривиальный аргумент выявлял глубокую связь факта нашего существования с фундаментальными свойствами Вселенной.

Практически одновременно с А.Л. Зельмановым аналогичные идеи разрабатывал Г.М. Иддис [13, 14]. В 1956–58 гг. он также поставил вопрос о связи основных черт Метагалактики (рассматриваемой как часть бесконечной Вселенной) и условий для появления в ней разумной жизни. Одним из таких условий является расширение Метагалактики, которое благоприятствует соответствующим эволюционным процессам. Но Г.М. Иддис поставил и вопрос, обсуждаемый с тех пор авторами всех модификаций АП: „...почему наблюдаемая нами область Вселенной представляет собой расширяющуюся систему галактик, состоящих из звезд с обращающимися вокруг них планетами, на одной из которых обитаем мы? Нельзя ли решить этот вопрос, исходя из самого факта нашего существования?” [13, с. 39]. Специфический подход автора к этой проблеме раскрывается им так: „Другими словами, не являются ли основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной простым следствием того, что перед нами не произвольная часть бесконечной в своем многообразии Вселенной, а такая конкретная конечная область ее, в которой жизнь заведомо имела возможность возникнуть и существует в настоящее время налицо? Целью настоящей работы, — продолжает автор, — и является попытка последовательного решения этой пробле-

мы: почему окружающий нас мир таков, каков он есть? Философское значение соответствующих результатов заключается в обосновании того, что некоторые наблюдаемые закономерности природы... должны быть, вообще говоря, типичными для обитаемых областей Вселенной... в то время как для всей Вселенной в целом эти закономерности могут и не быть типичными” (там же).

В итоге Г.М. Иддис пришел к выводу о связи макроскопических свойств Вселенной с условиями для жизни. „Мы наблюдаем заведомо не произвольную область Вселенной, а ту, особая структура которой сделала ее пригодной для возникновения и развития жизни” [13, с.52]. Он справедливо отметил, что все это до известной степени порождает флуктуационную гипотезу Л. Больцмана.

Цитированные соображения Г.М. Иддиса намного более детализированы по сравнению с идеями А.Л. Зельманова. Они представляют собой не просто некоторое „прозрение”, а конкретную научную концепцию. Но и они рассматривают только макроскопические условия „нашего существования как наблюдателей”; их подход можно назвать макроскопически-релятивистским. Кроме того, Метагалактика считалась типичной обитаемой системой – вполне в духе идей Бруно и в противоположность некоторым современным интерпретациям АП, согласно которым она представляет собой нечто выделенное, исключительное, так сказать, „лучший из миров”, по Лейбницу. В аргументации А.Л. Зельманова и Г.М. Иддиса была еще одна общая черта, предвосхищающая дальнейшее развитие АП. Оба автора фактически реализуют по отношению к макроскопическим условиям существования наблюдателя подход, выдвинутый гораздо позднее А. Уилером: „вот человек, какой должна быть Вселенная?” [15, с. 487]. Но интерпретация соответствующих идей была у них лишена налета двусмысленности, заметного в некоторых современных версиях АП. Как А.Л. Зельманов, так и Г.М. Иддис с полной определенностью высказывались в том смысле, что поскольку Вселенная обладает крупномасштабными свойствами, благоприятными для появления разумной жизни, то наблюдатель „смог” или „должен был” возникнуть.

Рассматриваемые работы были опубликованы в „непрестижных” изданиях, кроме того, обсуждавшаяся в них проблема еще не созрела для того, чтобы завладеть вниманием научного сообщества. Лишь в исторической перспективе работы Г.М. Иддиса были отмечены в контексте становления АП. Что же касается высказываний А.Л. Зельманова, по-прежнему большинство космологов проходит мимо них.

Качественный сдвиг в разработке АП с позиций релятивистской космологии произошел в результате появления работ Р. Дике

[11] и особенно Б. Картера [16, 17], которому принадлежит и сам термин „антропный принцип” Эти исследования, которые самим их авторам казались началом разработки АП, были на самом деле лишь одним „переоткрытием” АП, возникновением микроскопически-релятивистского подхода к разработке АП в рамках неклассической науки. Они стимулировались несколькими моментами, среди которых был один, так сказать, „деликатный”: необходимость решить с позиций релятивистской космологии поставленную еще А. Эддингтоном и П. Дираком в 30-е гг. проблему „больших чисел” (БЧ): оказалось, что некоторые черты структуры нашей Вселенной определяются безразмерными комбинациями мирофизических и космологических параметров, имеющих порядок 10^{40} . И в то время, и одно-два десятилетия спустя многие сторонники фридмановской исследовательской программы отворачивались от проблемы БЧ в лучшем случае с иронией, а в худшем — с нескрываемым презрением, как от какой-то псевдонаучной чертовщины. Спекуляции на темы „пифагорейской мистики чисел” считались недостойными серьезных ученых. На объяснение природы БЧ по-прежнему претендовали главным образом альтернативные исследовательские программы. Следует отметить, тем не менее, что еще в 1956 г. Г.И. Нааном было высказано мнение: различные совпадения больших чисел „могут и не быть чисто случайными”. Они могут отражать какие-то связи микроявлений с явлениями космическими” [18, с. 315].

Между тем, альтернативные исследовательские программы получали в свои руки козырную карту, их сторонники утверждали, что релятивистская космология просто не в состоянии справиться с проблемой БЧ. Не без влияния этой критики важность названной проблемы была постепенно признана. Это означало своеобразный „возврат” к вопросу, оставшемуся не вполне понятным, но тем не менее отстоявшему свою значимость. Его обсуждение дало значительные импульсы разработке АП и его модификаций.

Другая проблема, сначала также игнорировавшаяся многими космологами, формулировалась так. Если в рамках релятивистской космологии можно построить континуум моделей вселенных с самыми разнообразными свойствами, то почему реализовалась только одна из них — именно та Вселенная, в которой создались условия для появления нашей и, возможно, других космических цивилизаций. Сначала наметился чисто космологический подход к решению этого вопроса. Он заключался в стремлении выяснить, как произошел отбор начальных условий возникновения нашей Вселенной, исходя из эмпирической фридмановской теории. На этом пути не удалось получить

обоснованных результатов; было высказано предположение, что решения проблемы следует ожидать от квантовой космологии. Но возникла и другая идея — из всего многообразия начальных условий отобрать лишь такие, которые были бы совместимы с „фактом существования человека” (то есть мысленно осуществить нечто вроде „биологического отбора” космологических параметров). Это в свою очередь оказало воздействие на появление АП.

Наконец, на протяжении 60-70-х гг. стала вырисовываться еще одна очень нетрадиционная проблема: была обнаружена „тонкая подстройка” фундаментальных физических констант и параметров, которыми, согласно релятивистской космологии, жестко определяется наблюдаемая структура Вселенной: она „взрывным образом неустойчива” к изменениям численных значений этих констант. Даже небольшие их изменения привели бы к структуре Вселенной, совершенно отличной от наблюдаемой; в ней не могли бы существовать ни ядра, ни атомы, ни звезды, ни галактики, ни — следовательно — наблюдатели. Антропный принцип в его микроскопически-релятивистском варианте и был выдвинут с целью продвинуться в решении этих проблем. Он включает слабый АП и сильный АП, предложенные Б. Картером, а также принцип самоотбора (Б. Картер) и принцип целесообразности (И.Л. Розенталь). В дальнейшем появились также некие астрофизические аналоги АП для Галактики (“галактический пояс жизни”) и Солнечной системы.

Антропный принцип в постнеклассической науке. Разработка АП, различных его модификаций и интерпретаций почти сразу же пошла в разных направлениях. Наряду с физическими и космологическими проблемами, понимание которых связывалось с этим принципом, стали интенсивно обсуждаться и проблемы философско-мировоззренческие, включая такие, которые вели к нетрадиционным типам объяснения в космологии, науке вообще, порождали нетривиальные социокультурные смыслы. Поскольку АП, как выразился П. Девис „это не физический, а антропный принцип” [19, с. 133], они так или иначе выходили за пределы неклассической науки. Подобные объяснения смысла АП и породили постнеклассический подход в этой области научного поиска, плодотворность которого одни авторы отстаивают, другие же рассматривают как „экстремизм”. Одним из самых необычных вариантов постнеклассического подхода к АП стал принцип участия А.Дж. Уилера, который рассматривает Вселенную в свете оснований квантовой механики. Наконец, следует упомянуть и финалистский АП Ф. Типлера [2], который, с антропной точки зрения, рассматривает отдаленное будущее Вселенной и по своему содержанию также выходит далеко за рамки неклассической науки.

3. Антропный принцип в релятивистской космологии: неклассический и постнеклассический подходы

Антропный принцип, выдвинутый Картером, несмотря на его формулировку, не является вариантом принципа наблюдаемости. В контексте научной картины мира (НКМ) этот принцип предлагает дополнительный внеэмпирический критерий выбора модели Вселенной, а в контексте философско-мировоззренческом приобретает собственно антропный смысл, объясняя некоторые из фундаментальных свойств Вселенной условиями существования в ней человека, наблюдателя.

По словам Картера, совпадения больших чисел „не только далеки от того, чтобы служить свидетельством в пользу таких экзотических теорий (имеются в виду теории изменения фундаментальных физических констант – В.К.), скорее следует считать, что они подтверждают „обычную“ (расширяющаяся Вселенная в общей теории относительности) физику и космологию, которые могли бы, в принципе, заранее, до наблюдений, предсказать все эти совпадения. Однако для таких предсказаний обязательно требуется некий принцип, который можно назвать антропологическим принципом и согласно которому то, что мы ожидаем наблюдать, должно быть ограничено условиями, необходимыми для нашего существования как наблюдателей. (Хотя наше положение не обязательно является центральным, поясняет Картер, оно неизбежно в некотором смысле привилегированное)” [16, с. 370]. В каком именно смысле земной наблюдатель занимает во Вселенной выделенное положение, разъясняют модификации этого принципа – слабый и сильный АП.

Ключевым для понимания антропного принципа является анализ употребляемого Картером понятия „условия нашего существования в качестве наблюдателей“. Это понятие, если рассматривать его с достаточной полнотой, очевидно, очень емкое. Оно включает, во-первых, физико-химические и биосоциальные предпосылки появления познающего субъекта (земного и, вообще, антропоморфного наблюдателя); во-вторых, материальные и интеллектуальные, теоретические „условия познания“; в-третьих социокультурные аспекты познавательной деятельности. В таком объеме понятие условий нашего существования как наблюдателей, насколько известно, еще не анализировалось. Определенное внимание уделялось лишь каждому из названных моментов в отдельности. Например, Г.М. Идлис выделял

основные макроскопические условия появления жизни и разума в Метагалактике. Материальные и интеллектуальные условия познания, опосредующие взаимодействие субъекта и объекта, были проанализированы в нашей совместной с Г.И. Нааном статье [20], появившейся за несколько лет до статьи Б. Картера.

В ней рассматривались „условия познания на эмпирическом уровне” (приборы) и „условия познания на теоретическом уровне” — „сеть” физических понятий, теорий, концепций, как бы „набрасываемых” на Вселенную в ходе ее изучения. „Мы всегда воспринимаем Вселенную через призму всего совокупного опыта, исходного знания, а также свойственных каждой эпохе предрассудков и иллюзий, причем „на чисто физические” теории и концепции оказывают влияние, иногда решающее, философские идеи (хотя это влияние сравнительно редко осознается и, пожалуй, еще реже признается)” [20, с. 210]. Эти высказывания вполне соответствовали известному замечанию Эйнштейна: то, что мы можем наблюдать, зависит от теории (подразумевается — фундаментальной физической теории). Следовательно, необходимо учитывать „теоретическую нагруженность” различных эмпирически полученных величин, их зависимость от концептуальной структуры той или иной теории.

Как отмечалось в статье, в астрономии в понятие условий познания „должна быть включена, притом в качестве существенной (даже решающей) компоненты геоцентрическая (или иная „центрическая”, если речь идет об инопланетных и других цивилизациях) позиция субъекта познания”. Авторы отмечали: „из всего множества событий наша пространственно-временная позиция выделяет только те, которые находятся в пределах нашего светового конуса” (перечислялись и другие ограничения на возможности наблюдения, накладываемые нашим положением во Вселенной).

Наконец, в статье говорилось: „В широком смысле в материальные условия познания при дальнейшем обсуждении вопроса, возможно, необходимо будет включить даже космогонические факторы, поскольку жизнь и интеллект возникают только в строго определенных физико-химических условиях, на строго определенных этапах космологической эволюции” [20, с. 212-213]. Это — высказанная в общей форме основная идея АП.

Какой же смысл вкладывает в понятие „условия, необходимые для нашего существования как наблюдателей” сам Б. Картер? Из приводимых им примеров ясно, что подразумеваются следующие два: а) космологические и астрофизические условия, при которых в достаточно позднюю эпоху эволюции нашей Вселенной создаются

предпосылки появления наблюдателей, способных зафиксировать совпадения БЧ; б) космологические условия, выделившие нашу Вселенную среди множества других, в которых возникновение жизни (а значит, и наблюдателя) невозможно, и тем самым перевели ее в „познаваемое подмножество” Первое из этих условий, как уже отмечалось, было хорошо известно и до Картера, второе основывается на гипотезе, которая пока не допускает наблюдательной проверки. Эта гипотеза еще недавно выступала для большинства космологов явной „ересью”

Попытка буквально интерпретировать АП как определенный вариант принципа наблюдаемости в астрономии, на наш взгляд, некорректна. С одной стороны, совершенно очевидным образом все, что „мы ожидаем наблюдать” во Вселенной, должно быть „ограничено условиями, необходимыми для нашего существования как наблюдателей”. С другой же стороны, ни одна космологическая теория не может игнорировать эти условия. Преломляясь в концептуальных рамках каждой из них, они приобретают свой специфический смысл. Всобъемлющий характер формулировки АП сделал бы его тривиальным, если бы Картер не сочетал ее с контекстом релятивистской космологии, где ее смысл был конкретизирован так, как указано выше.

Проблема условий наблюдаемости тех или иных явлений во Вселенной (и разного рода ограничений, которые на эти условия накладываются) всегда интересовала астрономов. Именно анализ „нашего положения как наблюдателей” привел к появлению гелиоцентрической системы Коперника. Разве изучение структуры Галактики или Метагалактики было бы возможным без самого тщательного учета этих условий? Еще один, более частный пример. Уже в прошлом веке выяснилось, что при расчетах количества комет в Солнечной системе нельзя ограничиться только наблюдаемыми кометами. Далеко не все из них входят в „сферу видимости”, то есть приближаются к Солнцу настолько, что у них образуется голова или даже хвост; а без этого наблюдения кометы с Земли невозможны. Следует учитывать, таким образом, фактор „наблюдательной селекции”, очень серьезно корректирующий подсчеты общего количества комет. Совершенно аналогична ситуация и в других областях астрофизики.

Но АП Картера имеет к такого рода проблемам лишь косвенное отношение. Он вовсе не направлен на выявление „условий наблюдаемости” во Вселенной чего бы то ни было! В самом деле, для Картера одна из центральных проблем — объяснить совпадения БЧ, которые, однако, не являются наблюдаемыми величинами, а выводятся на теоретическом уровне. Совпадения БЧ также следует рассматривать не как эмпирическую закономерность, а скорее, как некий

принцип, формулируемый на уровне НКМ. Эддингтон, первым в неклассической космологии поставивший проблему БЧ, не только не рассматривал ее в контексте принципа наблюдаемости, но и считал, напротив, что и эти совпадения, и все вообще фундаментальные закономерности физической Вселенной могут быть выведены априорно. Такая точка зрения, дерзко противоречащая господствовавшему тогда позитивизму, да и мнению большинства исследователей Вселенной, вызвала гневный протест Г. Дингла, назвавшего эддингтоновскую нумерологию „сочетанием паралича разума с пьяной фантазией” [21, р. 786]. Не вдаваясь в анализ взаимосвязи эмпирических и теоретических знаний в этой области научного поиска, отметим лишь, что выявление совпадений БЧ не было следствием наблюдательного подхода. (Хотя есть и случаи, когда именно числовые совпадения, полученные из наблюдений, приводили к фундаментальным и даже революционным сдвигам в науке о Вселенной. В.А. Амбарцумян показал, что так обстояло дело при формировании системы Коперника [22]). Картер стремился соединить принцип совпадения БЧ с концептуальной системой фридмановской космологии.

Не является наблюдаемой величиной и тонкая подстройка фундаментальных констант Вселенной. Хотя сами эти константы выводятся из экспериментов и наблюдений, но сама проблема подстройки возникает лишь в концептуальной системе фридмановской космологии. Конечно, подобная ситуация не является чем-то необычным для физических наук, в которых мы всегда рассматриваем объект исследования через „теоретические очки” Специфика космологии состоит, однако, в том, что в ней теоретический уровень знания развит чрезвычайно сильно, тогда как эмпирических знаний пока очень и очень немного. Вот почему любой параметр, определяемый из наблюдений, имеет для космологии особое значение. И можно только пожалеть, что смысл АП состоит не в обсуждении „селективных ограничений, накладываемых на содержание опыта”, включая „глобальные характеристики Вселенной и действующие в ней законы” фактом нашего существования в качестве наблюдателей [23], а в поисках условий согласования между собой различных концептуальных структур в науке о Вселенной. В этом контексте упоминаются, конечно, физические, астрофизические, космологические параметры, прямо или косвенно определяемые эмпирическим путем. Но все же основная проблема, которую стремился решить Картер, выдвигая АП — попытаться из всего множества фридмановских моделей выбрать ограниченное подмножество моделей, свойства которых могут быть согласованы с другими областями знаний о Вселенной и науч-

ной картиной мира. Фактически она формулируется так: почему Вселенная такая, какой она выступает в современном научном знании?

Очень часто и эта проблема выражается эмпирическим языком. Поскольку человек, наблюдатель мог возникнуть только во Вселенной, свойства и фундаментальные параметры которой, согласно релятивистской космологии, ограничены довольно узкими пределами, многим космологам показалось очень заманчивой идея — добавить к ограниченной совокупности эмпирических знаний, на которые они могут опираться при выборе моделей Вселенной, еще один, фундаментальный и совершенно неоспоримый факт — факт нашего существования. Такая постановка проблемы, конечно, более эффективна, чем прежняя, связанная с обсуждением условий наблюдаемости, и выглядит чем-то вроде решающего аргумента. Кроме того, апеллируя к очевидности, она явно выигрышна в мировоззренческом плане по сравнению с теми вариантами квазикоперниканской традиции, которые весь свой пафос направляли на ликвидацию в космологии „антропоцентризма”, „эгоцентризма” и т.п. Но что она может дать в качестве одного из оснований космологии?

Никто, естественно, не рассчитывал, что один только факт нашего существования является достаточным для построения исчерпывающей теории Вселенной (за исключением, возможно, Эддингтона). Считалось, однако, что АП сам по себе достаточен для осуществления процедуры выбора между альтернативными космологическими теориями — такими, например, как фридмановская теория и теория стационарной Вселенной. Но и это, оказывается, АП не по силам! С одной стороны, никакая космологическая теория не может игнорировать факт нашего существования. С другой же стороны этот факт не может быть использован „напрямую”, без включения в теоретический контекст, который связывает его с концептуальными структурами космологии. Например, рассматриваемые Картером условия, необходимые для нашего существования как наблюдателей, лишаются смысла вне контекста релятивистской космологии. Напротив, понятие возраста Вселенной лишено смысла в теории стационарной Вселенной, а понятие условий нашего существования имеет для нее во многом другой смысл. Но есть и области пересечения: условия, благодаря которым становятся возможными биологические формы жизни (такие, например, как наличие тяжелых химических элементов) являются общими для обеих теорий; примечательно, что они были выявлены именно благодаря стимулирующему влиянию этой отвергнутой ныне теории на построение современной теории звездной эволюции.

АП в той форме, которую ему придал Б. Картер, — неотъемлемая часть концептуальной структуры релятивистской космологии. Уже поэтому он не может выступать в роли „нейтрального арбитра” в процедурах выбора между альтернативными теориями. Более значительной может оказаться эвристическая роль АП внутри самой релятивистской космологии при выборе между различными моделями Вселенной, объяснение тех или иных конкретных свойств этих моделей и оценка области сочетаний констант, при которых возникают условия, пригодные для появления жизни и разума. Такие исследования уже появляются [24]. Но некоторые соображения, высказанные в этом контексте, были несколько двусмысленными. Например, С. Хоукинг отмечал, что „изотропия Вселенной и наше существование является следствием одного и того же факта расширения Вселенной именно с той скоростью, которая близка к критической”. Отсюда он делает вывод, который из сказанного не вытекает: „поскольку мы не смогли бы наблюдать Вселенную с другими свойствами, раз нас в ней не было бы, то можно сказать, что изотропия Вселенной есть следствие нашего существования [25, с. 364]. Но такой способ антропного обоснования современной модели Вселенной вызывает сомнения, хотя он и был повторен множество раз. Если человек рассматривается как один из этапов самоорганизации и эволюции во Вселенной, то следовало бы высказать диаметрально противоположное утверждение: существование человека есть следствие того, что наша Вселенная счастливым образом имела необходимые для этого свойства. Фраза Хоукинга приобретает смысл лишь в некоторых особых контекстах, скажем, если человек рассматривается в духе аристотелевской целевой причины, которая определяет эволюцию Вселенной. Этот и другие „скрытые” смыслы получили интенсивное развитие в интерпретациях АП. Именно это, а не чисто физические аспекты обсуждения проблем выбора модели Вселенной, привело к тому „антропному буму”, который не утихает в космологии вот уже несколько десятилетий. Антропный принцип, бесспорно, — эффектный термин, но не было бы никакого бума, если бы не произошло заметного смещения акцентов как в формулировке тех проблем, возможность разрешения которых связывалась с АП, так и в характере их интерпретации.

В дискуссиях вокруг АП быстро развивалась тенденция перехода от вопросов типа: почему мы наблюдаем во Вселенной то, что мы наблюдаем, как это связано с условиями нашего существования в качестве наблюдателей, и далее, вопросов, связанных с выбором допускающих наше существование моделей Вселенной, к постановке

проблем, которые, собственно, и вызвали „антропный бум”. Его причиной стало возрождение в связи с АП старых философско-мировоззренческих споров. Если бы этого не произошло, он так и остался бы одним из обычных принципов науки.

Особый интерес многих космологов (к ним присоединились также философы и теологи) стал вызывать вопрос: почему в нашей Вселенной возникли именно наблюдаемые, а не какие-либо другие физические условия, которые и обеспечили со столь высокой точностью возможность нашего существования как наблюдателей. Этот вопрос выходит, очевидно, далеко за пределы космологии, и к его анализу возможны разные подходы, в том числе, но не только и не обязательно — антропный. Можно, например, рассматривать его как проблему физики и космологии, ожидая, что он будет разрешен пока еще не построенной единой физической теорией. Но многим авторам такой подход показался недостаточным. Они согласились с позицией Хоукинга, и была выдвинута еще одна формулировка (или версия) АП: Вселенная такая, какой мы ее наблюдаем, по той причине, что существует человек. Если говорить о физическом контексте этой формулировки, то она существенно различается в некантовой и кантовой космологии. Во втором случае допускается, что наблюдатель способен влиять своими наблюдательными процедурами на регистрируемые им свойства Вселенной, в первом же случае подобное допущение является излишним. Но не эти различия физических интерпретаций АП вызвали развернувшиеся вокруг АП ожесточенные споры, в которых сталкивались позиции в диапазоне „от любви до ненависти” Они, конечно, были существенными, но лишь частично позволяют понять поляризацию разных оценок и их резкость. Более важным представляется различие философско-мировоззренческих подходов к интерпретации цитированной версии АП, которые затронули весьма чувствительные болевые точки не столько даже космологического, сколько социокультурного плана.

4. Слабый антропный принцип

Слабый АП не вызывал особых дискуссий, вокруг него — в отличие, например, от сильного АП — научные страсти не кипели. Это понятно: ключевая для слабого АП идея о выделенности эпохи существования во Вселенной наблюдателя была всегда очевидной с точки зрения релятивистской космологии (хотя и не называлась принципом). Но дает

ли слабый АП удовлетворительное объяснение совпадениям БЧ, или же не стоит пренебрегать и другими возможными объяснениями?

Формулировка слабого АП, данная Картером, звучит так: „наше положение во Вселенной с необходимостью является привилегированным в том смысле, что оно должно быть совместимо с нашим существованием как наблюдателей” [16, с. 372]. Некоторые авторы считают ее тривиальной. На наш взгляд, она скорее не очень ясная.

Контекст слабого АП был четко очерчен самим Картером: показать, что совпадения БЧ, которые стремились обратить в свою пользу „экзотические” космологические теории, можно объяснить и с фридмановских позиций. Как считали П. Дирак и П. Иордан, поскольку совпадения БЧ имеют место всегда, а космологические параметры, входящие в соответствующие комбинации чисел, меняется, то должны меняться и некоторые фундаментальные физические величины; но такая идея резко противоречит современной физической парадигме. Устранить это противоречие и призван слабый АП. Обоснование совпадений БЧ по Картеру состоит в следующем. Эти совпадения имеют место не всегда, а только в определенную эпоху — ту же самую, что и эпоха „нашего существования как наблюдателей”. В другие эпохи эволюции Вселенной совпадений БЧ не будет, но этого никто не сможет наблюдать. Более того, согласно Картеру, обычная физика могла бы даже заранее, до наблюдений, предсказать эти совпадения — для этого как раз и нужен антропный принцип.

Таким образом, слабый АП стремится объяснить будоражащий исследователей вывод науки — совпадения БЧ, самым обычным, тривиальным, хорошо известным, даже классической физике, способом. Но является ли ссылка на существование познающего субъекта, наблюдателя, необходимой для объяснения названных совпадений или же для этого вполне достаточно отметить выделенность определенной эпохи эволюции Вселенной безотносительно к наблюдателю? Ответ на этот вопрос вытекает из анализа структуры слабого АП, включающей по крайней мере два уровня интерпретации.

1) **Уровень физической картины мира (ФКМ):** совпадение некоторых БЧ имеет место лишь в определенную эпоху эволюции Вселенной, которая по порядку величины оказывается равной времени жизни типичной звезды на так называемой главной последовательности диаграммы звездных расстояний Герцшпрунга-Рессела. Это совпадение, объясняемое современной теорией звездной эволюции, имеет место независимо от того, наблюдается ли оно, или нет. Иными словами, выделение эпохи, для которой характерно совпадение БЧ, объясняется, как и принято в процедуре современного научного

объяснения, ссылкой на современные космологические и астрофизические теории;

2) более общий уровень НКМ: человек, наблюдатель смог появиться в нашей Вселенной лишь в ту же самую эпоху, в ходе процессов космической эволюции (не только астрофизических, но и химических, геологических, биологических) лишь после того, как были созданы предпосылки для его возникновения; а это прошло как раз в эпоху, для которой имеют место совпадения БЧ. Этот уровень интерпретации, очевидно, выходит за собственно астрофизические рамки. На этом уровне слабого АП, собственно говоря, и происходит объяснение некоторых свойств нашей Вселенной – принципа совпадения БЧ;

3) философско-мировоззренческий уровень интерпретации в слабом АП, на первый взгляд, не развит. Однако нет какой-то резкой границы между слабым и сильным АП, в структуре которого философско-мировоззренческий уровень является важнейшим. Тем самым и слабый АП включается в социокультурный контекст.

В свете сказанного, аргумент, согласно которому иную эпоху космологической эволюции некому было бы наблюдать и, значит, задать вопрос, почему Вселенная такова, какой мы ее наблюдаем, выглядит скорее данью определенному научному жаргону. Ведь слабый АП – неквантовый, он исходит из классического идеала описания явлений во Вселенной. Значит, с этой точки зрения, ссылка на наблюдателя в слабом АП не более необходима, чем в классической науке. Является ли это объяснение настолько надежным, что поиски всяких иных вариантов объяснения могли бы, как писал Р. Дике, направить исследователей по ложному пути? Такое высказывание кажется, конечно, удивительным в сфере космологии, которую иногда считают „принципиально политеоретической” наукой. На самом деле, эвристичность объяснения, предлагаемого слабым АП, зависит конечно от оценки теорий, на которых оно основывается (фридмановская космология, теория звездной эволюции). С нашей точки зрения, говорить о его окончательном характере пока еще рано.

5. Сильный АП

Наибольшие споры вызывает, несомненно, сильный АП, некоторые из его интерпретаций могут рассматриваться как антропные в собственном смысле слова и выходящие в сферу постнеклассической науки. Однако необычность этих интерпретаций, свойственный некоторым из них, по словам П. Девиса, „отход от традицион-

ной концепции научного объяснения” вызывают стремление „освободить” сильный АП от „метафизического контекста”, сохранив в нем только то, что согласуется с неклассической физикой.

Вот формулировка сильного АП, выдвинутая Б. Картером: „...Вселенная (и, следовательно, фундаментальные параметры, от которых она зависит) должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование наблюдателей. Перефразируя Декарта: „*Cogito ergo mundus talis est*” [16, с.373]. Это пояснение — действительно антропный аргумент, а не физический принцип.

Цитированная формулировка сильного АП, несомненно, очень многозначна; включаясь в различные контексты (как научные, так и философско-мировоззренческие), она допускает целый спектр совершенно различных интерпретаций, в том числе выходящих за рамки оснований современной науки. Неоднократно отмечалась многозначность выражения „Вселенная должна быть такой...” Допустимо ли формулировать научные принципы по аналогии с принципами этическими, или же термин „должна” следует понимать в каком-то особом смысле? Не состоит ли смысл сильного АП в том, что человек, наблюдатель — некая цель, которая осуществляется в ходе эволюции Вселенной?

Несомненно, именно близость формулировки сильного АП телеологическим и теологическим идеям и вызвала „антропный бум”. Многие авторы стали проводить аналогию между АП и одним из самых известных доказательств существования Бога: „аргументом от замысла”. Мир очень сложен, его части настолько тонко подстроены друг к другу, что нельзя избежать заключения: мир есть „произведение разумного конструктора”. Именно этот аргумент в связи с АП использовал Ф. Хойл: „Здравая интерпретация фактов дает возможность предположить, что в физике, а также химии и биологии экспериментировал „сверхинтеллект” и что в природе нет слепых сил, заслуживающих внимания” (цит. по: [19, с. 141]). Хойл писал также: „Для теолога антропные свойства выглядят подтверждением веры в Творца, спроектировавшего мир так, чтобы удовлетворить в точности нашим требованиям; и этим для теолога проблема исчерпывается” [26, с. 220]. Дж. Лесли писал, что для того, чтобы жизнь в нашей Вселенной могла, по его словам, „балансировать на лезвии бритвы” нужна была „меткость эксперта” [27, р. 150].

Значительная распространенность подобной интерпретации сильного АП привела некоторых авторов к выводу, что смысл этого принципа полностью охватывается теологическими и телеологическими интерпретациями, неотделим от них. Например, Д.Я. Марты-

нов отмечал: „мы считаем, что АП неприемлем для материализма...” [28, с. 64]. Но это, конечно, неверно и были предложены вполне материалистические интерпретации сильного АП. И.С. Шкловский пояснил одну из них следующими словами: „Точка зрения, согласно которой мы наблюдаем Вселенную именно такой, какая она есть просто потому, что мы существуем и в другой Вселенной существовать не могли бы, получила название „антропный принцип”. Сущность его в том, что жизнь (в частности, мы с вами) — неотъемлемая часть Вселенной, естественное следствие ее эволюции. Вселенная не есть нечто внешнее по отношению к жизни; с полным основанием можно сказать: „Вселенная — это мы”. Поэтому не надо удивляться, что она так прекрасно приспособлена для жизни” [29, с. 245-246]. Такая интерпретация сильного АП, разумеется, придает ему совершенно иной смысл, чем аналогия с „аргументом от замысла”. Иными словами, вновь подтверждается цитированное высказывание Уоллеса: сторонники разных философско-мировоззренческих ориентаций, каждый по-своему, вполне справляются с проблемами, которые перед ними ставит сильный АП.

Каков же все-таки научный статус сильного АП, как следует относиться к выдвигаемым на его основе объяснениям того, почему Вселенная такова, какой мы ее наблюдаем? Отметим лишь следующие моменты.

Во-первых, цитированная формулировка сильного АП очень необычна, даже экстравагантна: а) ссылка на человека в структуре космологического объяснения всегда казалась чем-то, выходящим за границы принятых эталонов научности. Прежние идеи такого рода лишь потому не вызвали сенсаций, что оставались практически незамеченными. Но на этот раз они вызвали совершенно беспрецедентный всплеск эмоций; б) модальность долженствования отнюдь не свойственна научным принципам — в отличие, например, от этических, если, конечно, не прибегать к ухищрениям, ослабляющим или меняющим смысл выражения „Вселенная должна”; в) определенное сходство между сильным АП и „аргументом от замысла” делало его еще более необычным, усиливая социокультурное звучание этого принципа.

Во-вторых, многозначность формулировки сильного АП оказывается (гораздо большая, чем в случае других принципов науки) создается прежде всего философско-мировоззренческими интерпретациями сильного АП, примеры которых были приведены выше. Она дала повод вообще считать сильный АП философским. Тем не менее широкое распространение этого принципа выявляет в нем и другие, научные смыслы.

В-третьих, многозначность интерпретации сильного АП дополняется выходящей далеко за рамки принятого в языке науки метафоричностью многих высказываний, призванных как будто пояснить смысл этого принципа, но лишь создающих дополнительные неясности. (Например, „Вселенная, в которой мы живем — это Вселенная, в которой живем мы” и т.п.). Конечно, выражение нового непривычного, проблематичного знания всегда содержит известную долю метафоричности. Может показаться, что эта метафоричность — своеобразный жаргон, как бы для посвященных, для которых смысл сильного АП совершенно ясен. Но это совсем не так. Многообразие интерпретаций АП встречается и у посвященных. Так, многозначность интерпретаций сильного АП была изначально заложена уже в тех пояснениях, которыми сопровождал его сам Б. Картер. С одной стороны, он пояснял его с помощью латинского изречения, внешне имитирующего один из философских афоризмов Декарта: „Я существую, поэтому мир таков каков он есть” Однако получившийся в итоге парафраз картезианской философии не только метафоричен, но и допускает альтернативные интерпретации. Его можно интерпретировать и в духе „предустановленной гармонии”, и в духе метафорического высказывания И.С. Шкловского „Вселенная — это мы” и т.д. И ни одна из этих интерпретаций формулировке сильного АП не противоречит!

С другой стороны, физическая модель ансамбля вселенных, которая также раскрывает смысл сильного АП, включает лишь идею о вероятности появления наблюдателей в ограниченном подмножестве вселенных. Эта интерпретация более ограниченная по сравнению с квазикартезианским изречением.

Ряд исследователей резко выступил против „метафизического” понимания смысла сильного АП, за его ограничение физическими или физико-астрономическими рамками. Это привело к появлению таких интерпретаций сильного АП, как принцип самоотбора Б. Картера (именно о нем и шла речь ранее). Картер подчеркнул, что употреблявшийся им ранее термин „антропный принцип” неудачен и породил ряд смыслов, которые он не имел в виду (это относится прежде всего, конечно, к философско-мировоззренческим интерпретациям). Картер считал, что тем самым он просто уточнил свое понимание сильного АП, по сути же произошла реинтерпретация этого принципа. Принцип самоотбора — это отказ от идеи антропности, выступавшей смысловым стержнем сильного АП.

Кроме того, даже если бы действительно произошло простое уточнение взглядов, это не могло бы перечеркнуть те „метафизиче-

ские интерпретации” сильного АП, которые не укладываются в рамки принципа самоотбора. Они имеют право на свою самостоятельную жизнь в науке и культуре. Вспомним, например, какое огорчение испытывал Эйнштейн, когда он сначала ввел в космологические уравнения знаменитый λ -член, а затем пришел к выводу, что в этом не было необходимости. Независимо от этих высказываний λ -член, многие десятилетия вызывавший бурные дискуссии, сохранился и в современной космологии. И не следует удивляться, что то же самое происходит с неприемлемыми для Картера интерпретациями сильного АП.

Интересная интерпретация сильного АП как принципа чисто физического по своему содержанию была предложена И.Л. Розенталем; он назвал ее принципом целесообразности. Обсуждая сам термин „антропный принцип”, И.Л. Розенталь писал: „На наш взгляд, этот термин слишком подчеркивает взаимосвязь численных значений ф.п. (физических постоянных – В.К.) и сложных (биологических) форм материи, в то время как в действительности эта связь осуществляется уже на более низких – ядерном и атомном – уровнях. С другой стороны, кажется неоправданным положить в основу физического принципа такое не совсем определенное (с точки зрения физики) понятие, как биологическая форма вещества” [30, с. 240]. Но в сильном АП такое отделение его физического содержания нельзя произвести без ограничения смысла самого принципа. Именно поэтому И.Л. Розенталь и предложил заменить сильный АП принципом целесообразности. Вот смысл этого принципа, согласно И.Л. Розенталю: „...наши основные физические закономерности так же, как и численные значения ф.п., являются не только достаточными, но и необходимыми для существования основных состояний. Иначе говоря, если изменить что-то в физике.., то должны произойти не только незначительные количественные изменения в физической картине, но и рухнет ее основа – существование основных состояний. Можно сказать, что физические законы (включая и численные значения ф.п.) подчиняются гармонии, обеспечивающей существование основных состояний. Термин „принцип целесообразности” отменяет необходимость данного набора численных значений ф.п. для существования основных состояний. Возможно, что тот термин не отражает все аспекты взаимосвязи между ф.п. и основными состояниями” [30, с. 239-240]. И.Л. Розенталю принадлежит также следующая формулировка принципа целесообразности: это констатация факта существования основных устойчивых состояний, обусловленных всей совокупностью физических закономерностей, включая размерность пространства и другие численные значения фундамен-

тальных постоянных. „Наш мир устроен очень хрупко, небольшое изменение его законов разрушает его элементы – основные связанные устойчивые состояния, к которым можно отнести ядра атомов, атомы, звезды и галактики” [31, с. 115-116]. Специфика принципа целесообразности, предложенного И.Л. Розенталем, состоит в том, что проблема изменения численных значений фундаментальных констант в физике рассматривается в единстве с существованием основных физических закономерностей. Автором были предложены интересные применения этого принципа в физической науке.

Появление таких интерпретаций сильного АП, как принцип самоотбора и принцип целесообразности наглядно показывает, что наряду с экстремистскими тенденциями в этой области науки проявляются и тенденции к своеобразному „реваншизму” со стороны существующих концептуальных структур. Сторонники разных подходов (то есть в нашем случае – постнеклассической и неклассической парадигм) выдвигают альтернативные оценки сложившейся проблемной ситуации. Между тем по-своему правыми оказываются и те, и другие. Чисто физические интерпретации смысла сильного АП, на наш взгляд, не исчерпывают рационального содержания сильного АП и не исключают обсуждение других более далеко идущих подходов.

Для достаточно аргументированной оценки дискуссий вокруг сильного АП проанализируем детальнее структуру этого принципа – различные уровни его интерпретации и типы объяснения, на которые он претендует, или которые ему приписываются [32].

Следует прежде всего объяснить принцип „взрывной неустойчивости” нашей Вселенной по отношению даже к небольшим изменениям фундаментальных физических констант. Этот принцип выражен на языке физической картины мира (ФКМ). Какая-либо ссылка на человека-наблюдателя не только в нем отсутствует, но и вообще не является необходимой. Можно ограничиться лишь указанием на то, что во Вселенной с иными сочетаниями констант не было бы сложных физических структур. Но сильный АП может быть переформулирован и в более общем контексте, на языке единой научной картины мира: ладша Вселенная такова, что условия для появления человека-наблюдателя оказались в ней „запрограммированы” с величайшей точностью. В обоих случаях необходимо объяснить, почему это стало возможным. То, что выступает объяснением, оказывается довольно гетерогенным, многоуровневым. В сильном АП выделяются высказывания, которые, сформулированы на уровне ФКМ, высказывания, выходящие за концептуальные рамки физики, и относящиеся к более общему уровню НКМ, а также высказывания фило-

софско-мировоззренческого уровня. По нашему мнению, все эти уровни взаимосвязаны, так что не следует противопоставлять их друг другу.

Интерпретация сильного АП на первом из этих уровней включает модель ансамбля вселенных, предложенную Картером, ее дальнейшее обоснование с точки зрения идеи „случайной Вселенной”. Эта идея — ни что иное, как гипотеза в рамках неклассической картины мира. Но она опирается на совокупность фундаментальных теорий неклассической физики и современной космологической теории. Отсюда следует, что даваемое в данном случае объяснение „тонкой подгонки” фундаментальных констант вполне совпадает с традиционной схемой физического объяснения (насколько оно убедительно — вопрос другой. Но такое объяснение отнюдь не является антропным!).

Можно ли считать объяснение наблюдаемой структуры окружающего мира на основе модели ансамбля вселенных не только достаточным, но и делающими излишними (бритва Оккама!) какие-либо иные объяснения, физические или „метафизические”? Конечно, идея „случайной Вселенной” очень привлекательна, соответствует тенденциям развития современной науки, представляя собой нечто вроде дарвиновского „отбора” вселенных. Но она, во-первых, пока не доказана, и, во-вторых, не является единственно возможной: подходы, в которых наша Вселенная, Метагалактика является единственной, по-прежнему, конкурентоспособны. Так что если кто-нибудь захочет вспомнить по этому поводу известную когда-то реплику, что здесь „загадка объясняется через тайну” — ему будет трудно что-либо возразить.

На втором уровне — научной картины мира — обосновывается более широкая интерпретация сильного АП в форме принципа самоотбора (Картер). Оценивая этот принцип, уместно выделить следующее замечание В.В. Налимова: „Не можем мы больше опираться на широко укоренившееся (после Дарвина) представление о том, что все селективно выглядящее есть результат селекции. Может быть, все удивляющее нас, есть так, как с ю есть, возникая спонтанно?” [33, с. 32].

На этом же уровне знания была сформулирована идея о возможности объяснить, почему наша Вселенная такова, какой мы ее наблюдаем, с точки зрения концепции самоорганизации [34]. Излагаемая точка зрения основана на предположении, что существуют общесистемные законы самоорганизации и эволюции. К ним можно отнести: а) некоторые частнонаучные законы или закономерности (например, такие черты биологической эволюции, как наследственность, изменчивость, отбор); они могут быть транслированы на целостные процессы эволюции в рамках НКМ (см. также [6]); б) типы

достаточно общих законов и закономерностей самоорганизации и эволюции, которые обнаруживаются при комплексном анализе биосферы и других сверхсложных открытых систем; в) закономерности самоорганизации, сформулированные в теории диссипативных структур И. Пригожина [35], синергетике Г. Хакена и др. Если это так, можно предположить, что сильный АП будет объяснен с точки зрения таких законов и закономерностей. В сущности говоря, подобная точка зрения близка идеям Г.М. Идлеса, который рассматривает антропные свойства Метагалактики не как редчайшее исключение среди других подобных систем, а как нечто типичное. Это означает, что понимание Метагалактики как „лучшего из миров” подвергается сильной коррекции, причем, как считает сам Г.М. Идлис, предлагаемый им подход не только не является „антикоперниканским”, но и выражает усиление коперниканской позиции, то есть дальнейший отказ от „эгоцентризма”. Конечно, изложенные соображения носят лишь самый предварительный характер; возможность их конкретизации связана с развитием постнеклассической науки.

Наконец, на третьем уровне естественнонаучное содержание АП интерпретируется в рамках той или иной философско-мировоззренческой традиции. Это: а) телеологическое объяснение, при котором сильный АП включается в контекст аристотелевско-лейбницевских идей; б) различные варианты объяснений АП с точки зрения идей саморазвития, самоорганизации мира (включая идею спонтанности). Именно на этом уровне и возникают собственно антропные интерпретации рассматриваемого принципа. Они выступают, конечно, как некоторые альтернативы, намеченные еще Уоллесом, но в чем-то разные интерпретации могут и пересекаться.

Философско-мировоззренческий уровень интерпретации, на наш взгляд, — органическая часть сильного АП. Попытка его устранения едва ли возможна хотя бы потому, что именно в рамках этого концептуального уровня и возникали „антропные аргументы” и уже затем некоторые из них использовались для того, чтобы придать „антропные черты” или по крайней мере окружить „антропными метафорами” некоторые из других уровней АП.

Именно на этом уровне возникают попытки синтеза современной космологии и ряда традиционных философских идей, возрождающихся в новом социокультурном контексте. К ним относятся, в частности, высказанная в ином контексте еще Платоном и с трудом пробившая себе дорогу в современной науке благодаря Эддингтону идея о роли чисел в структуре мира. Он генерирует и объяснение того, почему фундаментальные физические константы в нашей Все-

ленной оказались столь хорошо подогнанными друг к другу, с самого начала обеспечивая возможность появления в ней человека, наблюдателя. Эти объяснения транслируются в другие концептуальные уровни сильного АП, зачастую вступая в противоречие с аргументацией, специфической для этих уровней. Например, у Картера, когда он предлагает интерпретационную модель ансамбля вселенных, ссылка на наблюдателя, в сущности, вовсе не обязательна, но для философско-мировоззренческого уровня она существенна. Конечно, повторим еще раз, сильный АП так же не может быть редуцирован философско-мировоззренческим идеям, как и к одним только физическим интерпретациям или же научной картине мира. Но нельзя ли все же — вопреки размышлениям Уоллеса — достаточно однозначно „отождествить” этот уровень интерпретации сильного АП с какой-либо одной философско-мировоззренческой традицией, а все остальные исключить? По нашему мнению, нет.

Научные идеи, особенно такого ранга, как АП, всегда могут быть включены в социокультурный контекст разными способами. Какой из них получает в данный момент перевес, зависит не столько от самих идей, сколько от тенденций, доминирующих в культуре. Сильный АП едва ли составит исключение. Никакого „единственно правильного” понимания этого принципа в духе той или иной философско-мировоззренческой системы, на наш взгляд, быть не может. Способы вписывания в культуру научного содержания сильного АП принципиально плюралистичны. В частности, несмотря на многочисленные попытки найти аналогию между антропными аргументами и „аргументом от замысла”, ни к каким конкретным объяснениям в рамках научного знания это не приводит: идеалы и нормы научного объяснения не допускают введения сверхъестественных факторов. Более того, по нашему мнению, требование сильного АП: Вселенная должна быть запрограммирована на появление человека, наблюдателя — вполне может быть интерпретировано и без обращения к трансцендентным силам в рамках принципов саморазвития, самоорганизации, эволюции мира.

Даже в рамках одного мировоззренческого течения возможно совершенно различное понимание смысла идеи антропности в сильном АП. Некоторые авторы считали, например, что единственная альтернатива теологическим интерпретациям — идея „случайной Вселенной”. Но при современном уровне наших знаний не менее доказательной выглядит вытекающая из принципов постнеклассической науки идея самоорганизующейся Вселенной, ее спонтанного возникновение. И напротив, как уже было отмечено, в понимании

смысла идеи антропности, выражаемой сильным АП, существуют „сферы пересечения” между разными философско-мировоззренческими традициями. Скажем, идея об антропологической направленности процессов во Вселенной может разрабатываться и с позиций христианской теологии и с позиций материалистической диалектики, хотя и сопровождается принципиально разной аргументацией. То же самое можно сказать и об идее „случайной Вселенной”.

Таким образом, сильное антропное объяснение структуры Вселенной имеет сложную, гетерогенную структуру, и, соответственно, включает разные типы объяснения, имеющие, так сказать, разную „силу” Это означает, во-вторых, что не вполне корректна дискуссия о том, является ли сильный АП физическим или философским: и те и другие знания в его структуре слиты и могут быть разделены лишь условно.

Объясняет ли сильный АП, почему фундаментальные параметры и константы в нашей Вселенной оказались так хорошо подогнаны друг к другу, что стало возможно появление человека? Скорее, он позволяет сформулировать некий набор потенциально возможных объяснений. Среди них есть такие, которые при всей их необычности соответствуют традиционной концепции научного объяснения. В одних вариантах оно может быть физикалистским и вполне охватывается основаниями неклассической науки (идея „случайной Вселенной”), в других высказываются „экстремистские” надежды на более конкретную разработку антропного подхода, антропных объяснений в постнеклассической науке будущего (и. ея самоорганизующейся и спонтанной Вселенной). Некоторые варианты антропного подхода выходят далеко за пределы схемы научного объяснения, но ни один из них пока не доказал явного превосходства над другими. Дискуссия между сторонниками разных вариантов объяснения того, почему Вселенная такая, какой мы ее наблюдаем, с точки зрения сильного АП стимулирует научный поиск и углубляет революцию в астрономии.

6. Принцип участия (“соучастника”)

Несмотря на попытки отторжения „экстремистских” интерпретаций сильного АП в духе постнеклассической науки, такие интерпретации интенсивно пробивают себе дорогу, порождая идеи, которые сами их авторы называют „странными”. К их числу принадлежит и принцип участия (“соучастника”), выдвинутый А.Дж. Уилером. Это – интерпретация сильного АП в концептуальных рамках

квантовой космологии. Вселенная рассматривается как объект нового типа — мегаскопическая квантовая система, на нее распространяется квантовый способ описания; тем самым создается совершенно новое видение Вселенной. Тот, кто думает о себе просто как о наблюдателе, говорит Уилер, оказывается участником. „В некотором странном смысле это является участием в создании Вселенной” [36, с. 546]. Но известно, что квантовая теория познания, экстраполируемая на возможно более широкие научные контексты, относится к типичным чертам постнеклассической науки.

С позиций принципа участия антропный подход в космологии оказывается неустрашимым. Роль человека, наблюдателя в структуре Вселенной, согласно этому принципу, неизмеримо больше, чем считалось до сих пор. Тем самым в АП вводится не только объектный, но и деятельностный аспект, он приобретает смысл, отличный от не-квантового АП.

Интерпретация этого принципа на уровне НКМ вносит ряд примечательных изменений в понимание Вселенной как целого. Уилер задает вопрос, имеющий принципиальное значение не только для космологии, но и для самих квантовых идей: „...является ли Вселенная в несколько странном смысле своего рода „самовозбуждающимся контуром”? Порождая на некотором ограниченном этапе своего существования наблюдателей-участников, не приобретает ли в свою очередь Вселенная посредством их наблюдений ту осязаемость, которую мы называем реальностью? Не есть ли это механизм существования?” Ответы на эти вопросы, отмечает Уилер, „выходят за пределы сегодняшних возможностей... Мы не имеем представления, как поступать в предельной ситуации, когда играет роль очень большое число наблюдателей-участников и очень большое число наблюдений... Можно думать, что мы лишь тогда впервые поймем, как проста Вселенная, когда узнаем, какая она странная” [36, с. 555-556].

Принцип участия — несомненно эффективное интеллектуальное достижение, но судить о его эвристичности пока трудно. С точки зрения этого принципа „наблюдатель здесь и сейчас участвует в образовании ранней Вселенной, хотя это представляет собой обращение обычного хода времени” [36, с. 555]. Вместе с тем квант не только „опровергает мечту Лапласа когда-либо узнать одновременно положение и скорости всех частиц во Вселенной”, но и „уничтожает старую надежду на предсказание будущего. Надежды, которая в ретроспективе имеет почти теологический привкус” [36, с. 554]. Но тогда „физика становится столь же историчной, как сама история” [36, с. 555]. Уи-

пер имеет в виду социальную историю, к которой присоединяется на основе принципа участия история природы.

Необычность принципа участия вызвала острую философско-мировоззренческую полемику, даже возрождение навсегда, казалось бы, изживших себя попыток приклеивания научным достижениям идеологических ярлыков. Например, Д.Я. Мартынов говорил следующее: „Право же, если бы не эта терминология, можно было бы подумать, что идет пересказ библейского ветхозаветного мифа о сотворении мира. Но Уилер цитирует более солидные источники от Парменида до Беркли” [28, с. 63]. Конечно, подобные оценки настолько архаичны, что опровергать их нет необходимости. Но в них, хотя и в негативной форме, выражается отношение к одной из коренных черт принципа участника, связанного с пересмотром традиционных для науки представления о роли сознания в структуре Вселенной. Экстраполяция на Вселенную квантовых идей, генерированных неклассической наукой, приводит таким образом к грандиозным следствиям, выходящим далеко за рамки ее оснований. Они заставляют вспомнить самые экзотические моменты концепции селективного субъективизма, предложенные более полувека назад А. Эддингтоном. Интересная интерпретация смысла принципа соучастия в контексте идей лейбницевской монадологии была предложена С.Б. Крымским и В.И. Кузнецовым [37].

7. Финалистский АП

Казалось бы, финалистский АП, выдвинутый Ф. Типлером, стоит особняком среди различных модификаций этого принципа, так как он претендует не на объяснение прошлого или настоящего нашей Вселенной, а на предсказание ее отдаленного будущего. Кроме того, это единственная модификация АП, которая появилась под влиянием не космологических, а всецело философско-мировоззренческих соображений, относящихся к сфере христианской догматики. Тем не менее, финалистский АП, с нашей точки зрения, представляет собой одну из интерпретаций сильного АП. Если Вселенная должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование человека, наблюдателя, то почему не экстраполировать эту идею не только на прошлое, но и на будущее Вселенной, то есть считать, что Вселенная должна сохранить его. Такова, как хорошо известно, одна из центральных идей космической философии К.Э. Циолковского, которая своеобразно преломляется в фи-

налистском АП. Смысл финалистского АП состоит в том, что „во Вселенной должно начаться производство информации, и оно никогда не прекратится” [2, р.23].

Финалистский АП ставит ту же проблему, что и сильный АП: вот человек, какой должна быть Вселенная. Но понятие „разумная жизнь”, по Типлеру, выходит за биологические рамки и охватывает все структуры, в которых возможно производство информации. Это опять-таки удивительно соответствует известным высказываниям К.Э. Циолковского.

Структура финалистского АП и основанного на нем предсказания о будущем Вселенной включает те же концептуальные уровни, что и другие модификации этого принципа:

а) **уровень ФКМ**: принцип замкнутости, т.е. пространственной конечности Вселенной, в финальной точке эволюции которой должны совпасть мировые линии всех событий, исчезают все горизонты;

б) **уровень НКМ** включает гипотезы о генерировании информации во Вселенной, возможных источниках энергии для этого и построении компьютеров, способных реализовать сверхсложные программы. На этом же уровне формулируется и вывод об исчезновении различия между живым и неживым в точке „омега”, достижение которой было так же запрограммировано в начальных условиях эволюции Вселенной, как и появление в ней человека;

в) **философско-мировоззренческий уровень**, который и в данном случае нельзя „отсечь” или „отбросить”: он является не только исходным для финалистского АП и не просто „строительными лесами”, но и основой для интерпертации различных смыслов финалистского АП. На наш взгляд, „нерасторжимость” этого уровня интерпертации финалистского АП и других его уровней лишний раз свидетельствует, что и в случае сильного АП, принципа участия нельзя ограничиться одними только физическими интерпертациями.

По существу финалистский АП представляет собой такого же типа „требование” к нашей Вселенной, что и сильный АП, но только имеющий еще более четкую этическую (или, как иногда выражаются, „метаэтическую”), то есть социокультурную направленность. Но была ли „вечность жизни” запрограммирована только естественным развертыванием эволюционных процессов, или же она может быть достигнута лишь в ходе преобразования космоса „постсоциальным обществом?” Типлер выбирает вторую из этих возможностей (она, широчем, не исключает и первую), что поразительно сближает его точку зрения с идеями космической философии К.Э. Циолковского.

Таким образом, на философско-мировоззренческом уровне обосновывается не только объективный, но и деятельный аспект финалистского АП.

Есть достаточно веские основания считать философско-мировоззренческую интерпретацию финалистского АП, предложенную Типлером, релятивистским аналогом размышлений К.Э. Циолковского о космическом будущем человечества. Преобразующая деятельность человечества в космосе в обоих случаях выступает как неизбежность, хотя у Типлера она реализуется в мире с иными физическими свойствами, чем те, которые вытекали из космической философии. Но между этими двумя концепциями есть и одно фундаментальное отличие. Типлер — решительный сторонник идей антропоцентризма, в этом отношении он разделяет позиции Уоллеса, а не К.Э. Циолковского. По его мнению, АП исключает возможность существования внеземных цивилизаций, наша — единственная. Таким образом, у Типлера полностью отсутствует идея, согласно которой совместное преобразование космоса цивилизациями, находящимися на разных уровнях развития, выступает как общий для них императив или долг.

Как же следует оценить финалистский АП? Насколько он является обоснованным, что нового вносит в когнитивные и социокультурные аспекты научного исследования? В ситуации сосуществования оснований неклассической и зарождающейся постнеклассической науки на эти вопросы, естественно, могут быть даны диаметрально противоположные ответы.

С позиций постнеклассической науки сама попытка анализа одного из возможных „сценариев” отдаленного будущего Вселенной не вполне правомерна, поскольку различные неожиданности, связанные с точками бифуркаций, здесь не учитываются. Кроме того, насколько соответствует основаниям научного метода та конкретная форма, в которой подобная экстраполяция осуществляется финалистским АП?

Научных оснований для выбора предсказываемого этим принципом типа моделей Вселенной — закрытой модели, пока нет. Единственный мотив такого выбора — согласовать релятивистскую космологию с идеей „вечности жизни” (то есть в данном случае — неограниченности процесса производства информации) и в конечном счете, с эсхатологическими догматами христианства — может рассматриваться как произвольный, даже фантастический. Предсказание о сценарии поведения Вселенной в будущем, формулируемое финалистским АП, при современном уровне знаний принципиально непроверяемо. Оно не окажется подтвержденным даже в случае, если предпочтение будет оказано модели замкнутой Вселенной: эта модель не связана с финалистским АП сколько-нибудь специфическим

образом. Предсказание отсутствия внезапных цивилизаций вполне может оказаться ошибочным.

Тем самым финалистский АП представляет собой гораздо более сильный отход от традиционного понимания научного метода, чем, например, телеологические интерпретации сильного АП.

Этого вполне достаточно для скептического отношения к финалистскому АП. Но можно попытаться встать на менее жесткую точку зрения. Будем рассматривать финалистский АП не как сложившийся научный принцип, а как прогност отдаленных перспектив человечества, возникший в культуре и транслированный в космологию в контексте антропного подхода. (Идею, подобную, скажем, монадам Лейбница, которая также находит сейчас космологические приложения, первоначально отнюдь не имевшиеся в виду). Тогда эпистемологические требования к финалистскому АП могут оказаться менее строгими. Мы увидим, что несмотря на свои социокультурные истоки и отсутствие в его пользу каких-либо собственно научных аргументов, финалистский АП эвристичен. Он способен не только углублять смыслы старых идей (например, о неизбежности освоения Вселенной, которая является стержнем космической философии К.Э. Циолковского, или об устранении тепловой смерти Вселенной), но и генерировать новые смыслы. В соответствии с духом постнеклассической науки он по-своему вносит в разработку научных проблем и даже в структуру научного знания человеческое, а именно этическое измерение. Конечно, это лишь философско-мировоззренческая „наработка” на будущее, способы ее космологической проверки совершенно неясны, а может быть и вообще отсутствуют. Но нельзя исключать, что когда-нибудь разработка финалистского АП приведет к более конкретным следствиям когнитивного плана.

8. Антропный подход и постнеклассическая наука

Итак, антропный подход к пониманию Вселенной, возникший в недрах ряда философско-мировоззренческих традиций и своеобразно преломившийся в космической философии К.Э. Циолковского, оказывает сейчас заметное влияние не только на космологию, но и на другие науки (например, биологию), на философско-мировоззренческие идеи, основания культуры. Мы стремились показать, во-первых, что различные модификации АП и антропные аргументы имеют сложную, многоуровневую структуру. Различные смыслы самой идеи антропности раскрываются на философско-мировоззрен-

ческом уровне интерпретации АП и могут транслироваться в некоторых случаях на другие уровни его структуры. Во-вторых, АП, возникший на пересечении нескольких философско-мировоззренческих традиций и космологии, запечатлел в своем содержании как социокультурные, так и когнитивные, объектные факторы. Этим и объясняется сложная структура различных модификаций АП, каждая из них совмещает разные уровни знания, входящие в структуру основания науки. Конечно, не все они оказались одинаково развитыми в рассмотренных модификациях АП, в каких-то конкретных случаях тот или иной из них иногда оказывается „свернутым”. Но все же в целом для характеристики АП необходимо учитывать все эти уровни (физической картины мира, научной картины мира, философско-мировоззренческий в их взаимосвязи). Кроме того, в структуре АП выделяются два аспекта: объектный и деятельностный. Второй из них оказывается наиболее существенным для АП участника и финалистского АП. Но в широком смысле, поскольку образ Вселенной в знании определяется не только объектными, но и социокультурными факторами, деятельностный аспект присутствует во всех модификациях АП.

В-третьих, АП, возникший в недрах неклассической науки, в некоторых своих модификациях явно апеллирует к основаниям научного поиска, выходящих за ее рамки, в сферу науки постнеклассической. Вот почему АП, как и весь антропный подход, оказывается своеобразным „кентавром”. Он находится пока в становлении и лишь намечает переход к новым основаниям науки, в том числе и космологии. Тем самым АП потенциально ведет к дальнейшим революционным сдвигам в изучении Вселенной.

„Гибридная” структура знаний, которая присутствует в различных модификациях АП, не является каким-то исключением, а напротив, типична для многих „переходных” ситуаций, возникающих при каждом новом прорыве во Вселенную. Можно отметить, например, возникновение в свое время целой серии „гибридных” моделей Вселенной, сочетавших в себе ньютоновские и фридмановские черты. Достаточно объективная оценка таких концептуальных структур обычно возможна лишь ретроспективно, современники же воспринимают их далеко не однозначно.

Гетерогенная структура АП представляет интерес для изучения формирования научных принципов на том этапе, когда собственно научные интерпретации еще не вполне отделены от философских. Это позволяет глубже „заглянуть” в механизм влияния философии на науку.

Какова эвристическая роль АП в науке и всей сфере культуры? Насколько он укладывается в методологию неклассической и зарождающейся постнеклассической науки? Действительно ли антропные аргументы следует считать принципиально новым подходом к проблемам космологии, или же в этих аргументах вовсе нет необходимости? Должна ли наша Вселенная, Метагалактика рассматриваться в свете АП как „человекомерная” система — наряду, скажем, с биосферой? Об этом и идут споры вокруг АП.

В зависимости от философско-методологических позиций исследователя, включая его отношение (осознанное или нет) к появлению в науке зародышей постнеклассического типа рациональности, перед ним открываются разные возможности.

1) Не только для тех, кто считает АП тривиальным или неверным, но и для тех, кто все же его признает, существует возможность крайне сдержанно оценивать эвристичность любых модификаций этого принципа: объяснительные и предсказательные его потенции проявились пока очень слабо, остается надеяться на будущее;

2) Можно рассматривать эвристическую роль АП как физического принципа, который имеет чисто когнитивную природу и лишен социокультурного измерения. Надо отбросить, по выражению И.Л. Розенталя, „экстремистские тенденции”, проявившиеся „как это часто бывает, в полемическом пылу, в процессе утверждения нового мировоззрения...” [38, с.36]. Вселенная, с этой точки зрения, — обычный неклассический, а именно релятивистский объект, при изучении которого антропные аргументы выглядят в значительной мере метафорически. Такой подход к АП и анализу его эвристической роли можно назвать, если угодно, „физикалистским” или „редукционистским”; но дело, впрочем, не в термине. Многие космологи после легкого шока, вызванного „метафизическими” толкованиями АП, пошли именно по этому пути.

АП оказывается при таком подходе не столько антропным, сколько обычным принципом физической науки, не объясняющим антропные свойства Вселенной, а выделяющим или постулирующим те из них, без которых во Вселенной не было бы сложных структур и человека в их числе. Но считать, что этим подход, названный Картером антропным, полностью исчерпывается, хотя и возможно, но не обязательно;

3) Может оказаться привлекательным как раз „экстремистское” или „антиредукционистское” понимание АП как принципа, ориентированного на постнеклассическую космологию. Это означает, что не следует ограничивать интерпретации АП лишь рамками совре-

менной науки. Он может привести к формированию новых оснований научного поиска (в структуре АП они присутствуют как в не-квантовой, так и в квантовой версии).

Отсюда вытекает, что следует проанализировать весь спектр эвристических потенций АП, порождаемых на разных уровнях его интерпретации. Вселенная, согласно такому подходу, должна рассматриваться как сложная самоорганизующаяся система, включающая в себя и человека. Разумеется, знание, сформулированное на уровне оснований науки, если оно действительно эвристичное, будет породить не только „общие рассуждения“, но и новые теоретические схемы и концепции. Такой подход едва ли стоит просто отбрасывать, как некое проявление научного экстремизма.

В дискуссиях вокруг АП, его методологической роли оказались достаточно широко представленными все перечисленные подходы. Второй и третий из них уже сейчас целенаправляют исследователей на приращение научных знаний.

В свете сказанного „человеческое измерение“ не может быть вытравлено из антропного подхода, если только рассматривать не отдельные формулировки и интерпретации, а весь подход в целом. Сохраняется возможность считать, что АП находится в русле усиливающейся тенденции к гуманизации современной, постнеклассической науки. Если угодно, это и представляет собой „антикоперниканскую“ тенденцию в современной космологии. Но не исключено, что разработка АП с позиций постнеклассической науки устранил этот „антикоперниканский“ акцент, особенно если в этих вопросах будет усиливаться роль традиций восточной философии, чуждой духу антропоцентризма. Тогда АП окажется выражением идей глубокого единства человека и Вселенной, спонтанности космологических процессов [39]. На этом пути можно ожидать определенного „возврата“ к тому пониманию АП, которое было предложено К.Э. Циолковским.

Литература

1. *Казютинский В.В.* Антропный принцип в неклассической и постнеклассической науке // Проблемы методологии, постнеклассической науки. М., 1992. С. 146-153.
2. *Barrow J.D., Tipler F.J.* The Anthropic cosmological Principle. Oxford, 1986.
3. Антропный принцип в структуре научной картины мира. История и современность. Материалы всесоюзного семинара. Ч. I-II. Л., 1989.
4. *Моисеев Н.* Человек и ноосфера. М., 1990.
5. *Наан Г.И.* Понятие бесконечности в математике, физике и астрономии. М., 1965.
6. Бесконечность в Вселенная. М., 1969.

8. *Астрономия, методология, мировоззрение.* М., 1979.
9. *Уоллес А.Р.* Место человека во Вселенной. СПб., 1904.
10. *Зельманов А.Л.* К постановке космологической проблемы. //: Тр. второго съезда ВАГО. М., 1960. С. 72-84.
11. *Dicke R.H.* Dirac's cosmology and Mach's principle // *Nature.* 1961. V. 192, No 4801. P. 440-441.
12. *Зельманов А.Л.* Некоторые философские аспекты современной космологии и смежных областей физики. – //: *Диалектика и современное естествознание.* М., 1970. С. 395-400.
13. *Идлис Г.М.* Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы. – *Изв. Астроф. ин-та АН КазССР.* 1958. Т. 7. С. 39-54.
14. *Идлис Г.М.* Революции в астрономии, физике и космологии. М., 1985.
15. *Мизнер Ч., К. Торн, Дж. Уилер.* Гравитация. Т. 3. М., 1977.
16. *Картер Б.* Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии. – //: *Космология: Теории и наблюдения.* М., 1978. С. 369-379.
17. *B. Carter.* The Antropic principle and it's implications for biological evolution. – *Philosophical transactions of the Royal Society of London.* 1983. V. A310. No. 1512. P. 348.
18. *Наан Г.И.* Современное состояние космологической науки. //: *Вопросы космогонии.* Т. 6. 1958.
19. *Девиц П.* Случайная Вселенная. М., 1985.
20. *Наан Г.И., Казютинский В.В.* Фундаментальные проблемы современной астрономии. – В кн.: *Диалектика и современное естествознание.* М., 1970. С. 207-232.
21. *H. Dingle.* Modern aristotelianism. *Nature.* 1907. V. 139. No. 3528. P. 784-786.
22. *Амбарцумян В.А.* Коперник и современная астрономия // *Философские вопросы науки о Вселенной.* Ереван, 1973. С. 193-210.
23. *Балашов Ю.В.* Феноменологические корни антропного принципа в космологии // X Всесоюзная конференция по логике, методологии и философии науки: Тез. докл. и выступлений. Минск, 1990. С. 5-6.
24. *Новиков И., Полнарев А., Розенталь И.* Численные значения фундаментальных постоянных и антропный принцип // *Изв. АН Эст. ССР.* Т. 31. Физика. Математика. 1982. N 3.
25. *Хокинг С.В.* Анизотропия Вселенной на больших временах // *Космология: теории и наблюдения.* М., 1978. С. 360-365.
26. *Hoyle F.* The intelligent Universe. N. Y., 1984.
27. *Leslie J.* Antropic principle, world ensemble, design // *American Philosophical Quaterly.* 1982. V. 19. No. 2. P. 141-151.
28. *Мартынов Д.Я.* Антропный принцип в астрономии и его философское значение // *Вселенная, астрономия, философия.* М., 1988. С. 58-65.
29. *Шкловский И.С.* Проблемы современной астрофизики. М., 1988.
30. *Розенталь И.Л.* Физические закономерности и численные значения фундаментальных постоянных // *Успехи физических наук.* 1980. Т. 131, вып. 7. С. 239-256.
31. *Розенталь И.Л.* Геометрия, динамика, Вселенная. М., 1987.
32. *Казютинский В.В.* Проблемы структуры антропного принципа // *Антропный принцип в структуре научной картины мира (История и современность): Материалы всесоюз. семинара.* Ленинград, 1989. С. 38-43.

33. *Налимов В.В.* О возможности расширительного – философски звучащего толкования антропного принципа // там же. С. 32-35.
34. *Казютинский В.В.* Концепция глобального эволюционизма в научной картине мира // О современном статусе идеи глобального эволюционизма. М., 1986. С. 61-84.
35. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986.
36. *Уилер Дж.* Квант и Вселенная // Астрофизика, кванты и теория относительности. М., 1982. С. 535-558.
37. *Крымский С.Б., Кузнецов В.И.* Мировозренческие категории в современном естествознании. Киев, 1983.
38. *Розенталь И.Л.* Проблема начала и конца Метагалактики. М., 1985.
39. *Налимов В.В.* Спонтанность сознания. М., 1989.

Теория элементарных частиц и принцип целесообразности

1. Наша Вселенная — лучший из миров

*Панглос: Все события неразрывно связаны
в лучшем из возможных миров.*

*Кандид: Если это лучший из возможных
миров, то каковы же другие?*

Вольтер. Философские повести.

Кандид или оптимизм

В последнее время наука подошла к решению двух проблем: 1) Существуют ли другие вселенные, помимо нашей; 2) какова структура других вселенных?

Чтобы пояснить метод рассуждений, позволяющий приблизиться к решению, казалось бы неразрешимой проблемы: как познать структуру других ненаблюдаемых вселенных, полезно напомнить основные сведения о нашей Вселенной.

Вселенную можно представить, как однородную расширяющуюся сферу, заполненную веществом и излучением. В настоящее время радиус этой сферы приблизительно равен 10^{28} см. И здесь возникает важнейший вопрос: что находится за пределом сферы с $R \sim 10^{28}$ см? В принципе, подобный вопрос не лов. Уже на заре возникновения цивилизации, когда исследованный мир ограничивался небольшими частями земной поверхности, возник вопрос, что находится за их пределами. Лишь в сравнительно близкую эпоху (Коперник) возникло правильное представление о структуре планетной системы. Затем установили, что звезды — далекие прототипы нашего Солнца. И лишь в XIX веке поняли, что они входят в состав гигантских скоплений звезд-галактик, которые и составляют основные элементы Вселенной. И только совсем недавно (около 20 лет назад) начались наблю-

дения самых далеких объектов Вселенной — квазаров, расположенных на „окраине” Вселенной: на расстоянии 10^{28} см.

Каждый этап развития астрономии существенно раздвигал представления об окружающем нас мире. Сейчас он ограничен Вселенной. Является ли это ограничение окончательным или же оно продиктовано уровнем наших знаний? Именно краткий экскурс в историю астрономии, медленно поднимающий занавес над дымкой, застилающей мир, позволяет высказать заключение, что Вселенная не является ни единственной, ни эквивалентом всего мира. Но здесь сразу же возникает вопрос: как от подобного философствования перейти на более твердую почву фактов?

Метод анализа. Мы не можем покинуть нашу Вселенную или связаться с другими вселенными. Можно нарисовать сценарий эволюции вселенных при небольших изменениях в известной нам физической картине. Изменение физических законов — непредсказуемое кардинальное изменение всей картины Вселенной. Однако одним из элементов физики являются фундаментальные постоянные — числа. Поэтому целесообразно проследить последствия небольших изменений этих чисел и нарисовать эволюцию вселенных при таких изменениях. Физические законы полагаются при этом неизменными.

В дальнейшем нас здесь будут интересовать четыре константы, поскольку именно они весьма наглядно иллюстрируют зависимость всей физической картины от численного значения фундаментальных постоянных. Перечислим их по порядку: 1) масса m_p протона p , равная $938,2$ МэВ; 2) масса m_n нейтрона n — $939,5$ МэВ; 3) m_e электрона e — $0,51$ МэВ; 4) безразмерная константа тонкой структуры α_e — $1/137$, характеризующая взаимодействие заряженных частиц.

Нейтронная вселенная. Общеизвестно, что водород — основной химический элемент во Вселенной. Менее известно, что нейтральный водород предопределяет существование почти всех космических тел: планет, звезд и галактик. Суть дела заключается в том, что образование гигантских стабильных систем — галактик (а, следовательно, и звезд) обуславливается игрой противоположных тенденций: гравитационным притяжением и отталкиванием, связанным с излучением фотонов, возникающих при сжатии газовых облаков. Последний фактор особенно велик, когда газ ионизован, т.е. состоит из несвязанных протонов и электронов. Этот фактор существенно уменьшается, когда происходит рекомбинация нейтрального водорода (нача-

* Для простоты значений масс приводятся в энергетических единицах: 1 МэВ соответствует массе $1,8 \cdot 10^{-27}$ г.

ло рекомбинации соответствует температуре $T \sim (10^4) \text{ К}$. В этой ситуации из-за взаимной экранировки электронов и протонов излучение существенно уменьшается, и становится возможным образование протогалактик. В дальнейшем, эти образования обособливаются и распадаются на более мелкие фрагменты — скопления звезд.

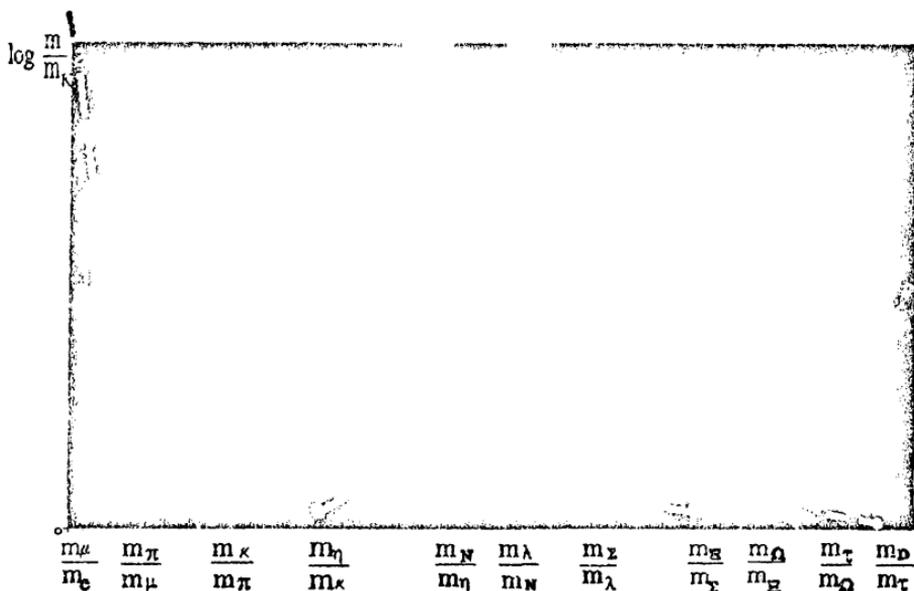
В этом процессе определяющую роль играет стабильность атомов водорода. Известно, что водород абсолютно стабилен. Эта стабильность гарантируется самым суровым законом — законом сохранения массы; стабильность гарантируется, однако, с плохим запасом „прочности”. Поясним это утверждение. При достаточно высоких температурах ($T > (10^{10}) \text{ К}$) возможна реакция: $p + e \rightarrow n + \nu$ (ν — нейтрино). Однако, как легко заключить из подсчета масс в правой и левой частях указанной реакции $m_p + m_e < m_n$ и, поэтому, при сравнительно малых температурах, когда происходит образование галактик, эта реакция невозможна.

Изменим далее немного физическую ситуацию во Вселенной. Именно: увеличим массу электрона m_e более, чем в три раза. Тогда, $m_p + m_e > m_n$ и будет осуществляться реакция $p + e \rightarrow n + \nu$, т.е. атом водорода превратится в нейтрон и нейтрино. Легко представить себе „трагические” последствия такого превращения. В конечном счете, весь водород превратится в нейтроны, вселенная будет состоять исключительно из нейтронных звезд и галактик. Вместо нашей богатой химическими элементами и яркими звездами Вселенной возникнут мрачные вселенные с единым „нейтронным” цветом.

И здесь возникает важнейший вопрос. Далеко или близко мы „спустились по склону”, увеличив массу электрона в 3 раза? Чтобы ответить на этот вопрос проделаем следующую процедуру. Расположим массы элементарных частиц* в порядке их возрастания: $m_1 = m_e$ (масса электрона); $m_2 = m_\mu$ (масса мюона); $m_3 = m_\pi$ (масса — мезона). Обозначим по оси абсцисс (см. рис. 1) отношения m_{n+1}/m_n . По оси ординат отложим десятичные логарифмы этих отношений. Видно насколько отношение m_μ/m_e отличается от всех остальных отношений. На рис. 1 черной краской зачернена область, отделяющая нашу Вселенную от „грехопадения” в мрачную нейтронную бездну.

* При такой процедуре выбираются частицы, массы которых определен достаточно точно.

Рисунок 1.



Никакого объяснения малости массы m_e , сравнительно с масса-ми других элементарных частиц, сейчас нет. Единственная гипотеза, которая может пояснить этот факт, заключается в допущении, что в процессе формирования фундаментальных постоянных — процессе, происходящем на самой ранней стадии расширения Вселенной, возник гигантский выброс массы легкой частицы; выброс, который обеспечил все химические многоцветия нашей Вселенной.

Водородная вселенная. Изменим незначительно другие констан-ты. Известно, что тяжелый водород-дейтерий* является химической экзотикой, не имеющей значения в повседневной жизни и играю-щей относительно малую роль в химии и физике. Однако ядро дейте-рия — дейтон находится на авансцене природной лаборатории. Со-временная теория образования химических элементов основана на допущении, что их ядра образуются путем последовательного пре-вращения атомного ядра с весом A в ядро — $A + 1$. Поэтому дейтон

* Ядро дейтерия — состоит из протона и нейтрона.

является основным звеном нуклеосинтеза, т.е. процесса образования ядер сложных химических элементов. Для успешного осуществления нуклеосинтеза необходимо, чтобы дейтрон был бы стабильной частицей. Однако дейтрон состоит из двух частиц — протона и нейтрона, который в свободном состоянии распадается. Казалось бы, что и дейтрон также должен был бы распасться. Однако дейтрон стабилен, поскольку разница масс примерно вдвое меньше энергии связи нейтрона и протона в дейтоне; поэтому распад связанного нейтрона запрещен законом сохранения. Однако во вселенной, в которой разница масс всего лишь вдвое превышала бы наблюдаемую, — дейтрон будет нестабильным и сложные элементы не смогут возникнуть. Такая вселенная будет „одноцветной”, состоящей только из водорода.

Протон и нейтрон относятся к одному семейству элементарных частиц — нуклонам. И вот оказывается, что значение разницы масс членов семейства $m_n - m_p$ для нуклонов существенно меньше значений для других семейств элементарных частиц. Даже, если бы значение для нуклонов равнялось бы наименьшему значению для других семейств, то дейтрон потерял бы стабильность и в таком мире не было бы сложных химических элементов.

Фотонная вселенная. Для теории элементарных частиц в последние годы наметился некоторый прогресс. В частности, широкую популярность приобрело важнейшее предсказание — нестабильность протона*. С первого взгляда это предсказание кажется абсурдным. Установленное на опыте время жизни протона $t_p > 10^{31} - 10^{32}$ лет. Но самое интригующее в этом предсказании то, что теоретическое значение $t_p = 10^{31 \pm 2}$ года, то есть близко к экспериментальному пределу. Поэтому нет ничего удивительного, что в поиски распада протона включилось по крайней мере десятков больших экспериментальных групп.

Нас будет интересовать другое: исключительно сильная (экспоненциальная) зависимость величины t_p от константы α_e . Поэтому небольшое изменение значения α_e приведет к огромному изменению t_p . Конкретно, если увеличить α_e примерно в 1,5 раза ($\alpha_e \sim 1/80$), то величина t_p будет меньше времени существования Вселенной. Это приведет к тому, что все протоны распадутся. В результате сложной цепи реакций в конечном счете все заряженные частицы превратятся в фотоны и нейтрино. Вселенная (если бы значение было бы несколько больше, чем то, которое существует) состояла бы исключительно из фотонов и нейтрино. Связанные состояния — ядра, атомы,

*Впервые на эту возможность указал А.Д. Сахаров [9].

молекулы и т.д. в такой вселенной не существовали бы. Вселенная была бы абсолютно „серой“.

Наша Вселенная — уникальный мир. Таким образом, нет оснований для оптимизма, т.е. предположения, что существуют другие вселенные с совершенно иными, отличными от нашей Вселенной свойствами, но столь же (или более) высоко организованные.

В известном смысле, наша Вселенная — самая совершенная из всех вселенных. Именно: небольшое изменение численного значения фундаментальных постоянных привело бы к исключительному обеднению Вселенной. В результате подобной умозрительной процедуры оказывается, что либо в таких вселенных отсутствовали бы ядра, атомы и молекулы, либо эти вселенные оказались бы „одноцветными“ — состоящими из нейтрино либо водорода. В последнем случае отсутствовали бы сколь-нибудь сложные молекулы.

Существуют веские основания полагать, что наша Вселенная с действующими в ней физическими законами и численными значениями фундаментальных постоянных является гигантской флуктуацией. Об этом, в частности, свидетельствуют исключительно малое значение массы электронов, сравнительно с массами других элементарных частиц и весьма малое значение разности Δm сравнительно с величинами Δm для других семейств частиц. Именно весьма малые значения m_e и Δm необходимы для существования сколь-нибудь сложных форм вещества.

Здесь мы привели лишь небольшую часть факт. зв, свидетельствующих о чрезвычайно жестком сборе численных значений фундаментальных постоянных, необходимом для существования основных элементов Вселенной: атомов, звезд и галактик. Сравнительно полный набор таких фактов приводится в книге автора [3].

Таковы факты, являющиеся следствием хорошо установленных и проверенных физических законов (исключая распад протона — гипотезы весьма правдоподобной, но не доказанной).

Наша Вселенная по своему химическому многоцветию уникальна. Это физико-химическое разнообразие — следствие поразительно „удачного“ сочетания численных значений фундаментальных постоянных. Далее, может возникнуть вопрос: можно ли хотя бы грубо оценить вероятность появления такой Вселенной как наша? С первого взгляда, такой вопрос кажется абсурдным, поскольку в нашем распоряжении нет „машины“, генерирующей вселенные. Действительно такая машина (даже в теории) отсутствует. Однако мы располагаем довольно многочисленными данными, относительно физических констант, аналогичных рассмотренным выше, но не играющих

существенной роли в созидании структуры Вселенной... Конкретно можно упомянуть о массах элементарных частиц, число которых сейчас превышает 300. Можно, в частности, построить распределение частиц по их массам, которые хорошо измерены на эксперименте и задаться вопросом: какова вероятность того, что в таком распределении окажется частица с массой электрона, лежащей в интервале 0,5-2 МэВ. (Именно такой интервал необходим для избежания полной нейтронизации вещества; см. раздел „Нейтронная вселенная“). Оказывается, что такая вероятность примерно равна одной миллионной (10^{-6}). Если же учесть экстремальность других фундаментальных констант, то эта вероятность уменьшится очень существенно.

Таким образом, разумеется, весьма грубо можно оценить появление „прекрасной“ Вселенной, подобной нашей. Здесь можно было бы поставить точку, не искушая себя дальнейшими вопросами: что означает утверждение „Вселенная появляется?“. „Из чего она появляется и как?“. Все же такая точка, оставит, вероятно, чувство неудовлетворенности.

На эти вопросы сейчас наиболее естественным кажется следующий ответ. Первоначалом мира является физический вакуум, который абсолютно не имеет ничего общего с пустотой, кроме названия.

Физический вакуум — это особое состояние вещества и его существование доказано в высшей степени прецизионными и тонкими исследованиями взаимодействий заряженных элементарных частиц. Вакуум проявляет себя во время подобных взаимодействий, но сам по себе в обычных условиях никак себя не обнаруживает. Теоретические исследования свойств вакуума продемонстрировали его нестабильность. Он все время, как бы пенится; в вакууме непрерывно появляются и исчезают пузырьки, которые лишь в чрезвычайно редких случаях трансформируются во вселенные. В процессе таких образований и фиксируются фундаментальные постоянные, численные значения которых и определяют лик Вселенной.

Можно допустить, что вечно существующий и флуктуирующий вакуум и есть первооснова Мира. Следует подчеркнуть, что рождение в вакууме такого объекта, как Вселенная, сопровождается гигантской перестройкой этой необычной формой вещества. Сейчас развиты модели этой перестройки (фазовые переходы). Однако их анализ выходит за рамки статьи.

Нарисованная здесь картина возникновения Вселенной подводит лаконичный итог исследований последних лет и, на наш взгляд, является превосходной иллюстрацией новой формы мышления. Фундаментальные проблемы анализируются на основе гипотез, вы-

текающих из огромной совокупности экспериментальных фактов и теоретических построений. Однако решающий эксперимент (моделирование рождения Вселенных), подтверждающий правильность этих гипотез, отсутствует и не видно путей подхода к нему. Накопление новых экспериментальных данных и усовершенствование теории укрепит нашу веру в нарциссованную картину образования вселенной, и уточнит детали картины. Но едва ли, эта картина будет когда-либо завершена.

2. Проблемы теории элементарных частиц

Неустойчивость структуры Вселенной к численному значению фундаментальных постоянных отражает некий принцип, названный нами принципом целесообразности: законы физики, действующие во Вселенной не только достаточны, но и необходимы для образования и существования в ней основных ее элементов: электронов, нуклонов, атомов, звезд и галактик. Хотя этот принцип и является модификацией антропного принципа [1], однако на наш взгляд принцип целесообразности имеет сравнительно с первым – одно существенное преимущество. В его основе лежат представления об относительно хорошо изученных физических объектах, а не возникновение или существование жизни (или тем более разума) объекта весьма далекого, по крайней мере, на нынешнем этапе развития науки, от физики. Именно это обстоятельство и является, на наш взгляд, причиной относительно слабой связи антропного принципа с теорией элементарных частиц, а, следовательно, и тесно связанной с ней – космологией.

Здесь мы кратко изложим приложение принципа целесообразности к решению проблем физики элементарных частиц и сделаем одно важное, на наш взгляд, предсказание, основанное на принципе целесообразности.

Изложение этого принципа, а также его приложение к решению некоторых проблем физики элементарных частиц см. в работах [2-4]. Здесь мы ограничимся перечислением проблем физики элементарных частиц, весьма краткими комментариями и указанием на метод их решения на основе принципа целесообразности. Во многих оригинальных статьях и обзорах указывается на многие проблемы в теории элементарных частиц [5-8].

Перечислим основные проблемы физики элементарных частиц.

1. Иерархия масс элементарных частиц.
2. Существование трех поколений лептонов.

3. Относительная малость безразмерных констант электромагнитного, слабого и гравитационного взаимодействия, сравнительно с единицей.
4. Выбор Природой калибровочной группы $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$, лежащей в основе объединенного взаимодействия.
5. Малое (а, может быть, и нулевое) значение энергии вакуума.
6. Размерность N физического макроскопического пространства. Представим, далее, кратко решение некоторых из перечисленных здесь проблем.

Вопрос об иерархии, сводится к вопросу: почему масса X -бозона, определяющего большое объединение столь велика сравнительно с массой m_p протона. На основе принципа целесообразности предлагается следующее решение проблемы. Время жизни t_p протона с логарифмической точностью определяется следующим соотношением: $t_p \sim m_x^4$ (знак пропорциональности).

Следовательно, если, например, масса X -бозона была бы на несколько порядков меньше, чем в нашей Вселенной, то его время жизни было бы меньше времени существования Вселенной и все протоны (а, следовательно, и атомы) распались бы*. Важнейшей проблемой является существование трех, и именно трех, поколений лептонов (электрон, мюон и τ -лептон). Однако, в рамках современной теории именно существование трех (или более) поколений лептонов необходимо для существования нарушения комбинированной четности (CP -нарушение). Однако, после известной работы А.Д. Сахарова [9] стало общепризнанным, что CP -нарушение необходимо для возникновения во Вселенной барионной асимметрии, т.е. существования протонов. Если бы число поколений было бы меньше трех, то число протонов и антипротонов было бы одинаковым, что привело бы к их аннигиляции.

Очень давно (в 1917 г.) П. Эренфест отметил, что в евклидовых пространствах с размерностью $N > 3$ не могут существовать устойчивые аналоги атомов и планетных систем. Поскольку при $N < 3$ не могут возникнуть сложные структуры, то $N = 3$ является единственной размерностью, при которой реализуются основные устойчивые элементы Вселенной.

Аналогично, на основе принципа целесообразности, решаются и другие сформулированные выше проблемы физики элементарных частиц.

* Напомним, что при значении $m_x \sim 10^{15} m_p$, время $t_p \sim 10^{31} - 10^{32}$ лет.

Таким образом, мы должны заключить: с высокой степенью вероятности существуют другие Вселенные с иными значениями фундаментальных постоянных (см. также часть 1).

Заключение

Если последнее заключение правильно, то любая истинная объединенная теория элементарных частиц должна учитывать возможное изменение фундаментальных постоянных в момент возникновения вселенных. Современные теории (суперсимметрия, супергравитация, суперструны и т.д.) не учитывают этого обстоятельства и поэтому едва ли могут решить основную задачу: построение непротиворечивой, замкнутой, объединенной теории. Некоторым подтверждением данного заключения является отсутствие существенного прогресса в построении объединенной теории, основанной на „суперидеях“. Будущая теория должна обязательно учитывать возможное изменение фундаментальных постоянных в момент возникновения вселенных. Теория этого процесса тесно связана с теорией элементарных частиц.

Литература

1. *Barrow J.D., Tipler F.J.* The Anthropic Cosmological Principle, Oxford. 1986.
Розенталь И.Л. Физические закономерности и численные значения фундаментальных постоянных. Успехи физических наук, 1980. Т. 131. С. 239-256.
3. *Розенталь И.Л.* Элементарные частицы и структура Вселенной. Наука. М., 1984.
4. *Розенталь И.Л.* Геометрия, динамика, Вселенная. Наука. М., 1987.
5. *Высоцкий М.И.* Суперсимметричные модели элементарных частиц — физика для ускорителей нового поколения. Успехи физических наук. 1985. Т. 148. С. 591-636.
6. *Арефьева И.Я., Волович И.В.* Суперсимметрия: теория Калуцы-Клейна, аномалии, суперструны. Там же. С. 655-682.
7. *Вайнштейн А.И., Захаров В.И., Шифман М.А.* Инстантоны против суперсимметрии. Там же. С. 683-708.
8. *Гелл-Манн М.* От перенормируемости к вычислительности. Успехи физических наук. 1987. Т. 151. С. 683-698.
9. *Сахаров А.Д.* Нарушение CP-инвариантности. C-асимметрия и барионная асимметрия Вселенной. Письма ЖЭТФ. 1967. Т. 5. С. 32-35.

Финалистский антропный принцип, его философско-этический смысл

Вот уже более полутора десятков лет в космологии наблюдается „антропологический поворот” – включение факторов бытия человека и его деятельности в предмет самой космологии. Предпосылки этого „поворота” нетривиальны: человек технологически развитой цивилизации стал не только геологической силой (В.И. Вернадский), но и силой космической (“космиургом” – Н.А. Бердяев). Поскольку созидательный потенциал человека сопровождается такими негативными последствиями, как экологический кризис и угроза ядерной войны, то экстраполяция проблемы созидание-разрушение в рамках Земли на космологические масштабы приводит к неявному изменению ценностных ориентаций в самой космологии. С некоторых пор стало возможным мыслить Землю и Вселенную без человека. Наука может решать теперь вопрос, быть человеку или не быть. Где же тот критерий, мера, граница, которая отделяет возможность бытия человека от небытия? Оказывается, что она всюду, на всех уровнях бытия: в структуре микрочастиц, в структуре атмосферы, в свойствах звезд и всей Вселенной. Например, если удалось бы изменить константу электромагнитного взаимодействия на десять процентов, то человек как биологическое существо, не смог бы существовать в такой Вселенной (не смогли бы существовать и такие „кирпичики” мироздания, как атомы, молекулы и др.). Сила и мощь человека привели к осознанию того, что физический мир, в котором он живет, удивительно согласован с самим фактом возможности его жизни. Архетип единства природы и человека через земные проблемы (и как: „следствие определенной симметрии в истории идей” [1, р. 31]) проник в современную космологию в виде новой парадигмы-антропного принципа (АП), концепция которого состоит из четырех версий: 1) актуалистической – слабый АП, 2) глобально-эволюционистической – сильный АП, 3) эволюционно-исторической – АП участия (АПУ), 4) эсхатологической – финалистский или финальный АП (ФАП). Если первые три версии стремятся ответить на вопрос: почему современная Вселенная такова, как она есть, какова

принципиальная роль наблюдателя для определенности ее бытия, то ФАП касается проблем: а) какова физическая структура будущей Вселенной с точки зрения возможности неограниченного продолжения процесса разумной жизни в ней; б) какова активная роль разума во влиянии на крупномасштабные свойства Вселенной для обеспечения возможности продолжения жизни; в) какой качественной определенности достигает Вселенная и сама жизнь в финальном пункте эволюции системы: физическая Вселенная + разумное постчеловечество.

ФАП постулирует „вечность жизни“: „начавшаяся во Вселенной генерация информации в форме разума никогда не окончится” [1, р. 23]. Содержательная разработка этого утверждения базируется на двух допущениях. Во-первых, само понятие „жизнь” трактуется Ф. Типлером весьма широко. „Разумная жизнь” (intelligent life) не отождествляется с понятием „человеческая жизнь” (human life). Разумная жизнь ассоциируется с компьютером, реализующим некоторую программу. „Живое существо есть скорее представление определенной программы, чем программа сама по себе” [1, р. 659]. Отсюда следует, что „жизнь”, понимаемая как реализация программы, которая сопровождается производством информации, возможна не только в теле человека (как биосущества), но и в других материальных структурах. Во-вторых, поскольку фактом является начавшееся освоение Космоса человеком (Homo sapiens), то оно, как тенденция и процесс, не имеет в будущем границ и развившийся таким образом разум „смог бы начать воздействовать на крупномасштабную эволюцию Вселенной” [1, р. 614].

С принятием первого допущения идея „вечности жизни” допускает количественное выражение: для того, чтобы разумная генерация информации во Вселенной осуществлялась вечно, необходимо, чтобы этот процесс шел непрерывно вдоль мировых линий, имеющих начало в космологической сингулярности и приходящих в будущем в точку финала. Ф. Типлер называет ее „точкой Омега”, причем спецификой Вселенной, содержащей „точку Омега”, является отсутствие горизонтов событий; при этом количество информации, произведенное на всех мировых линиях должно быть потенциально бесконечным, ибо о бессмертии разума резонно говорить только если он способен „измышлять” бесконечное число различных мыслей (идей) в будущем [1, р. 660].

Итак, первое предсказание ФАП — Вселенная должна быть преимущественно закрытой и содержащей „точку Омега” в качестве финальной, в которой сольются мировые линии всех событий и исчезнут все горизонты.

Однако возникает следующий вопрос — возможно ли допустить в будущем такое состояние физической Вселенной, которое по своим энергетическим параметрам позволит осуществить требуемую генерацию информации. Действительно, поскольку, извлечение, получение информации сопровождается энергетическими затратами, то вопрос звучит по-новому (задача „физической эсхатологии“): „смогут ли формы вещества, которые будут существовать в будущем, быть использованы для построения материалов компьютеров, которые могут реализовывать сложные программы; будет ли достаточно энергии в окружающей среде для выполнения программ и существуют ли ограничения на их выполнение?“ [1, p. 659].

Дальнейшее развитие ФАП состоит в обосновании такой возможности. Ф. Типлер строит модель развития Вселенной, в которой реализуются требуемые свойства „вечности жизни“. Важным является то, что такая модель приводит к выводу о необходимости колонизации космоса в поисках все новых и новых источников энергии для генерации информации. Результатом этого процесса будет тотальное освоение Вселенной, приход ее в „точку Омега“ с бесконечной информативной определенностью.

В финале Вселенной — „точке Омега“ — сходятся мировые линии всех событий, происходивших когда-либо во Вселенной, в пространстве-времени. В этом смысле „точка Омега“ содержит информацию о всем физическом пространстве-времени. С другой стороны, она является границей физического пространства-времени, как его пополнение и, следовательно, уже выходит за его пределы. Итак, „жизнь“ в „точке Омега“ в рамках развиваемого подхода, становится вечной, поскольку такая „жизнь“ не обладает уже ни атрибутом пространственности, ни внешнего времени. Эта „жизнь“ является вечной потому, что в ней заложена вся бесконечная информация обо всем, не подверженная никаким изменениям с точки зрения какого-либо внешнего пространства и времени (по сути приход в „точку Омега“ сопровождается исчезновением „внешнего“ для жизни пространства и времени).

Достижение „точки Омега“ возможно только в такой Вселенной, где отсутствуют горизонты событий. Поскольку с математической точки зрения мера множества начальных условий для решений уравнений эволюции Вселенной, содержащих в будущем „точку Омега“, равна нулю, то, очевидно, что „естественная“ реализация сценария развития разума и структуры Вселенной к „точке Омега“ практически невероятна. Но для других типов эволюции горизонты событий присутствуют с неизбежностью, а поэтому осуществить то-

тальную коммуникацию во Вселенной до того, как она придет к конечной сингулярности, т.е. будет разрушена, невозможно. Отсюда становится понятным то, на чем настаивает ФАП — это „своевременный” конец Вселенной, который должен быть „точкой Омега” (именно такой финал является этически приемлемым с точки зрения доктрины „вечности жизни”). В связи с этим становится также понятным с новой точки зрения пафос утверждения ФАП о том, что „жизнь в конечном итоге существует для того, чтобы предотвратить Вселенную от саморазрушения” [1, р. 674]; это соответствует активному приведению физических структур Вселенной к надлежащему, с точки зрения „вечности жизни”, состоянию — „точке Омега”

Таким образом, мы видим, что основное „требование” ФАП — „вечность жизни” — приводит к экспликации в современном космологическом сценарии новых форм финализма, телеологизма и эсхатологизма. Действительно, если встать на точку зрения естественного развития Вселенной к „точке Омега”, то это равносильно тому, что финал Вселенной заложен в начальных условиях ее развития. Таким образом целевое развитие к „точке Омега” преддетерминировано уже в начальной космологической сингулярности.

Поскольку такой „пассивный” вариант развития маловероятен, то достижение „точки Омега” должно осуществляться в активной форме: „финал” Вселенной должен быть подготовлен самой „жизнью” для ее же вечности. Здесь отчетливо прослеживаются как активное разумное целеполагание — достижение „точки Омега”, так и элементы эсхатологизма, ибо цель — „вечная жизнь”!

Присмотримся теперь поближе к тому, что же представляет собою финал Вселенной и „вечность жизни” с точки зрения „антропности”, исходно заложенных в нем посылок и представлений о физической структуре Вселенной, которая исходно выступает как внешняя среда для „жизни”. Очевидно, что, с одной стороны, широко понимаемая „жизнь” приспосабливается к физическим структурам будущей Вселенной. С другой стороны, сама структура Вселенной преднамеренно изменяется деятельностью разума для обеспечения возможности его же функционирования. Если воспользоваться терминологией социального взаимодействия и пространства-времени, то станет понятным, что сценарий развития „жизни”, предложенный концепцией ФАП, предполагает, что интенсивность взаимодействия в „постсоциальном” сообществе в определенной мере превысит взаимодействие со средой, т.е. с физической структурой Вселенной. Изменение параметров крупномасштабной структуры Вселенной выступит как проявление внутреннего „постсоциально-

го” взаимодействия. Таким образом, исходно внешняя форма „пост-социального” пространства-времени сольется с внутренней формой, а точнее, будет снята последней. Это означает, что „внешней” по отношению к „постсоциуму” среды, физического пространства не будет. Все атрибуты реальности будут носить характер определенности тотальной формы „жизни” для разума. Можно сказать, что такая Вселенная не будет „антропной”, ибо сами антропологические константы, подразумевающие в своем основании биологическую и физическую формы реальности, исчезнут. Таким образом Вселенная в „точке Омега” теряет свою природную определенность: „когда жизнь полностью поглотит всю Вселенную, она будет вбирать все больше и больше вещества в себя и различие между живой и неживой материей потеряет свое значение” [2, р. 322].

Последовательное логическое развитие идеи „вечности жизни” в концепции ФАП приводит к тому, что „вечность жизни” снимает тотально всю определенность Природы. Такая точка зрения на процессы развития во Вселенной соответствует методологии глобального эволюционизма. Известно к чему это приводит в масштабах Земли: подчинение природы целям Homo sapiens привело к экологическому кризису. Что же будет с Природой при применении этой методологии к масштабам Вселенной? Не приведет ли это к аналогичному „космологическому кризису”? Постановкой этого вопроса мы фактически затронули проблему философско-методологического статуса ФАП. Действительно, очевидно, что максимум, на что может претендовать ФАП в своей исходной формулировке, так это на статус „метаумозрительного” принципа (терминология работы [3]). Метаумозрительный принцип может быть метатеоретическим, либо метаспекулятивным. Если бы даже ФАП предсказывал определенную методологию освоения Вселенной, которая реализовывала бы исходные его посылки, то проверить правильность этой методологии было бы невозможно в силу глобальности предметной области, где ее реализация должна быть опробована. Таким образом, претензия ФАП на метатеоретичность отвергается сразу же. Однако эвристическая роль концепции ФАП может быть оценена при сужении предметной области ее применения: например, ограничившись масштабами Земли и поставив проблематику ФАП в один ряд с проблемами глобальной экологии. Тогда методологические следствия ФАП можно было бы внедрять в конкретную практику природопользования, решая при этом задачу выживания человечества и сохранения природы.

Если в ФАП космическое предназначение человека состоит в „поддержании” структуры Вселенной в пригодном для разума виде,

несмотря на то, что в финале природная определенность ее теряется, то в концепции „космологии духа” Э. Ильенкова [4] „мыслящий дух” во Вселенной выполняет функцию катализатора мировой катастрофы, взрыва Вселенной, приведения ее к коллапсу в конечной сингулярности. В таком „огненном омоложении” Вселенной происходит возрождение мыслящего духа в новом цикле развития, поскольку полагается, что „мышление” носит атрибутивный характер. Здесь прослеживается такой же, как и в ФАП мотив: преобразование структуры Вселенной для целей социальной формы движения материи — в данном случае для бессмертия „мыслящего духа”, перевоплощающегося в новой Вселенной. Здесь опять налицо посылка глобального эволюционизма — снятие структуры природы вмешательством сил разума посредством сознательно организованного „космологического кризиса”

Трактовка финала человечества, основанная на безграничной экспансии человечества в Космос и его переустройстве со всеми вытекающими отсюда последствиями, не является единственной. Например, Тейяр де Шарден, рассуждая о будущем ноосферы, скептически относился к возможности выхода жизни за пределы Земли и смыкания нашей ноосферы с „ноосферами” других космических цивилизаций: „...я предполагаю, что нашей ноосфере предназначено обособленно замкнуться в себе и что не в пространственном, а в психическом направлении она найдет, не покидая Земли и не выходя за ее пределы, линию своего бегства” [5, р. 287]. Очевидно, что метаэтическим основанием финализма Тейяра является христианская идея человека как богоподобного существа, а высшей ценностью выступает Христианский Бог. Точка Омега в концепции Тейяра де Шардена есть цель и финал развития человечества в его духовном становлении и это есть Бог.

Интересно сравнить тейяровское понимание точки Омега с концепцией „точки Омега” в ФАП Ф. Типлера. Ф. Типлер наделяет свою „точку Омега” атрибутами „вездесущности” (omnipresence), что означает эквивалентность „точки Омега” всему физическому пространству-времени, результатом эволюции которого она является, „всемогушества” (omnipotence — контроль над „жизнью” вблизи „точки Омега” всех форм вещества и энергии), „всведения” (omniscience — бесконечная информация обо всех событиях, имевших место во Вселенной); далее он делает еще один шаг и объявляет, что „теория точки Омега” (т.е. концепция ФАП) „естественно приводит к модели разворачивающегося Бога” [2, р. 323]. Итак, именно „разворачивающийся Бог” (evolving God) является целью и финалом

жизни во Вселенной в своем стремлении к вечности. Концепция ФАП и „развертывающегося Бога” Ф. Типлера позволяют с определенностью говорить о новом активно-творческом эсхатологизме (терминология Н.А. Бердяева [6]): „жизнь в конечном итоге существует для того, чтобы предотвратить Вселенную от саморазрушения” [1, р. 674] для того, чтобы была достижима „точка Омега”, чтобы был достижим через свое развертывание Бог. Мы видим, что ФАП или идея „развертывающегося Бога” выступают как метаэтический принцип: он положен в основание натуралистической этики — „ценности связаны с жизнью и поскольку ценностью является сохраниться во Вселенной, жизнь должна существовать неограниченно; законы физики должны позволить всегда жизни продолжаться” [2, р. 315]. Поскольку в ФАП основным онтологическим уровнем бытия считается физическая реальность, то модель „развертывающегося Бога” является логическим развитием физических идей и представлений о роли наблюдателя во Вселенной. „Развертывание Бога” есть придание реальности (в смысле „to bring into being”) Вселенной в духе идеи соучаствующей Вселенной А.Дж. Уилера. В связи с этим возможен синтез АПУ и ФАП в виде следующей концепции: наблюдатели необходимы в настоящем, будущем для тотального существования Вселенной. Придание бытию Вселенной тотальной реальности возможно только в том случае, если реализуются предпосылки ФАП. В противном случае о существовании Вселенной можно будет говорить только в ограниченном пространственно-временном масштабе горизонта событий смысле.

Итак, „развертывающийся Бог” Ф. Типлера не есть Христианский Бог Тейяра де Шардена. С точки зрения Ф. Типлера идея Верховного существа, дающего основание бытию Вселенной вообще является излишней. Однако вспомним, что развертывание Бога в ФАП — фактическое снятие природной реальности всей Вселенной. У Тейяра де Шардена природа не „приносится в жертву” ради вечности жизни, судьба ее остается неопределенной.

Мы видим, что в основании ФАП и „космологии духа” Э.В. Ильенкова лежит предпосылка экспансии технологически развитой цивилизации в космос. При этом кроме поставленной выше проблемы о негативном влиянии на крупномасштабные свойства Вселенной „в своих собственных целях” [7, р. 447], которое может привести к „космологическому кризису”, возникает еще одна проблема, имеющая нормативно-этический характер, но уже не в масштабах Земли, а всей Вселенной. Дело в том, что „космологический кризис” может поставить под угрозу существование не только ви. да Ното

sapiens и его продолжателей, но и других живых, разумных веществ, которые могут существовать во Вселенной. В этом случае можно говорить об агрессивной роли колонизации космоса человеком. Поэтому, по-видимому, правильно будет сформулировать новый метаэтический принцип: финал человечества должен быть таким, чтобы учитывались не только его интересы, но и выполнялись моральные нормы по отношению к коллективному разуму Вселенной. Таким образом, должен быть выработан новый „космологический императив” типа „Не убий!” Реализация этого принципа предложена в „прогенетивной концепции” [8, р. 262], где предлагается снять необходимость экспансии человека в космос подготовкой нового цикла развития человечества, в котором „постлюди”, „потерявшие свою биологическую структуру, т.е. ставшие полностью технологическими” [8, р. 263], смогут разумно регулировать воспроизводимость человечества, т.е. решить демографическую проблему и отказаться от экспансии. Как видно, финал собственно человечества, т.е. социально-антропологического сообщества, носит здесь чисто земной характер; преобразование структуры Вселенной будет являться уже делом „постчеловеческого”, неантропологического сообщества, так что финализм в „прогенетивной концепции” не будет содержать предиката антропности.

Все приведенные нами примеры так называемой философии „космизма” содержат глубокие этические проблемы. Очевидно, что онтологического основания только на уровне физической реальности проблемы цели и финала „жизни” и Вселенной явно недостаточно, т.е. более глубоким основанием как ФАП, так и „космологии духа” служат определенные философские и метаэтические принципы. Сами по себе эти принципы уже не принадлежат сфере физической реальности, а относятся к сфере реальности социально-исторической, внутри которой пересекается глобально-экологическая, социально-политическая и морально-духовная проблематика. Таким образом финализм, телеологизм и эсхатологизм современной космологии имеют в общем земные корни, т.е. является определенным современным типом социализации Вселенной, реализующим тот архетип в научном мышлении, о котором говорилось выше.

Еще большая социальная значимость концепций философии „космизма”, в том числе ФАП и „космологии духа”, становится понятной с точки зрения критики космизма, которая осуществлялась в период становления идей К.Э. Циолковского и В.И. Вернадского. Н.А. Бердяев называл круг идей, связанных с „космизмом” „космическим прельщением”. „То, что я называю космическим прельще-

нием, есть экстатический выход за пределы личного существования в космическую стихию, надежда на приобщение к этой первостихии. На этом были основаны все оргиастические культы. Но это всегда было не столько выходом из замкнутого существования личности к мировому общению сколько снятием самой формы личности, и ее растворением. Это есть порабощение человека космосом, основанное на иллюзии приобщения к его внутренней бесконечной жизни"... слияние с космической жизнью не освобождает личность, а растворяет и уничтожает ее... общество внедряется в космос, понимается как организм, имеющий космическую основу. При этом личность неизбежно подчинена и порабощена органическому и в конце концов космическому целому, человек становится лишь органом и отменяются все свободы человека, связанные с его духовной независимостью от общества и природы" [6, с. 86]. Апология космизма, по сути, есть призыв к такой „жизни“, которая к НАМ-людям никакого отношения не имеет. Апология космизма есть апология постчеловека с его интересами, задачами и целями. Снятие актуальных интересов под маркой проповеди бесконечной космической жизни „имеет роковые последствия в социальной жизни; в отношениях личности и общества" [6, с. 86]. Мы рассматривали примеры этого в контексте ФАП и „космологии духа" в связи с идеологией глобального эволюционизма. Христианская философия, в лице того же Н.А. Бердяева, дает свою этическую версию финала человека, а тем самым и природы, за которую он, как богоподобное существо, несет ответственность: это есть активно-творческий апокалипсис, выход из физического и исторического времени, но с главным отличием от космической философии – сохранением персоналистического плана человека и, следовательно, пониманием апокалипсиса во времени экзистенциальном.

Что дает сказанное для уточнения и придания еще более философски и этически обоснованного звучания ФАП? То, что христианское представление о будущей жизни во Вселенной включает не только определенное устройство мира как модуса бытия, но и Мира как состояния Космоса (Мир-ирини). Развитие человечества, его деятельность во Вселенной есть осуществление Мира-ирини, оно служит целью и смыслом жизни человека. Метаэтическим принципом здесь выступает принятие ответственности за мир: „понятие ответственности за мир (ирини) в сущности совпадает с понятием ответственности за мир (космос) ...христианская ответственность за мир (ирини) есть в то же время самая глубокая и полная христианская ответственность за человека, за человечество, за человечность" [9, с. 274].

Итак, развитие современных концепций космологического финализма и эсхатологизма приводит к стремлению, наряду с чисто физико-математическим содержанием этих концепций, рассматривать философские и этические проблемы, выходящие за рамки собственно космологии. Такие концепции как ФАП и „космология духа” ставят по-новому вопрос о космическом предназначении человека, о его роли и перспективах жизни во Вселенной. И здесь возможна метаэтическая альтернатива: либо „вечная жизнь” в преобразованной, а может быть, и разрушенной Вселенной, либо же такой финал человечества, при котором сохраняется природа, Вселенная, возможно жизнь других обитаемых миров и поддерживается Мир во Вселенной.

Актуальным разрушением этой космологической альтернативы в земном приложении может считаться выбор в подходе к развитию человечества и биосферы: либо глобальный эволюционизм, либо коэволюция природы и общества.

Литература

1. *Barrow T.D., Tipler F.T.* The Anthropic Cosmological Principle. Oxford. 1986.
2. *Tipler F.T.* The Omega point theory: a model of an evolving God // Philosophy and Theology: a common quest for understanding. Vatican. 1988. P. 313-332.
3. *Бранский В.П.* Философские основания проблемы синтеза релятивистских и квантовых принципов. Л., 1973.
4. *Ильенков Э.В.* Космология духа // Наука и религия. 1988. N 8, 9.
5. *Teilhard de Chardin.* The phenomen of man. New York. 1965.
6. *Бердяев Н.* О рабстве и свободе человека. Париж. 1939.
7. *Dyson F.* Time without end: physics and biology in an open Universe // Rev. Modern Physics. 1979. V. 51. P. 447.
8. *Hebon B.A.* Rational goal for mankind: progenitive conception // J. of British interplanetary Society. 1985. V. 38.
9. *Овсянников С.А.* К истокам традиции „богословия мира” в Ленинградской Духовной Академии // Богословские труды (Сб., посвящ. 175-летию ЛДА). М., 1986. С. 269-280.

IV. АСТРОСОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС В НАУЧНОЙ КАРТИНЕ МИРА И ПРОБЛЕМА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Л.М. Гиндилис

Астросоциологический парадокс в проблеме SETI*

Введение

Под астросоциологическим парадоксом (АС-парадокс, или сокращенно АСП) понимается противоречие между широко распространенными представлениями о множественности внеземных цивилизаций (ВЦ) и отсутствием явных проявлений их деятельности. В узком смысле его связывают с отрицательными результатами SETI-экспериментов (слабая форма АСП); в более широком смысле – с отсутствием любых наблюдаемых проявлений деятельности ВЦ в космическом пространстве; в этой форме АС-парадокс называют также парадоксом Молчания Вселенной (или Великого Молчания). В наиболее сильной форме он трактуется как противоречие между предпо-

* Настоящая статья написана на основе доклада, прочитанного автором в октябре 1987 г. на Всесоюзном симпозиуме по мировоззренческим и общенаучным основаниям проблемы поиска внеземного разума („Вильнюс: SETI – 87”), который проходил на астрономической обсерватории Института физики АН Лит.ССР [1]. Позже мною совместно с Г.М. Рудницким был представлен вариант этого доклада на советско-американскую конференцию SETI (Санта Круз, Калифорния, август, 1991), адаптированный к интересам этой конференции [2]. Данная статья, несколько расширенная и дополненная по сравнению с первоначальным текстом, представляет собой обобщенные этих материалов.

лагаемой множественностью ВЦ и отсутствием колонизации, или хотя бы следов деятельности, инопланетян на Земле (парадокс Ферми).

В отличие от чисто логических противоречий (антиномий), АС-парадокс (если он, в действительности, имеет место) должен относиться к классу противоречий между теорией и экспериментом. Такие противоречия, вообще говоря, обычны и составляют неотъемлемую часть процесса развития науки. Почему же тогда в некоторых случаях все же гонорят о парадоксе? Вероятно, это делается тогда, когда противоречия касаются фундаментальных теорий (или принципов), ранее надежно обоснованных и проверенных. Разумеется, факты, противоречащие этим принципам, также должны быть точно установленными, доказанными. То есть, речь идет о противоречии между точно установленными фактами и надежно обоснованными, проверенными теориями. Хорошей иллюстрацией сказанному могут служить известные космологические парадоксы. Например, фотометрический парадокс Ольберса отражает противоречие между тем фактом, что небо ночью является темным, и теорией бесконечной, однородной, стационарной Вселенной, согласно которой небо должно иметь яркость, сравнимую с яркостью диска Солнца (ибо в такой Вселенной на любом луче зрения мы должны видеть поверхность какой-либо звезды). Таким образом, здесь имеются все три компонента парадокса: твердо установленный факт, хорошо обоснованная теория и противоречие между ними. Для преодоления фотометрического парадокса предлагались различные искусственные приемы, пока, наконец, он не получил естественного разрешения в независимой возникшей теории расширяющейся Вселенной.

В проблеме АСП дело обстоит иначе: здесь нет ни належно установленных фактов, ни достаточно обоснованной теории, и не всегда можно выявить противоречие между „теорией” и фактами. Тем не менее, существуют попытки вывести из АС-парадокса далеко идущие следствия. Например: наша цивилизация единственная; или — она самая передовая, самая развития во Вселенной (или, по крайней мере, в нашей Галактике). Делаются и другие выводы: о короткой шкале жизни цивилизаций и т.д. В какой степени эти выводы можно считать правомерными?

Необходимо, видимо, разобраться более детально во всех аспектах, и во всех составляющих АС-парадокса:

- а) существует ли твердо установленный факт, лежащий в основе этого парадокса;
- б) если да, то чему (каким теоретическим представлениям) он противоречит;

- в) можно ли считать противоречие настолько фундаментальным, чтобы было оправданным говорить о парадоксе;
- г) какие выводы в отношении ВЦ (и SETI) можно извлечь из анализа этого парадокса?

Факт, который лежит в основании АСП, состоит в отсутствии видимых следов проявления ВЦ. Будем называть его в дальнейшем „основным фактом” Можно ли считать этот факт твердо установленным? Мы, действительно, как будто бы не имеем убедительных доказательств наличия каких-либо проявлений деятельности ВЦ. Но отсутствие доказательств не есть доказательство отсутствия. Это принципиальная трудность: можно установить наличие проявлений, но нельзя строго доказать их отсутствие. Предположим, однако, что нам это удалось. Даже в этом предположении формулировка АСП остается недостаточно корректной, ибо отсутствие видимых проявлений ВЦ не эквивалентно отсутствию самих ВЦ. Например, как отмечает С. Лем, мы можем не замечать присутствия Разума не потому, что его нет, а потому, что он „ведет себя не так, как мы ожидаем” [3, с. 101]. (“Если кто-то считает, — пишет Лем, — что бывают лишь хвойные деревья, то он и в густой дубраве не найдет древес” [3, с. 103]. Еще одна возможность была указана Дж. Боллом — это его „Зоогипотеза”, согласно которой мы находимся как бы в заповеднике высокоразвитых внеземных цивилизаций, которые незаметно изучают нас, умышленно скрывая от нас свое существование [4].

Обратимся к попыткам объяснения основного факта (в предположении, что он имеет место). Зададимся вопросом — почему мы не наблюдаем проявлений деятельности ВЦ (почему мы не наблюдаем радиосигналов, космических чудес и т.д.)? В такой постановке сохранится существенная неточность. Действительно, может существовать множество причин, по которым мы не наблюдаем сигналы ВЦ. Например, недостаточная чувствительность приемной аппаратуры. Если это так, то никакого парадокса не возникает, ибо нет факта, противоречащего теоретическим представлениям о множественности ВЦ. Более строго вопрос следовало бы поставить так: почему *отсутствуют* проявления деятельности ВЦ (почему отсутствуют радиосигналы, космические чудеса и т.д.)? При такой постановке мы предполагаем факт отсутствия проявлений ВЦ (наш „основной факт”) установленным и пытаемся найти ему объяснение. Самое простое объяснение состоит в том, что ВЦ не существуют. Если это

объяснение единственное*, если нет других объяснений, то тогда (но только тогда!) мы действительно сталкиваемся с противоречием между основным фактом и теоретическими представлениями о множественности ВЦ. Для того, чтобы в этом случае можно было говорить о парадоксе, остается еще выяснить, насколько обоснованы (насколько фундаментальными являются) представления о множественности ВЦ. Если ко всем сделанным допущениям прибавить еще одно — что они обоснованы достаточно хорошо, то при всех этих предположениях парадокс, действительно, имеет место. Приведенный ответ (ВЦ не существуют, наша цивилизация единственная) снимает противоречие и может рассматриваться как „решение” парадокса.

Если же существует спектр возможных объяснений (а ниже будет показано, что это так), то ни о каком противоречии с множественностью ВЦ (ни о каком АС-парадоксе) говорить не приходится, ибо альтернативные варианты означают объяснение основного факта при наличии множества ВЦ.

Пытаясь разрешить (несуществующее на самом деле) противоречие, предположением об уникальности нашей цивилизации, мы сталкиваемся с совершенно неожиданной (парадоксальной!) ситуацией, ибо это предположение вступает в противоречие с „принципом посредственности”**. То есть, попытка снять один парадокс (между „теорией” и наблюдениями) приводит к новому парадоксу (между „откорректированной теорией” и мировоззренческим принципом). Таким образом, своеобразный парадокс содержится в самой попытке найти решение АС-парадокса. По мнению М. Папаянниса, именно, это противоречие между принципом посредственности и выводом об уникальности нашей цивилизации составляет суть АСП [5].

Перечислим упомянутые в этом разделе объяснения „основного факта”, которые можно рассматривать как решения АС-парадокса: 1) наша цивилизация единственная, 2) она самая передовая, 3) цивилизаций много, но они недолговечны, 4) космический разум ведет себя не так, как мы ожидаем, 5) „Зоогипотеза” Дж. Болла. Если бы какое-то из этих объяснений было единственно возможным, мы могли бы рассматривать его как решение парадокса и могли бы сле-

* Что само по себе представляет очень сильное утверждение, ибо гораздо проще найти решение, чем доказать его единственность, — для этого требуется хорошо развитая теория.

** Принцип посредственности (его называют также принципом Коперника-Бруно) утверждает, что ни Земля, ни Солнце никаким образом не выделены во Вселенной; нет ничего специфического, что могло бы отличить нашу Солнечную систему среди сотен миллиардов других звездных систем в Галактике.

дать соответствующее однозначное заключение о характере ВЦ. Но поскольку имеется спектр возможных объяснений, возникает совершенно иная логическая ситуация – ситуация выбора между гипотезами. Мы рассмотрим ее в заключительном разделе.

Приведенные решения (1) – (5) применимы ко всем формам АС-парадокса. Рассмотрим теперь каждую форму АСП в отдельности и постараемся проанализировать ее с точки зрения факторов (а) – (г).

1. Отрицательные результаты SETI-экспериментов.

Слабая форма АСП

Отрицательные результаты SETI-экспериментов не дают никаких оснований для заключения об отсутствии видимых проявлений деятельности ВЦ. В этой области сделаны лишь самые первые шаги. Если взять наиболее развитое направление SETI – поиск радиосигналов, то и здесь еще не предпринимались планомерные систематические исследования, способные обеспечить успех поиска, не говоря уже о поисках в других областях электромагнитных волн. Отсутствие положительного результата может быть связано и с несовершенством аппаратуры (в частности, с недостаточной чувствительностью приемников) и с недостаточно широким размахом исследований. Хорошо известны оценки Дж. Тартер, согласно которым к началу 80-х годов в результате проведенных SETI-экспериментов была заполнена лишь доля 10^{-17} от всего подлежащего исследованию многопараметрического „пространства поиска” [6]. Причем эта оценка, учитывающая лишь часть параметров, скорее всего завышена.

Одним из важных аргументов в пользу уникальности нашей цивилизации И.С. Шкловский считал то обстоятельство, что в соседних галактиках не обнаружены радиоисточники, соответствующие по мощности цивилизациям II-го (и тем более III-его) типа. Проанализировав излучение галактики М 31 (Туманность Андромеды), он пришел к выводу, что если там есть передающая ВЦ, мощность ее передатчиков должна быть, по крайней мере, в миллион раз меньше полной болометрической светимости Солнца, что для цивилизаций II типа совсем немного [7]. Однако, как указывает сам Шкловский, аргументы такого рода не являются строгим доказательством отсутствия сверхцивилизаций. „Ведь последние могут использовать для межзвездной связи и меньшие мощности или, вообще, придерживаться другой стратегии...” [7, с. 91].

Возможность создания всенаправленного радиомаяка большой мощности была детально проанализирована В.С. Троицким, который пришел к выводу, что в силу определенных физических, технических и экологических ограничений, мощность передатчика не может превышать 10^{18} Вт, что на 8 порядков меньше, чем предполагаемая мощность изотропного излучения цивилизации II типа [8]. Может быть, слабой стороной этих оценок можно считать то, что Троицкий опирался на известную нам или предвидимую технологию будущего. Возможно такой путь не вполне адекватен, когда речь идет о цивилизациях столь высокого уровня развития. Как бы там ни было, даже если доводы Шкловского в отношении цивилизаций II типа остаются в силе, их нельзя считать убедительным аргументом в пользу уникальности нашей цивилизации, ибо отсутствие цивилизаций II типа не эквивалентно отсутствию внеземных цивилизаций, вообще. Более того, это не означает отсутствие высокоразвитых цивилизаций, ведь высокое развитие, говоря словами С. Лема, может означать вовсе не огромную энергию, а лучшее регулирование. Отметим, что согласно моделям космических цивилизаций Л.В. Лескова (см. следующий раздел), существование цивилизаций II и III типа, вообще, маловероятно.

Отсутствие радиосигналов может быть связано и с другими обстоятельствами. В поисках радиосигналов наметились два направления: попытка поймать сигналы, предназначенные для внутренних нужд ВЦ (“подслушивание”) и поиск сигналов, специально, предназначенных для установления связи. Имея в виду первую задачу, надо учитывать, что высокоразвитые ВЦ могут (и наверняка будут) использовать для своих внутренних коммуникаций такие средства и методы, которые не приводят к бесполезному рассеиванию энергии в космическое пространство (т.е. могут использоваться что-то вроде наших радиорелейных линий, световодов и т.п.). При таких условиях „подслушивание” становится практически безнадежным.

Что касается сигналов, специально предназначенных для установления связи, то задача состоит в том, чтобы не только обнаружить сигнал, но и убедиться в его искусственном происхождении (это справедливо и для сигнала „подслушивания”). Для этого надо опираться на какие-то *критерии искусственности*. На начальном этапе становления проблемы SETI Н.С. Кардашев сформулировал некоторые астрофизические критерии: малые угловые размеры источника излучения, характерное спектральное распределение мощности, переменность потока радиоизлучения во времени, наличие круговой поляризации [9]. Ряд авторов предлагал еще высокую степень

монохроматичности. Все эти критерии строились по одному принципу: они включали признаки, которыми, согласно нашим представлениям, должен обладать искусственный источник, и которыми, не может (опять-таки, согласно существовавшим в то время представлениям) обладать естественный источник радиоизлучения. Однако вскоре после того, как эти критерии были сформулированы, были открыты естественные источники радиоизлучения нового типа, удовлетворявшие всем перечисленным критериям. Таким образом оказалось, что астрофизические критерии, хотя и являются необходимыми, не могут рассматриваться как достаточные критерии искусственности. Они сохраняют свое значение для предварительного отбора „подозреваемых” источников, но не могут иметь окончательной силы.

Высказывались надежды, что более строгие критерии можно получить на основе изучения статистических свойств излучения, поскольку статистическая структура сигнала должна отличаться от статистических свойств шума (а естественные источники имеют шумовую природу). Однако более детальное рассмотрение показало, что и здесь нельзя получить однозначное решение. С одной стороны, оптимально закодированный сигнал (согласно теореме Шеннона) по своим статистическим свойствам не отличается от белого шума. С другой стороны, были открыты естественные источники когерентного излучения, которые, в принципе, могут иметь негауссовы характеристики.

Общая трудность, с которой мы сталкиваемся в этой проблеме, состоит в следующем. Генерируя электромагнитные волны, цивилизация использует естественный механизм излучения; поэтому любые физические характеристики сигнала, давая сведения о механизме излучения, не могут дать однозначного доказательства, что этот механизм был запущен искусственно. В связи с этим нами было высказано предположение, что единственным достаточно строгим и убедительным критерием искусственного сигнала является наличие в нем смысловой содержательной информации [10].

Выделение содержательной информации приводит к проблеме понимания смысла сообщения или возможности семантического контакта между цивилизациями. Эта проблема рассматривалась Б.Н. Пановкиным, который полагал, что трудности, связанные с проблемой взаимопонимания при контакте по радиоканалам (когда мы не связаны с ВЦ единым контекстом деятельности) практически непреодолимы; контакт в этом случае возможен лишь с крайне антропоморфными цивилизациями [11-12]. Наиболее полное об

этой проблемы, включая критику концепции Б.Н. Пановкина, содержится в монографии В.В. Рубцова и А.Д. Урсула [13].

Перечисленные трудности обнаружения и идентификации радиосигналов показывают, что, в рамках слабой формы АСП, мы не можем считать „основной факт“ (отсутствие видимых проявлений ВЦ) твердо установленным. Более того, пока нет никаких оснований даже поднимать вопрос об отсутствии таких проявлений.

Если бы однако этот факт удалось установить совершенно точно, мы столкнулись бы с проблемой неоднозначности его интерпретации. Прежде всего, не ясно на какую мощность излучения мы можем рассчитывать. Помимо энергетических возможностей ВЦ, мощность, как отмечает В.С. Троицкий, может быть ограничена из экологических соображений [8]. Далее, следует учитывать и возможность использования каналов неэлектромагнитной природы: нейтринно, гравитационные волны, модулированные корпускулярные потоки и др.; этот вопрос подробно анализировался М. Суботовичем и З. Папротным [14]. Особый интерес (и особую трудность) для интерпретации SETI-экспериментов представляет возможность существования каналов связи, основанных на пока неизвестных нам законах природы. А наличие таких законов представляется несомненным, ибо альтернативная точка зрения означала бы, что мы полностью познали неисчерпаемый материальный мир. Наконец, ВЦ могут, попросту, не передавать нам никаких сигналов (ввиду нашей недостаточной зрелости или по другим причинам); можно рассматривать эту ситуацию как разновидность „зоогипотезы“ или как самостоятельную гипотезу.

Итак, в дополнение к возможным объяснениям (1) – (5), которые были приведены в предыдущем разделе, мы можем добавить еще четыре: 6) ограниченная мощность передатчика (или недостаточная чувствительность приемной аппаратуры); 7) мы не знаем критериев искусственности и потому не можем распознавать сигнал, не можем отличить его от естественного излучения; 8) ВЦ используют неэлектромагнитные (в том числе неизвестные нам) каналы связи; 9) ВЦ не посылают никаких сигналов.

В силу такой неоднозначности в интерпретации „основного факта“ (даже если бы он был твердо установлен!), проблема парадокса, по существу, снимается. Никакого парадокса здесь нет. Ведутся поиски, которые пока не увенчались успехом, что вполне объяснимо и не позволяет сделать никаких однозначных заключений в отношении ВЦ.

2. Расширительная трактовка АСП. Проблема „космического чуда”

В расширительной трактовке АС-парадокс формулируется обычно следующим образом. Уже сейчас сфера деятельности человечества не ограничивается масштабами земного шара и все в большей степени становится фактором космического значения. Если допустить существование цивилизаций, более развитых чем наша, то, казалось бы, правомерно поставить такой вопрос: не наблюдаются ли во Вселенной следы деятельности таких более развитых цивилизаций? Не наблюдаются ли какие-то „чудесные”, „сверхъестественные” явления в космосе, которые могут свидетельствовать о сознательной деятельности разумных существ? Это и есть проблема „космического чуда”, выдвинутая И.С. Шкловским [15]. В практическом плане, она сводится к поискам следов астроинженерной деятельности ВЦ.

При анализе ее, прежде всего, возникает вопрос о масштабах технологической деятельности ВЦ (применительно к слабой форме АСП, это уже упоминавшаяся нами проблема мощности передатчика, но здесь она ставится более широко). Проблема тесно связана с представлениями о характере и уровнях развития ВЦ. Один из путей ее решения (практически он пока остается единственным) состоит в изучении и прогнозировании наиболее общих тенденций развития нашей земной цивилизации. Здесь проблема ВЦ тесно смыкается с глобалистикой и футурологией. Важная особенность приложения последней к проблеме ВЦ состоит в необходимости глобально-космической точки зрения, для которой многие важные детали развития человеческого общества (применительно к проблеме ВЦ) не имеют существенного значения. Например, при изучении энергетического потенциала цивилизаций можно не интересоваться изменением энергетического баланса или деталями размещения энергетических ресурсов на Земле. Важно лишь общее количество энергии, которое может использовать технически развитая цивилизация, не входя в противоречие с законами физики и не нарушая экологического равновесия. Аналогичный подход в последнее время применяется и в глобалистике. Надо отметить, что исследования в области SETI, в этом отношении, опередили глобалистику примерно на десятилетие, но, конечно, они никогда не доводились до столь подробных моделей.

Хорошо известно, что развитие земной цивилизации в современную эпоху по всем важнейшим характеристикам (рост народона-

селения, рост энергопотребления, накопление продуктов промышленного производства, накопление научной информации) происходит экспоненциально или даже быстрее чем экспоненциально. В какой мере такое развитие можно считать универсальным? Экспоненциальная стадия встречается во многих процессах природы. Как правило, она является переходным этапом в развитии и не может длиться сколь угодно долго. По мере истощения ресурсов, экспоненциальный рост замедляется, и процесс переходит в стадию насыщения (или спада). Совершенно очевидно, что для цивилизаций, развивающихся на своих планетах, экспоненциальная стадия также не может длиться очень долго: неизбежно ограниченные ресурсы площади, вещества и энергии должны быстро исчерпаться при таком развитии.

Очень часто надежда на возможность длительного экспоненциального развития связывается с выходом цивилизаций в Космос. Однако эта надежда неосновательна. Действительно, выход в Космос позволяет удлинить экспоненциальную стадию, но не очень сильно. Простые расчеты показывают, что экспоненциальный рост, даже при весьма умеренных темпах, достаточно быстро приведет к истощению ресурсов Метагалактики. Отсюда можно сделать вывод, что существуют определенные *ограничения*, препятствующие беспредельному экспоненциальному росту цивилизаций. Причем эти ограничения должны сказываться очень скоро после вступления цивилизации в технологическую фазу развития.

Разумеется, это не означает, что должен наступить конец развития. Просто экспоненциальная стадия — явление временное, она сама ограничена определенными естественными причинами. Проблема перехода от экспоненциального к какому-то иному закону развития очень важная проблема футурологии и „теории цивилизаций”. Нет никаких оснований считать, что „послевзрывная” стадия непременно является стадией упадка. Напротив, можно думать, что, начиная с некоторого момента, цивилизация неизбежно переходит от экстенсивного пути развития к *интенсивному*.

Проблема „космического чуда” (в той форме, как она была сформулирована), по существу, базируется на предположении, что развитие цивилизаций идет в направлении ничем неограниченного количественного роста (пусть не столь бурного, как при экспоненте, но все же роста): увеличивается пространственная сфера деятельности, энергия, масса и другие параметры. С. Лем называет это предположение ортоэволюционной гипотезой: будущее понимается лишь как увеличенное настоящее [3]. Между тем, такое развитие не является, конечно, обязательным; более того, оно представляется мало-

вероятным. Можно думать, что по прошествии определенного времени (время роста) цивилизация переходит в характерное для сложных систем состояние гомеостатического равновесия с тонкой регулирующей основных процессов и поддержанием жизненно важных параметров в заданных пределах. Подобная гармония с окружающей средой означает не прекращение развития, а переход на новый, качественно более высокий уровень. Следуя терминологии Лема, этот путь можно было бы назвать неортоэволюционным.

Различные модели развития космических цивилизаций (КЦ), в рамках единого системного подхода, были рассмотрены Л.В. Лесковым [16-18]. Он исходит из двух фундаментальных принципов: принцип гомеостатичности и принципа дифференциации. Последний означает, что эволюция КЦ неизбежно сопровождается последовательной дифференциацией и усложнением ее внутренней структуры. Показано, что даже на технологической стадии „главным, определяющим направлением процесса должно быть интенсивное развитие, которое характеризуется, в первую очередь, качественными изменениями..., а не количественным ростом таких показателей развития, как потребление энергии и материальных ресурсов” [18]. Это происходит за счет перехода к новым, более прогрессивным технологиям, обеспечивающим поддержание равновесия с окружающей средой [17]. Что касается „посттехнологической” стадии, то, хотя трудно представить конкретные черты цивилизации этого типа, можно думать, что гармонизация продолжает совершенствоваться, а на смену процессам дифференциации все в большей мере приходят интеграционные процессы. Эти процессы могут привести к возникновению Метацивилизаций (МЦ) и еще более высоких Иерархических структур. Вероятно, термин „цивилизация” для подобных Иерархий становится мало подходящим, неадекватным.

Важно отметить, что в рассмотренных моделях процесс техноэволюции и при интенсивном развитии оказывается очень кратковременным, порядка $10^4 - 10^5$ лет; т.е. по космическим масштабам он заканчивается практически мгновенно [18]. При этом достигнутый (в процессе техноэволюции) энергетический уровень может быть невелик. Ограничения могут сознательно накладываться ВЦ из экологических соображений, а могут быть естественным следствием интенсивного раз-

* Идея объединения цивилизаций в различной форме высказывалась рядом авторов: „Союзы ближайших солнц, союзы союзов и т.д.” (К.Э. Циолковский), „Великое кольцо” (Н.А. Ефремов), „Галактический клуб” (Р.Брейсуэлл). Л.В. Лесков рассматривает Метацивилизацию как необходимый и закономерный этап эволюции космического разума.

вития, при котором гигантские количества энергии просто не нужны. Поэтому астроинженерная деятельность ВЦ (если она существует) может не достигать обнаружимого, при современных средствах, уровня.

Особо следует подчеркнуть необходимость учета экологических факторов. Реализация далеко идущих планов переустройства планетной системы (сферы Дайсона), не говоря уже об экспериментировании со звездами (“звездные маркеры”), может привести к серьезным экологическим последствиям. В то время, когда были выдвинуты первые астроинженерные проекты, экологическое сознание человечества было еще недостаточно развитым. Негативный опыт, накопленный за эти годы, убедительно показал пагубность пренебрежения экологическими проблемами. Такое пренебрежение, наряду с (отступающей, кажется) угрозой ядерной войны, поставило жизнь на Земле на грань катастрофы. Не следует допускать ту же ошибку по отношению к космической среде обитания. Учет экологических факторов, по всей видимости, должен привести к ограничению астроинженерной деятельности ВЦ или к изменению характера этой деятельности. По-видимому, высокоразвитые ВЦ организуют свою творческую деятельность таким образом и в таких формах, чтобы не нарушать гармонию Вселенной.

Далее, при анализе „космического чуда” мы вновь сталкиваемся с проблемой критериев искусственности. Какова бы не была технология ВЦ, в основе ее лежит использование естественных законов природы. Если речь идет об объектах дальнего космоса (а именно они рассматриваются в проблеме ВЦ), то единственным доступным нам на сегодня источником информации о них является электромагнитное излучение. Применяя методы, принятые в астрофизике, мы можем по наблюдаемому излучению воссоздать физические характеристики процесса, но не можем установить, был ли этот процесс запущен искусственно.

Проблема осложняется еще тем, что естественные испытатели стихийно стоят на позициях *презумпции естественности* (в явном виде этот принцип был выдвинут и сформулирован И.С. Шкловским). Практическое применение его при отсутствии однозначных критериев искусственности приводит к тому, что любое наблюдаемое явление (в том числе и искусственное) будет истолковано как естественный физический процесс.

Презумпция естественности, в рамках естественно-научного изучения, выступает как выражение известного принципа Оккама. Но, как справедливо подчеркивают В.В. Рубцов и А.Д. Урсул, в этих рамках, мы не нуждаемся в подходе со стороны искусственности, по

этому принцип презумпции оказывается неконструктивным. В рамках же астросоциологического исследования, мы заранее должны допустить возможность искусственности изучаемого объекта [13, с. 154]. В согласии с этим, ряд авторов предлагает руководствоваться принципом равноправия, при котором обе гипотезы – о естественном и искусственном происхождении наблюдаемых явлений – принимаются в равной мере допустимыми [19, 20, 21].

Провозглашение равноправия принципиально важно, но практически не снимает трудности интерпретации, так как при наличии удовлетворительного „естественного” объяснения (а это, как правило, в конце концов, всегда удается) приоритет остается все-таки за ним. В.М. Цуриков попытался преодолеть эту трудность, предложив остроумную идею имитации „антиприродного” явления путем посылки пары сигналов, каждый из которых в отдельности вполне может существовать в природе, но вместе они, в данных условиях, существовать не могут [22, 23]. В качестве примера он рассмотрел наличие одновременно в одном источнике красного и синего доплеровского смещения спектральных линий. Но природа оказалась изобретательнее и сразу же после выдвижения этого критерия преподнесла астрономам источник SS-433, обладающий указанным свойством, для которого теоретики довольно скоро нашли удовлетворительное естественное объяснение.

В последние годы Н.С. Кардашев развивает идею обнаружения твердотельных астроинженерных конструкций с помощью космических радиоинтерферометров. Высокая разрешающая способность интерферометров позволяет изучать внутреннюю структуру объектов, что может дать основание для суждения об их искусственной природе, например, ввиду необычной для естественных объектов геометрии и т.д. Это направление, несомненно, может быть весьма плодотворным, но и здесь нас ожидают не меньшие трудности. Некоторые из них носят скорее „психологический характер”, но, тем не менее, они достаточно серьезные.

„Психологические” трудности были остроумно проиллюстрированы И.С. Лисевичем в его выступлении на симпозиуме „Таллин: SETI-81”. Обычно считают, что искусственное явление (в частности сигнал) должно заключать в себе какие-то математические закономерности, указывающие на его разумную природу. (Известно, что еще Гаусс предлагал вырубить в Сибирской тайге гигантский участок леса в виде треугольника, иллюстрирующего теорему Пифагора, чтобы марсиане могли догадаться о существовании разумных обитателей на Земле). Сходные принципы заложены и в современные языки

для межзвездной связи — „Линкос” и др. Возникает вопрос: достаточно ли этих закономерностей, чтобы сделать заключение об искусственной природе сигнала? В этой связи полезно посмотреть, каким образом реагируем мы сами, когда сталкиваемся с подобными необычными закономерностями. В натуральном ряду чисел теорема Пифагора иллюстрируется известным соотношением: $3^2 + 4^2 = 5^2$. Лисевич обращает внимание, что существует не менее замечательное соотношение: $10^2 + 11^2 + 12^2 = 13^2 + 14^2$. Причем сумма квадратов в обеих частях этого равенства равна 365, то есть целому числу дней в году. Готовы ли мы сделать из этого далеко идущие выводы, думаем ли мы, что кто-то сознательно расположил нашу планету на таком расстоянии от Солнца, чтобы период ее обращения был точно в 365 раз больше периода вращения вокруг собственной оси? Нет, конечно, наш „здоровый смысл” подсказывает нам, что это „случайное совпадение”. Другой пример связан со знаменитым „марсианским сфинксом”. Известно, что на некоторых фотографиях поверхности Марса, полученных из Космоса (с борта космического аппарата), видны детали рельефа, напоминающие Египетские пирамиды и даже фигуру Сфинкса. Готовы ли мы принять эти изображения за плоды деятельности каких-то древних марсианских цивилизаций? Опять-таки, нет; наш здравый смысл подсказывает нам, что это просто случайная игра выветривания, с которой мы сталкиваемся и на Земле. С другой стороны, некоторые старые пирамиды, действительно построенные людьми напротив, издали похожи на обычные холмы. Поэтому, если бы на Марсе или каком-нибудь другом небесном теле (не говоря уже о центре Галактики, где Кардашев ожидает обнаружить следы внеземных цивилизаций) и в правду существовали искусственные сооружения, мы, следуя нашей привычной логике, могли бы принять их за обычные естественные образования. Значит, интерпретация закономерностей при анализе „космического чуда” может быть весьма неоднозначной. С другой стороны, эти примеры показывают, что не следует переоценивать значение „здорового смысла”. Пытаясь обнаружить космическое чудо, мы должны быть психологически готовы к самым неожиданным интерпретациям. Скорее всего, объяснения, которые мы ищем, будут очень просты, но они могут идти вразрез с установившимися шаблонами мышления.

Неопределенность, связанная с критериями искусственности, приводит к предположению, что возможно, мы видим следы деятельности ВЦ, но, не понимая этого, приписываем наблюдаемым явлениям искусственное происхождение.

Вероятность подобной ситуации значительно увеличится, если мы примем во внимание, что жизнь и разум, являясь важными атрибутами материи, могут быть существенным фактором эволюции Космоса. Как известно, подобных взглядов придерживался К.Э. Циолковский. Он считал, что высокоразвитые внеземные цивилизации давно освоили наблюдаемую нами область Вселенной и в широких масштабах воздействуют на ход природных естественных процессов. Они могут „сознательно и по новому организовывать материю, регулировать ход естественных событий” [24]. Аналогичных взглядов придерживался и Отто Струве. По его мнению, наука достигла такого уровня, когда при изучении Вселенной „наряду с классическими законами физики, необходимо принимать во внимание деятельность разумных существ” [25]. Различные варианты космокреатики (космогоническое конструирование, создание миров и т.д.) обсуждаются С. Лемом в „Сумме технологии”. Л.В. Лесков рассматривает космокреатику как одну из возможных моделей деятельности внеземного разума, „направленную на фундаментальную перестройку структуры материального мира” [17, с. 39]. Другим направлением (тесно связанным с космокреатикой) может быть самоперестройка – автоэволюция разумной жизни [17, с. 40].

Эти идеи (см. также [26]) показывают, что в настоящее время в научном мышлении происходит важный поворот „от наибольшего достижения классического естествознания – „чисто объективного мира” – к миру, в котором учитывается и соответствующим образом отражается роль социального субъективного фактора” [13, с. 58]. Роль этого фактора может быть достаточно велика, и, тем не менее, мы будем „не замечать” его проявлений, так как давно включили его в свою естественнонаучную картину мира.

В полемике со Шкловским Лем отметил целый ряд трудностей, с которыми мы сталкиваемся в попытках обнаружить „космическое чудо” [27]. В частности, он обратил внимание на то, что у каждой цивилизации, видимо, существует определенный *познавательный горизонт*. В черте этого горизонта находится все, что цивилизация знает и умеет делать. А за горизонтом – то, чего она не знает и о чем даже не может еще помыслить. Если „космическое чудо” относится к этой категории, то оно будет воспринято как естественная загадка.

Итак, мы вновь (как и в случае слабой формы АСП) приходим к выводу, что у нас нет никаких оснований для принятия „основного факта” об отсутствии видимых проявлений ВЦ. Более того, мы, возможно, видим ВЦ, но не осознаем этого. Можно считать это отрица-

нием основного факта, а можно рассматривать как одно из объяснений, снимающих парадокс.

Таким образом, к перечисленным в предыдущих разделах гипотезам (1) – (5) и (6) – (9), можно добавить еще две, объясняющие отсутствие „космического чуда”. 10) Цивилизации развиваются по интенсивному пути, их энергетический уровень не столь велик, и астроинженерная деятельность (если она существует) не достигает обнаружимых при современных средствах пределов; это, по существу, то же самое, что и упомянутый ранее „неортоэволюционный” путь Лема. 11) Мы их наблюдаем, но не осознаем этого, потому что а) мы пока не владеем сами астроинженерной технологией и поэтому не можем распознать ее продукты (С. Лем); б) у нас нет строгих критериев искусственности; в) астрофизики стихийно стоят на позициях презумпции естественности; г) мы не знаем толком что надо искать (Лем); д) „космическое чудо” находится за пределами нашего познавательного горизонта, поэтому мы воспринимаем его как естественную загадку; мы давно включили проявления деятельности ВЦ в свою естественнонаучную картину мира.

Отсюда следует, что отсутствие „чудес” вполне согласуется с разумными представлениями о характере деятельности ВЦ и не приводит ни к какому парадоксу. Лишь при некоторых специальных предположениях – например, ортоэволюционная модель развития (которые еще надо обосновать!), „основной факт” (если он существует!) может приводить к „ажущемуся парадоксу”.

3. Сильная форма АСП. Парадокс Ферми

Говорят, что вопрос „где Они?”, имея в виду посещение Земли Инопланетянами, был задан Энрико Ферми во время завтрака с коллегами по Лос Аламосской лаборатории, летом 1950 года. Вероятно, сотни людей, до и после, задавались тем же вопросом, но, поскольку Ферми был великим физиком, парадокс назвали его именем; правда, произошло это значительно позднее, спустя почти три десятилетия. В 1975 г. М. Харт опубликовал статью „Объяснение отсутствия инопланетян на Земле” [28], в которой пришел к выводу об уникальности нашей цивилизации. Этот вывод (исходя из более широкой аргументации) был поддержан И.С. Шкловским [7]. М. Папаяннис вспоминает [29], что, когда летом 1984 г. он посетил Москву, Шкловский в беседе с ним предложил назвать этот парадокс именем Харта.

Поскольку речь идет о следах посещения Земли, „парадокс Ферми” тесно связан с проблемой межзвездных перелетов. Схема рассуждений, приводящая к парадоксу, строится примерно таким образом. Предположим, что некая цивилизация в процессе развития достигает такого уровня, при котором становятся возможны перелеты к ближайшим звездам. Для простоты можно рассматривать перелеты с нерелятивистскими скоростями (скажем, $0,1 c$), ибо такие полеты не сопряжены ни с какими принципиальными ограничениями. Пусть в некий момент цивилизация снаряжает экспедиции на соседние звезды, расположенные в радиусе 10 световых лет, в которых обнаружены планеты с пригодным для жизни условиям (в сфере такого радиуса можно ожидать несколько подобных звезд). Прибыв на место назначения, экипаж каждого корабля высаживается на соответствующей планете и приступает к ее колонизации. По истечении определенного времени, скажем 1000 лет (учитывая современные темпы развития человечества, этот срок можно считать приемлемым), каждая колония разовьет мощные производительные силы и будет способна послать экспедиции на соседние звезды. Объектом новых экспедиций будут планетные системы, расположенные в сфере радиусом 20 св. лет (точнее, внутри шарового слоя с радиусом от 10 до 20 св. лет). Спустя 1000 лет их потомки оснастят экспедиции к новым мирам и т.д. Получается, что от исходной точки очаги цивилизации распространяются, подобно сферической волне, со скоростью около 10 св. лет за 1000 лет времени (скорость „диффузии” цивилизаций примерно $0,01 c$). Таким образом за несколько миллионов лет вся Галактика будет освоена разумными существами. Модели диффузии цивилизаций могут быть различны, но обычно они приводят к тому же порядку величины: $10^6 - 10^8$ лет на освоение Галактики. По космогоническим масштабам это время очень мало. Можно думать, что дисперсия возраста ВЦ значительно больше.

Почему же тогда мы не видим следов экспансии высокоразвитых внеземных цивилизаций? Рассмотренная схема, конечно, страдает „антропоморфизмом”. Но, если цивилизации обладают более совершенными средствами, „парадокс” только усиливается.

Можно ли утверждать, что отсутствие следов посещения ВЦ является установленным фактом? Применительно к прошлому — это проблема палеовизита; применительно к настоящему, она связывается с НЛО и другими необычными явлениями, которые могут рассматриваться как определенные манифестации Внеземного Разума. Ни в тс. л, ни в другом случае, пока не получены убедительные свидетельства присутствия ВЦ. Однако это не может служить основанием

для парадокса, ибо, как уже отмечалось выше, отсутствие доказательств не есть доказательство отсутствия. По поводу свидетельств имеются разные точки зрения, идет полемика, ведутся исследования; по-видимому, здесь еще рано ставить точку. Трудность состоит в том, что мы не знаем, каково может быть воздействие ВЦ, какие свидетельства нам искать. Обычно имеются в виду памятники материальной и духовной культуры. Большой интерес в этом плане представляет проблема существования *сверхнаучного знания*.

Многочисленные примеры существования сверхнаучных, неправоммерно высоких знаний (в области математики, астрономии, медицины) приведены А.А. Горбовским [30]. Большой интерес вызывают астрономические знания догонов, сохранившиеся в их мифологии. Критиками были отмечены две трудности: адекватность перевода с мифологического языка древних догонов на современный научный язык и возможность заимствования из современных источников. Что касается последнего, надо отметить, что аргументы, связанные с заимствованиями и мистификациями используются весьма часто, когда мы сталкиваемся с какими-то малопонятными явлениями. С методологической точки зрения, это вряд ли можно считать оправданием, ибо всякое новое знание связано с появлением непонятных фактов.

Было бы полезно попытаться сформулировать критерий сверхнаучного знания. Прежде всего, это касается самого источника: достоверность его (подлинность) не должна вызывать никакого сомнения. Только в том случае, когда это условие выполнено, можно обратиться к его содержанию. Далее, поскольку речь идет о подлинном документе, относящемся к определенной эпохе, это должно найти отражение в языке источника: используемые в нем термины должны соответствовать „научному” языку той эпохи, к которой он относится. (Нелепо, например, ожидать применения дифференциальных уравнений, тем более с использованием современных символов, в источнике, относящемся к эпохе Древнего Египта). Что касается содержания, то можно думать, что содержащееся в источнике знание частично будет перекрываться со знанием своей эпохи (иначе документ останется полностью бесполезным), а частично выходит за его пределы. Именно это „выходящее за пределы” знание и представляет наибольший интерес. В какой-то части оно может даже противоречить знаниям своей эпохи. Последнее обстоятельство наиболее ценно, ибо позволяет нам, с современных позиций, оценить, насколько источник приближается к истинному знанию (не в смысле абсолютной, а в смысле относительной истины). Собственно в этом

и состоит критерий сверхнаучного знания. Следующий вопрос — как далеко может источник опережать свою эпоху? Если он заглядывает слишком далеко вперед, он может пройти полностью мимо сознания современников. Чтобы этого не произошло, составители документа должны держаться в пределах тех знаний, которые доступны пониманию для того времени. Наконец, чтобы мы могли воспользоваться критерием сверхнаучного знания, мы должны хорошо знать эпоху источника, состояние науки того времени, понимать, что для нее доступно, а что лежит за ее пределами. Желательно поэтому, чтобы источник был не слишком древним. Например, если имеется источник, изданный в XIX веке, который содержит положения, противоречащие науке того времени, но подтвердившиеся в наше время, — мы можем отнести его (после надлежащего изучения) к категории источников сверхнаучного знания. При этом следует иметь в виду (следует считаться с тем), что такой источник может содержать также знания, противоречащие современным, которые, предположительно, могут подтвердиться в будущем. В этом свете представляют интерес данные о природе зеленой линии в спектре солнечной короны, содержащиеся в „Письмах Махатм” А. Синнетту, которые были опубликованы в 80-х годах прошлого века [31].

Более слабый критерий не требует, чтобы сверхнаучное знание противоречило знанию своей эпохи, оно просто может не вписываться в него и получает оправдание лишь в позднейшей науке. Примером может служить представление древне-индийской математики о существовании наименьшей линейной меры длины (не бесконечное деление отрезка, а наименьшая линейная мера!), равной $1,37 \times 7^{-10}$ дюйма [32, с. 119], что с очень высокой точностью совпадает с диаметром первой бортовой орбиты атома водорода (атомная единица длины).

Итак, „основной факт”, лежащий в основании АСП (даже в его наиболее сильной радикальной форме), строго говоря, остается недоказанным. Если однако принять, в соответствии с установившейся научной точкой зрения, что никаких проявлений ВЦ на Земле нет и не было за весь период ее развития (более 4 миллиардов лет), то в этом случае появляется почва для того, чтобы говорить о парадоксе.

Парадокс Ферми был предметом специального обсуждения на симпозиуме Комиссии 51 МАС (“Биоастрономия”) по поиску внеземной жизни, Бостон, июнь 1984 [33]. При этом было выявлено большое разнообразие мнений в объяснении Ферми-парадокса. Ф. Дрейк [34] склоняется в пользу „экономического” объяснения. По его мнению, развитие цивилизации ограничивается своей планетной системой (эту точку зрения ранее высказывал В.С. Троицкий), а

дорогостоящие межзвездные перелеты предпринимаются только в исключительных случаях для научных целей (преимущественно с помощью беспилотных зондов). Эта гипотеза хорошо согласуется с концепцией интенсивного развития цивилизаций. При этом колонизация всей планетной системы также может оказаться излишней. Дж. Волф [35] в дополнение к экономическому фактору, привлекает фактор риска: опасность столкновения с твердыми частицами межпланетной среды. Он проанализировал возможные основания для межзвездных перелетов (колонизация, спасение от космических катастроф, исследовательские задачи) и пришел к выводу, что ВЦ не втягиваются в эту деятельность. Он считает, что цивилизации могут выжить, если они достигают социальной стабильности и равновесия с окружающей средой; но в этом случае они не нуждаются в колонизации. Б. Финней, антрополог из Гавайского университета, обратил внимание на то, что хотя человечество является видом, склонным к экспансии, в истории земных цивилизаций были случаи, когда начавшаяся экспансия по различным причинам приостанавливалась [36].

Э. Тернер [37] предложил два возможных объяснения парадокса Ферми. 1) Если время между последовательными возникновениями новых цивилизаций в Галактике много меньше, чем время колонизации Галактики (которое он принимает равным $10^7 - 10^8$ лет), тогда галактический диск будет разделен на области, занятые различными взаимодействующими цивилизациями. На границах областей, между ними, могут находиться полосы, преднамеренно оставленные не колонизованными. Возможно, наша Солнечная система находится в одном из таких районов. 2) Возраст звезд галактического диска может быть значительно меньшим (5-6 млрд. лет), чем обычно принимаемое значение (10 млрд. лет). Если это так, то, учитывая время, которое требуется для развития технических цивилизаций, передовые ВЦ, может быть, еще только возникают в Галактике (гипотеза (2) раздела 1).

Ж. Валле [38] выдвигает два постулата. 1. Существует единственная галактическая цивилизация (это может быть Метацивилизация), которая совершает кратковременные визиты на каждую планету, где возникает разумная жизнь, чтобы обучить ее обитателей основным законам Галактического Разума. Великое Молчание накладывается внеземной цивилизацией на период обучения. 2. Последователи Галактической цивилизации на Земле должны способствовать развитию творчества, как „экспортируемой ценности разума”. Валле формулирует четыре теста для проверки этих постулатов и анализирует, в какой мере главные мировые религии удовлетво-

ряют этим тестам. Таким образом, здесь при анализе АСП, наряду с научными, вводится в рассмотрение религиозный фактор.

Этот фактор учитывает и Дж. Болл [39]. Он проанализировал 10 возможных ситуаций. Часть из них совпадает или является вариантами ранее рассмотренных гипотез (1) и (2). Часть является различными вариантами зоогипотезы. Воспроизведем 10 возможных ситуаций Болла: а) внеземные цивилизации не существуют; это объясняется либо тем, что Земля – единственная биосистема во Вселенной, либо тем, что человечество является первым возникшим разумным видом; б) ВЦ существуют, но они очень примитивны; они не знают о нашем существовании, хотя, быть может, и хотят узнать; в) ВЦ существуют, они находятся примерно на нашем уровне развития, они подозревают, что мы можем существовать и возможно хотят (но еще не могут) поговорить с нами; г) ВЦ знают о нашем существовании и хотели бы поговорить с нами, но не могут привлечь нашего внимания; д) ВЦ знают о нас, но не интересуются нами, они нас игнорируют, так как мы, с одной стороны, не представляем для них никакой угрозы, а с другой – у нас нет ничего, что мы могли бы дать им; е) мы представляем некоторый интерес для ВЦ, и они нас изучают довольно детально, но незаметно; з) ВЦ не только изучают нас, но иногда даже принимают участие в наших делах; и) мы являемся подопытными в их лаборатории; к) существует Сверхъестественный Бог – Всемогущий и Всезнающий.

Первые 7 ситуаций (а) – (ж) Болл относит к сфере науки; из них четыре (а) – (г) представляют популярную точку зрения, а гипотезы (в) и (г) лежат в основании официальной стратегии поиска, принятой НАСА; Ситуация (д) мало популярна, так как она принижает достоинство человека. Три последние ситуации (з) – (к) выходят за пределы науки, но это, отмечает Болл, вовсе не означает, что они ошибочны. Последняя ситуация (к) также представляет собой весьма популярную точку зрения. Возможны различные комбинации ситуаций. Так ситуация (к) может комбинироваться с любой другой. Далее могут одновременно существовать примитивные цивилизации (б) и достаточно развитые (ж).

К перечисленным гипотезам надо добавить еще одну, о которой упоминает М. Папаяннис [40]: волна колонизации не дошла до Земли, так как либо мала скорость распространения (скорость диффузии) цивилизаций, либо процесс колонизации начался совсем недавно (меньше 10^7 – 10^8 лет тому назад).

Принимая во внимание результаты этой дискуссии, мы можем пополнить список гипотез (1) – (11), приведенный в предыдущих

разделах, еще несколькими, относящимися к парадоксу Ферми. 12) Межзвездные перелеты с целью колонизации Галактики не ведутся, т.к. нет никаких побудительных причин к этому (Волф), т.к. они очень дороги (Дрейк) и сопряжены с большим риском (Волф). 13) Межзвездные перелеты реализуются, но волна колонизации не достигла Земли, т.к. скорость диффузии мала, либо процесс начался недавно (Папаяннис). 14) Вся Галактика давно колонизована высокоразвитыми цивилизациями и разделена на зоны влияния, между которыми оставлены неколонизованные области; Солнечная система находится в одной из таких областей (Тернер). 15) Вся Галактика, включая Солнечную систему давно колонизована ВЦ, но ОНИ не проявляют свое присутствие (Валле, Болл), так как галактическая этика требует предоставить развивающимся цивилизациям возможность самостоятельно решать свои проблемы.

Таким образом, ситуация с „Ферми-парадоксом“, с точки зрения интерпретации „основного факта“, ничем не отличается от рассмотренной выше для других форм АСП. По-прежнему, имеется широкий спектр объяснений, среди которых нелегко сделать выбор. Конечно, не все эти объяснения можно считать в равной мере удовлетворительными, некоторые из них можно оспаривать, но мы, по-прежнему, приходим к ситуации выбора между гипотезами. Подчеркнем, что в основе Ферми-парадокса лежит модель ничем неограниченной пространственной экспансии цивилизаций. Учитывая необходимость перехода на определенном этапе развития цивилизаций от экстенсивной эволюции к интенсивной, такая модель представляется маловероятной.

4. Выбор гипотез. Логическое осмысление ситуации

Итак, ни в одном из рассмотренных случаев, относящихся к различным формам АСП, основной факт нельзя считать строго установленным. Если же признать этот факт, то мы сталкиваемся с тем, что объяснение его неоднозначно. Список предложенных гипотез приводится в таблице 1. Из них первые две гипотезы противоречат принципу Коперника-Бруно, остальные согласуются с ним. Вероятно, список не является полным (исчерпывающим). Достоверность рассматриваемых гипотез не поддается надежной оценке. Можно ли в этих условиях говорить о парадоксе?

Пусть H_1, H_2, H_3, \dots — совокупность возможных объяснений (гипотез); индекс при H соответствует номеру гипотезы в таблице 1.

Таблица 1.

Астросоциологический парадокс

N гипотезы	Содержание гипотезы	Область применения
1	2	3
1	ВЦ не существуют, наша цивилизация – единственная.	Применимы ко всем формам АСП.
2	ВЦ находятся на более низком уровне развития; наша цивилизация – самая передовая, самая развитая во Вселенной.	
3	Цивилизаций много, но они недолговечны (короткая шкала жизни).	
4	„Зоогипотеза“ Болла.	
5	Космический разум ведет себя не так, как мы ожидаем.	
6	Ограниченная мощность передатчика (недостаточная чувствительность приемной аппаратуры).	Слабая форма АСП. Отсутствие радиосигналов
7	Использование незлектромагнитных (в том числе неизвестных) каналов связи.	
8	Мы не можем распознать сигнал, не можем отличить его от естественного излучения.	
9	ВЦ не посылают сигналы, ввиду нашей недостаточной зрелости (или по др. причинам).	
10	Цивилизации развиваются по интенсивному пути, их энергетический уровень не столь велик,	В рамках расширительной трактовки АСП:

1	2	3
11	<p>и астроинженерная деятельность (если она существует) не достигает обнаружимых при современных средствах пределов.</p> <p>Мы Их наблюдаем, но не осознаем этого, потому что: а) мы пока не владеем астроинженерной технологией, б) у нас нет строгих критериев искусственности, в) астрофизики стихийно стоят на позиции презумпции естественности, г) мы не знаем толком, что искать, д) „космическое чудо“ находится за пределами нашего познавательного горизонта, е) мы давно включили проявления деятельности ВЦ в свою естественнонаучную картину мира.</p>	отсутствие „космического чуда“.
12 13 14 15	<p>Межзвездные перелеты с целью колонизации Галактики не ведутся, т.к. нет никаких побудительных причин для этого, т.к. они очень дороги и сопряжены с большим риском.</p> <p>Межзвездные перелеты реализуются, но волна иколонизации не достигла Земли, т.к. скорость „диффузии“ цивилизаций мала, либо процесс начался недавно.</p> <p>Вся Галактика давно колонизована высокоразвитыми ВЦ и разделена на зоны влияния, между которыми оставлены неколонизованные области; Солнечная система находится в одной из таких областей.</p> <p>Вся Галактика, включая Солнечную систему, давно колонизована ВЦ, но ОНИ не проявляют свое присутствие, т.к. галактическая этика требует предоставить развивающимся цивилизациям возможность самостоятельно решать свои проблемы.</p>	Сильная форма АСП: отсутствие следов экспансии ВЦ на Земле (парадокс Ферми).

И пусть H'_1, H'_2, H'_3 — представляют собой противоположные утверждения: H'_1 означает множественность ВЦ, H'_2 — ординарность нашей цивилизации (она не самая развитая). H'_3 — длинную шкалу жизни и т.д. Каждое из этих утверждений (каждая из гипотез H'_i) противоречит „основному факту”, но не сама по себе, а при условии справедливости других гипотез H'_j ($j \neq i$). Так множественность ВЦ противоречит „основному факту” при условии, что наша цивилизация обычная (не передовая), что время жизни цивилизаций достаточно велико (длинная шкала жизни), что высокоразвитые ВЦ не стремятся скрыть от нас свое существование и т.д. (и т.д. соответствует многоточию в перечне гипотез). Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, то противоречия нет, ибо мы приходим к одной из гипотез H'_i ($i \neq 1$), которая дает объяснение „основному факту” при наличии множества ВЦ. Аналогично, ординарность нашей цивилизации вступает в противоречие с „основным фактом” при условии, что цивилизаций много, что они развиваются неопределенно долго, что они не пытаются скрыть свое существование и т.д.

Следовательно, „противоречащие конструкции” должны выглядеть следующим образом: „утверждение H'_1 противоречит основному факту при условии справедливости утверждений H'_2, H'_3 и т.д., или сокращенно:

$$H'_1 / H'_2, H'_3, H'_4, \dots \quad (1')$$

$$H'_2 / H'_1, H'_3, H'_4, \dots \quad (2')$$

$$H'_3 / H'_1, H'_2, H'_4, \dots \quad (3')$$

$$H'_4 / H'_1, H'_2, H'_3, \dots \quad (4')$$

Конструкция (1') означает противоречие основного факта с множественностью обитаемых миров, (2') — с ординарностью нашей цивилизации, (3') — с длинной шкалой жизни и т.д. Знак „/” означает: при условии.

Таким образом, наличие спектра объяснений приводит к появлению соответствующего спектра противоречий. Следовательно, формулировка АСП нуждается в обобщении: мы теперь должны говорить о противоречии основного факта не только с множественностью ВЦ, но и с альтернативными гипотезами (либо с одной, либо с другой, либо с третьей, ...). Далее, для того, чтобы было правомерно говорить о парадоксе, надо выяснить вопрос о фундаментальности этих противоречий. А для этого надо детально проанализировать каждую конструкцию (1'), (2'), (3'), ..., что обычно не делается. Заметим, что для корректного анализа требуется заполнить многоточия в каждой конструкции, а это довольно неопределенная задача, т.к. она требует предварительного выделения полного набора гипотез. Очевидно, чем больше условий мы выделяем, тем менее фундаментальным становится противоречие.

Рассмотрим теперь вопрос о „решениях” парадокса. При каких условиях каждая из гипотез H_1, H_2, H_3, \dots может быть решением парадокса? Возьмем, например, гипотезу H_2 (о передовом характере нашей цивилизации); она может быть решением парадокса, если цивилизаций много, если они развиваются неограниченно долго, если они не стремятся скрыть свое существование и т.д. В случае, если хотя бы одно из этих условий не выполняется, возникает возможность альтернативного объяснения, а значит, отпадает необходимость (неизбежность) привлечения гипотезы H_2 . Например, если наша цивилизация единственная, это уже дает решение парадокса, и нет надобности прибегать к дополнительному предположению, что она самая передовая. То же самое касается короткой шкалы жизни и т.д. Значит решения парадокса будут иметь вид:

$$H_1 / H'_2, H'_3, H'_4, \dots \quad (1)$$

$$H_2 / H'_1, H'_3, H'_4, \dots \quad (2)$$

$$H_3 / H'_1, H'_2, H'_4, \dots \quad (3)$$

$$H_4 / H'_1, H'_2, H'_3, \dots \quad (4)$$

Эти выражения следует читать так: „гипотеза H_1 является решением парадокса при условии справедливости утверждений H'_2, H'_3, H'_4, \dots ” и т.д. Обычно при анализе АС-парадокса каждая гипотеза рассматривается сама по себе, без соответствующих условий, что, конечно, нельзя признать корректным.

Отметим, что мы получили набор решений. Возникает вопрос: какому из них следует отдать предпочтение? Если бы мы могли оценить вероятности каждой гипотезы $P(H_1), P(H_2), \dots$, тогда можно было бы определить вероятности P_1, P_2, P_3, \dots каждого из решений (1), (2), (3). Если при этом все вероятности получатся сравнимыми, сделать выбор будет невозможно, это значит, что парадокс не имеет единственного решения. Только в том случае, если окажется, что одна из вероятностей много больше всех остальных, то тогда соответствующее решение (с соответствующей достоверностью) можно принять в качестве решения парадокса.

Процедура задания исходных вероятностей $P(H_1), P(H_2), \dots$ может быть выполнена на основе экспертных оценок, но она остается, конечно, в большей степени произвольной. Далее, для того, чтобы на основе этих оценок определить вероятности P_1, P_2, \dots , надо, опять-таки, заполнить многоточия в выражениях (1), (2), ..., а это, как уже отмечалось, требует выделения полного набора гипотез. Ничего подобного обычно не делается. Поэтому все рассуждения вокруг АСП, попытки вывести из него какие-то следствия о ВЦ лишены необходимой строгости.

Проведенный анализ показывает, что проблема АС-парадокса поставлена некорректно. Строго говоря, никакого парадокса нет. Но проблема, связанная с проявлениями деятельности ВЦ, конечно, существует. Поэтому совершенно прав Л. Зиегер [41], когда он утверждает, что следует говорить не о парадоксе Ферми, а о „проблеме Ферме”. Думается это относится и к АС-парадоксу в целом: надо говорить не о парадоксе, а о проблеме. Возможно, идея парадокса была полезна в том плане, что она стимулировала многочисленные обсуждения, активные поиски ответа. В результате, как подчеркивает М. Папаяннис [40], выявилось большое разнообразие мнений, которое помогает избежать догматического подхода. Нам полезно осознать степень собственного незнания и умерить свою самоуверенность — это уже шаг на пути к мудрости.

Ряд ценных идей, высказанных в процессе обсуждения астросоциологической проблемы (АС-проблемы), нуждается в дальнейшей разработке. Это, прежде всего, модели развития КЦ, логика их поведения в отношении контакта, проблемы космической этики и космической педагогики. Применительно к практической деятельности SETI, результаты обсуждения АС-проблемы помогают избежать односторонних решений и это уже не мало.

Литература

1. Гиндилис Л.М. Астросоциологический парадокс в проблеме SETI // Тезисы докладов всесоюзного симпозиума „Мировоззренческие и общенаучные основания проблемы поиска внеземного разума”. 29-31 окт. 1987. Кальдиния, 1987. С. 4-5. См. также: Гиндилис Л.М. Вильнюс: SETI-87 // Земля и Вселенная. 1988. № 4. С. 39-43; № 5. С. 53-57.
2. Gindilis L.M. and Rudnitskij G.M. On the Astrosociological Paradox in SETI // Third Decennial US-USSR conference on SETI. Santa Cruz, California, August 5-9, 1991. Astronomical Society of the Pacific conference Series, vol. 47. Edited by G. Seth Shostak. San Francisco, 1993. P. 403-414.
3. Лем С. Сумма технологий. М., 1968.
4. Ball J.A. The Zoo Hypothesis // Icarus. 1973. Vol. 19. No. 3. P. 347-349.

5. *Papagiannis M.D.* Introduction to Section 7 // The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments. Proc. of the 112-th Symposium of the IAU / Edited by M.D. Papagiannis. Dordrecht, Boston, Lancaster, Tokyo: 1985. P. 437-442.
6. *Тартер Дж.* „Космический стог сена” и современные программы SETI в США // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 220-225.
7. *Шкловский И.С.* О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной // Вопр. философии. 1976. N 9. С. 80-93.
8. *Троицкий В.С.* Развитие внеземных цивилизаций и физические закономерности // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М., 1981. С. 5-29.
9. *Кардашев Н.С.* Передача информации внеземными цивилизациями // Астрон. журн. 1964. Т. 41. С. 282-287.
10. *Гиндилис Л.М.* Некоторые философские и методологические аспекты проблемы SETI // Астрономия, методология, мировоззрение. М., 1979. С. 282-304.
11. *Пановкин Б.Н.* Внеземные цивилизации – проблемы и суждения // Природа. 1971. N 7. С. 56-61.
12. *Пановкин Б.Н.* Объективность знания и проблема обмена смысловой информацией с внеземными цивилизациями // Философские проблемы астрофизики XX века. М., 1976. С. 240-265.
13. *Рубцов В.В., Урсул А.Д.* Проблема внеземных цивилизаций. Философско-методологические аспекты. Кипинев, 1984.
14. *Суботович М., Папротный З.* Необычные и немикроволновые методы SETI и SETI // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 161-169.
15. *Шкловский И.С.* Вселенная, жизнь, разум. М., 1962.
16. *Лесков Л.М.* Модели эволюции космических цивилизаций // Земля и Вселенная, 1983. N 5. С. 59-63.
17. *Лесков Л.В.* Космические цивилизации: проблемы эволюции. М., 1985.
18. *Лесков Л.В.* О системном подходе к проблеме космических цивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 123-129.
19. *Кардашев Н.С.* О стратегии поиска внеземных цивилизаций // Астрономия, методология, мировоззрение. М., 1979. С. 305-324.
20. *Кузнецов Ю.П., Кухаренко Ю.А.* К постановке проблемы космических цивилизаций // Там же. С. 325-335.
21. *Рубцов В.В., Урсул А.Д.* Методологические аспекты проблемы внеземных цивилизаций: современное состояние и некоторые перспективы // Там же. С. 359-377.
22. *Цуриков В.М.* Иммитационный подход к поиску позывных внеземных цивилизаций // Изв. вузов. Радиофизика. 1979. Т. 22. N 6. С. 764-765.
23. *Цуриков В.М.* Проблема SETI и закономерности развития технических систем // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 136-138.
24. *Фадеев Е.Т.* „К.Э. Циолковский о бесконечности развития Вселенной // Труды У-У1 Чтений К.Э. Циолковского. Секция „исследование творчества К.Э. Циолковского”. М., 1972. С. 26-39.
25. *Салливан У.* Мы не одни. М., 1967. С. 264.
26. *Ball J.A.* Where is Everybody? // The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments / Edited by M.D. Papagiannis. Dordrecht, 1985. P. 483-486.
27. *Лем С.* Одиноки ли мы в Космосе? // Знание-сила. 1977. N 7. С. 40-41.
28. *Нарт М.Н.* An Explanation for Absence of Extraterrestrials on Earth // Quart. Journ. R.A.S., 1975. Vol. 16. No. 2. P. 128-135.

29. *Papagiannis M.D.* Introduction to Section 7 // *The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments* / Edited by M.D. Papagiannis > Dordrecht, 1985. P. 437-442.
30. *Горбовский А.А.* Загадки древнейшей истории. М., 1971.
31. Чаша Востока. Письма Махатм. Избранные письма 1880-1885. Рига-Москва, 1992. С. 203-204.
32. *Неру Дж.* Открытие Индии. М., 1955.
33. *The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments* / Edited by M.D. Papagiannis, Dordrecht. Boston. Lancaster. Tokyo: D. Reidel Publ. Co., 1985. Section 7. The Fermi Paradox and Alternative Search Strategies. P. 435-511.
34. *Drake E.D.* A Comparative Analysis of Space Colonization Enterprises // [33, P. 443-447].
35. *Wolfe J.H.* On the Question on Interstellar Travel // [33, P. 449-554].
36. *Finney B.R.* Exponential Expantion: Galactic Destiny or Technological Hubris? // [33, P. 455-463].
37. *Turner E.L.* Galactic Colonizatin and Competition in a Young Galactic Disk // [33, P. 477-482].
38. *Vallee J.P.* Search for Strongly Polarized Radio Emission from E.T.I., and an Optimist Approach to the Great Silence (Fermi Paradox) // *The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments*. P. 321-325.
39. *Ball J.A.* Where is Everybody? // [33, P. 483-486].
40. *Papagiannis M.D.* Introduction to Section 7 // [33, P. 437-442].
41. *Seeger Ch.L.* Fermi Question, Fermi Paradox: One Hit, One Out // [33, P. 487-491].

Внеземные цивилизации и опыт

За последние десятилетия проблема существования и распространенности разумной жизни вне Земли во Вселенной интенсивно разрабатывается теоретически и экспериментально. В настоящее время развиты основы теории внеземных цивилизаций и проведены специальные радио и оптические наблюдения. Теория внеземных цивилизаций включает проблему возникновения и закономерностей развития цивилизаций, вопрос о населенности Галактики и ее колонизации, теорию межзвездной связи и стратегии поиска внеземных цивилизаций и т.п.

Теоретические исследования условий возникновения и закономерностей развития внеземных цивилизаций приводит к ряду выводов, которые теперь впервые в истории изучения проблемы могут быть проверены с помощью имеющегося наблюдательного материала. Уже сейчас обнаружилось довольно резкие противоречия ряда теоретических выводов с наблюдениями. Становится очевидным, что с одной стороны теория нуждается в ревизии, а с другой — наблюдения еще не соответствуют сложности проблемы.

Такая ситуация дала мощный толчок для дальнейшей разработки теории внеземных цивилизаций и более совершенной стратегии и методов поиска разумной жизни во Вселенной и нашей Галактике.

1. Закономерности развития цивилизаций и населенность Галактики

Общепризнанной является теория населенности, предложенная Ф. Дрейком [1] и разрабатывавшаяся в ряде последующих работ [2]. Широко используется также теоретическая концепция стадий развития внеземных цивилизаций, сформулированная И.С. Кардашевым [3]. Высказан принцип пространственной экспансии цивилизаций, выдвинутый И.С. Шкловским и К. Саганом [4]. Этот принцип положен в основу теории развивающейся цивилизации (Харт, [5] и др.). Разработаны вопросы методов обнаружения внеземных цивилиза-

ций путем поиска радиосигналов искусственного происхождения из космоса, определены ожидаемые частоты и характер возможных сигналов. Предложены критерии выбора направлений на небо, откуда наиболее вероятен приход сигналов и может быть известно время их прихода на Землю [6, 7, 8]. Наконец, к настоящему времени проведены довольно обширные поиски радиосигналов искусственного происхождения от различных звезд нашей Галактики и со всего неба-свода (см., напр. [9]).

Рассмотрим сначала теорию населенности Галактики, ее принципиальные положения и выводы.

Основное исходное положение теории Дрейка о населенности Галактики состоит в утверждении, что жизнь во Вселенной возникает непрерывно по мере формирования планет с подходящими физико-химическими условиями. Это положение принимается как само собой разумеющееся и, поэтому явно нигде не упоминается.

Такое представление о возникновении жизни является в науке в настоящее время единственным и общепринятым. Оно приводит к ряду определенных выводов о населенности Галактики и времени начала возникновения цивилизаций во Вселенной.

Вполне естественно, что теория населенности должна быть тесно связана с данными современной космологии. Согласно общепринятой теории, Вселенная начала свое развитие от момента „большого взрыва”, около 15 миллиардов лет тому назад, в результате которого образовалось около 80% водорода и 20% гелия. Однако для образования планет и живых белковых существ должно быть в наличии достаточное количество тяжелых элементов таких, как кислород, углерод, азот, кальций, сера, железо и др.

Данные об эволюции Вселенной говорят о том, что тяжелые элементы возникли в недрах первичного поколения звезд, образовавшихся непосредственно после „большого взрыва” из водорода и гелия.

Тяжелые элементы, как считают, „варились” в недрах первичных звезд, где проходили известные теперь ядерные реакции. После выгорания водорода, которое привело к образованию тяжелых элементов, часть этих звезд взрывалась, как сверхновые или новые, давая начало газовой-пылевой составляющей Галактики, содержащей тяжелые элементы. Конденсация газовой-пылевой вещества дала второе поколение звезд с планетами, где в основном сосредоточивались тяжелые элементы. Таким образом, Вселенная должна была пройти через фазу химической, лучше сказать ядерной, эволюции прежде, чем могла начаться химическая, а затем биологическая эволюция на планетах.

Химическая эволюция на планетах приводит к образованию сначала простых, затем сложных органических соединений, составляющих основу жизни. В какой-то момент происходит качественный скачок – образуется клетка с генетическим кодом, способная к самовоспроизведению. Это возникает жизнь, которая еще через несколько миллиардов лет развивается до цивилизации.

Полагают, что ядерная эволюция и образование второго поколения звезд с планетами на основе тяжелых элементов могли занять 4–5 миллиардов лет. Следовательно, согласно принципу непрерывного возникновения жизни, клетка с генетическим кодом начала возникать примерно на пятом миллиарде лет возраста Вселенной, т.е. где-то 10 миллиардов лет назад и непрерывно возникает в течение этого времени на образующихся новых звездно-планетных системах.

Современная астрофизика дает довольно обоснованную оценку средней скорости возникновения звезд и планет в Галактике, равную около 10 звезд с планетами в год. Также непрерывно на некоторой части этих звездно-планетных систем будут возникать эволюционным путем технологические цивилизации. Начало возникновения технологической цивилизации определяется сроком биологической эволюции жизни от клетки до цивилизации. Для земной жизни этот период оценивается в 4 миллиарда лет. Если его принять за среднюю величину для всех цивилизаций, то, следовательно, технологические цивилизации начали возникать во Вселенной и Галактике на десятом миллиарде лет от „большого взрыва” или около 5 миллиардов лет назад.

Концепция непрерывного самотворения жизни и изложенные данные космологии приводят к ряду вполне очевидных выводов о населенности Галактики:

1. Цивилизации начинают возникать после завершения периодов ядерной, химической и биологической эволюции, т.е. примерно через 10 миллиардов лет после „большого взрыва” или пять миллиардов лет назад.
2. Цивилизации непрерывно возникают в течение последних 5 миллиардов лет на планетах с подходящими для жизни физико-химическими условиями.
3. При „неограниченном” сроке жизни цивилизации число возникающих” и, следовательно, живущих цивилизаций за последние пять миллиардов лет непрерывно растет. При этом в настоящее время одновременно существуют очень молодые и очень старые цивилизации, имеющие миллиарды лет технологической эры за плечами.

4. При конечном времени жизни цивилизаций число существующих в данное время цивилизаций пропорционально сроку их жизни и равно $N_c = R_c L$, где R_c — скорость возникновения цивилизаций, измеряемая числом цивилизаций в год, а L — срок жизни в годах. Разность в возрасте у всех живущих цивилизаций будет не больше срока жизни L .

В области теории развития внеземных цивилизаций в настоящее время имеются отдельные, довольно отрывочные, положения. Наиболее радикальной является классификация цивилизаций по уровню развития, предложенная Н.С. Кардашевым. Он считает, что уровень технического развития цивилизаций определяется их общим энергопотреблением. Цивилизация первого типа та, которая расходуется энергией планетарного масштаба. Это, например, наша цивилизация, вырабатывающая 10^{13} ватт при ресурсе энергии, поступающем на планету от Солнца в 10^{17} ватт. Цивилизация второго типа использует энергию порядка энергии электромагнитного излучения своей звезды, т.е. около 10^{26} ватт, а цивилизация третьего типа — сверхцивилизация, использует энергию, равную энергии Галактики, т.е. около 10^{36} ватт.

Утверждается, что за долгий срок существования цивилизаций в технологической фазе может возникнуть много „сверхцивилизаций“; их деятельность не может быть не замечена. Им легко соорудить всенаправленные маяки-передатчики, которые при мощности 10^{20} — 10^{25} ватт будут слышны во всей Галактике на простые приемные устройства, например, типа телевизионных или связных.

С наличием „сверхцивилизаций“ и принципом экспансии разума связывается также возможность колонизации Галактики. Действительно, разумная жизнь стремится по своим внутренним законам к самосохранению, но разум не может поддерживать себя, не развиваясь. Разум и развитие вряд-ли отделимы. Одной из простейших форм развития разума, несомненно, является его пространственное распространение. Это приводит сначала к освоению своей звездной окрестности, затем осваиваются ближайшие звезды с их планетами. Колонисты этих систем развиваются и тоже посылают корабли с переселенцами к следующим, по радиусу ближайшим, звездам и т.д. Таким образом, диффузный процесс распространения разума от звезд к звезде, образует сферическую систему колонизованных звезд. Иногда говорят, что цивилизация дает начало распространению по Галактике ударной волны разума. Подсчеты, проведенные разными исследователями (Харт, Дрейк, Папагианис), приводят к удивительно близкой оценке срока колонизации Галактики, а имен-

но, около 10 миллионов лет! Таким образом, наша Земная цивилизация через 10 миллионов лет может расселиться по всей Галактике.

Если, согласно теории непрерывного возникновения жизни, цивилизации начали возникать пять миллиардов лет назад, то у многих из них было более, чем достаточно, времени для колонизации. Даже, если скорость распространения разума на два порядка меньше, то еще остается достаточно времени для расселения по всей Галактике. Отсюда делается вывод, что, если в Солнечной системе нет инопланетян или они ранее не посещали нашу Землю, то их нет вообще, так как хотя бы одна технологическая цивилизация, появившись на свет через несколько миллионов лет, освоила бы всю Галактику.

Другие авторы считают, что этот вывод не является неизбежным. Они полагают, что внеземные цивилизации существуют, а не колонизованность Земли объясняется тем, что Земля является выделенным, изолированным местом, не подлежащим по каким-то причинам, колонизации и сохраняется как заповедник. Например, Папагианис считает, что инопланетяне находятся даже в Солнечной системе, где-то в поясе астероидов в искусственных поселениях, наблюдая за Землей и избегая контактов.

Возможно, конечно, что приведенные оценки времени колонизации основаны на слишком грубых, приближенных моделях этого процесса, приводящих к короткой шкале времени колонизации. Об этом говорит, в частности, исследование В. Неймана и К. Сагана [10], которые в обстоятельной работе показали, что процесс колонизации, как диффузионный процесс, идущий от какой-либо независимо возникшей, ближайшей к нам, цивилизации может достигнуть Земли если срок жизни цивилизации в технологической фазе более 30 миллионов лет, а при некоторых условиях должен составлять 10 миллиардов лет. Они заключают, что Земля не колонизована не потому, что редки цивилизации, способные к дальнейшим космическим путешествиям, а потому, что за умеренное время при диффузном распространении разума встретится много миров для колонизации. Они далее заключают, что не существует очень старых цивилизаций с непрерывно действующей политикой завоеваний обитаемых планет. Авторы считают, что скорее следует ожидать целенаправленного посещения нашей планеты, а не благодаря диффузии. Решение о целенаправленном полете, как считают авторы, вероятнее всего может иметь место после обнаружения локационных и телевизионных излучений, идущих от нашей планеты и исходящих от возникновении технологически развитой цивилизации.

2. Сравнение выводов теории ВЦ с опытом

Отрицательные результаты специальных программ поиска целенаправленных сигналов ВЦ, выполнявшиеся за последние десятилетия, отсутствие каких-либо свидетельств существования ВЦ со стороны радиоастрономических наблюдений, проводившихся уже более 30 лет, а также со стороны оптической астрономии, побуждают к теоретическому осмыслению этих фактов. Первое сравнение теорий и опыта было предпринято И.С. Шкловским [11]. Оно привело его к выводу, что наша цивилизация в Галактике единственная. Ход его рассуждений логичен с точки зрения принятых и описанных выше теоретических концепций проблемы ВЦ, развитых Дрейком и Карлашевым. Он считает, что за долгий период технологического развития цивилизаций, а мы видели – этот период, в принципе, может исчисляться миллиардами лет, неизбежно должны возникнуть сверхцивилизации, деятельность которых в виде различных необъяснимых радиоизлучений должна „сама лезть в глаза“, должна представляться „космическим чудом“. Отсутствие этого во всей сумме нашего опыта говорит об отсутствии цивилизаций III-го типа, а, следовательно, и об отсутствии цивилизаций вообще, из которых неизбежно возникают сверхцивилизации.

В работе [12] показано, что выводы И.С. Шкловского опираются на весьма спорные положения о возможности существования ВЦ-III. Образование таких цивилизаций не допускается чисто физическими закономерностями. Существующие ВЦ-I и ВЦ-II не могут создать достаточной энергии для создания „космического чуда“, которое могло бы фиксироваться невооруженным глазом или простым приемником радиоволн.

Высказываются и другие варианты объяснения противоречия теории и опыта. В рамках теории Дрейка это сводится к простому выводу, что может быть срок жизни цивилизаций в технологической фазе настолько мал, что цивилизация не успевает соорудить мощные радиомаяки и серьезные средства приема. Называются времена жизни от 100 до тысячи лет, что, несомненно, недостаточно не только для колонизации Галактики, но и для установления связи. Причинами гибели цивилизаций обычно полагаются различные кризисные ситуации, связанные с перенаселением, загрязнением среды обитания, истощением ресурсов планеты обитания, генетическими изменениями, вследствие неосторожного использования различных хи-

мических и радиоактивных средств в цивилизации, социальными и идеологическими причинами, приводящими к ядерной войне и т.д.

Трудно принять концепцию неизбежной гибели разума, цивилизации от тех причин, которые по природе подвергаются контролю самого разума. Фатально ограниченный срок жизни цивилизации не вытекает из всей суммы наших знаний. Скорее наоборот, представляется, что разум, разумная жизнь существует столько, сколько живет Вселенная. Кажется более понятным и естественным, что жизнь эволюционирует вместе с Вселенной и в этом смысле срок жизни цивилизации остается неограниченным (см., например, [14]).

Негативные результаты опыта, отрицающие выводы теории, неудовлетворительность объяснений этих противоречий привели к новым теоретическим исследованиям закономерностей развития цивилизаций [6] и проблемы населенности Галактики [14].

Наряду с теоретическими исследованиями и выработкой концепций, лучше согласующихся с опытом, возникли проекты новой серии наблюдений с существенно более совершенными техническими средствами и в значительно большем объеме, а также новые стратегии наблюдений (см., например, [15]). Остановимся подробнее на некоторых теоретических результатах.

3. Новые концепции в теории внеземных цивилизаций

Очевидно, что прежде, чем обсуждать закономерности внеземных цивилизаций, необходимо дать определение этого понятия, поэтому центральным вопросом теории внеземных цивилизаций является определение понятия „цивилизация” вообще. Оно должно потенциально содержать все главные закономерности развития цивилизации. Определению этого понятия был посвящен ряд работ [4, 8]. Однако полученные в этих работах определения, хотя и явились существенным шагом вперед, практически не оказывали влияния на теорию развития цивилизаций, которая, как известно, привела к выводам, плохо согласующимся с опытом.

Это обстоятельство побудило автора рассмотреть вопрос об определении понятия „цивилизация” с целью заложить в него наиболее общие и главные характеристики цивилизаций. В работе автора цивилизация определяется как организованная самоуправляющаяся общность разумных существ, обеспечиваемая обменом информации масс и энергии внутри себя и с внешним миром. Кратко понятие цивилизации сформулировано в работе так: цивилизация – это общ-

ность разумных существ, использующих обмен информации, энергии и массы внутри себя и с внешней средой для выработки действия и средств, поддерживающих свою жизнь и прогрессивное развитие. В этом определении, как нам представляется, заключены основные характеристики цивилизации. Отличие от ранее высказанного определения в работе Н.С. Кардашева состоит в том, что подчеркивается необходимость обмена информацией, а не просто ее накопления. Обмен информацией понимается не только как обмен, идущий внутри сообщества разумных существ, но так же как обмен между разумными существами, с одной стороны, и средой, с другой. Последнее основывается на том положении, что разум, разумность определяются как способность к обмену информацией не только между особями, но и со средой. Информация от среды — это реакция среды на воздействие. В свою очередь, воздействие является информацией, идущей от разумного существа к среде. Обмен информацией со средой следует понимать как получение реакции или иначе отклика среды на воздействие на нее; затем переработку отклика на язык символов и снова воздействие и так далее. Это — информационная модель любого эксперимента или производительного труда. Полученная от среды и переработанная информация составляет основу науки и хранится в долговременной памяти цивилизации (книги) в виде законов. Информация, перешедшая в среду (т.е. воздействие), сохраняется как след лишь в случаях того или иного вида материального производства. Таким образом, обмен информацией со средой составляет основу научного познания и отражения природы, основу материального производства и технологии.

Другое отличие приведенного определения связано с включением в него необходимости обмена не только информацией, но массой и энергией. Цивилизация характеризуется обменом вещества и энергии с внешней средой и внутри себя. Это вполне аналогично обмену в единичном организме, но в отличие от него этот обмен внутри цивилизации определяется не биохимическими закономерностями, а социальными, характером производительных сил и производственных отношений. Необходимость обмена информацией, энергией и массой внутри цивилизации между ее частями и индивидуумами довольно очевидна. Однако наиболее существенным является обмен информацией, вырабатываемой всей цивилизацией с внешней средой. Этот обмен обеспечивается трудом, экспериментом, научной и технической, и производственной силой цивилизации. Прогресс цивилизации связан с добыванием информации о себе и внешнем мире и использованием этой информации для адаптации к среде и приспособления среды

к себе с помощью науки, технологии труда и производства. Изложенное выше определение приводит к новым выводам.

Очевидно, что указанные выше действия цивилизации должны совершаться согласованно, синхронно во всем объеме цивилизации, иначе она не может быть единым целым. Поэтому информация научная, организационная, социальная, должна достигать различных мест цивилизации практически одновременно, но ее скорость распространения конечна и не может превосходить скорости света. Это накладывает существенное ограничение на размеры цивилизации.

Цивилизация не может функционировать как общность разумных существ, как целое, если время обмена информации сравнимо с характерным временем изменений в самой цивилизации (изменение науки, технологии, социальных форм и т.п.) или времени жизни разумных существ. Еще большие ограничения размера цивилизации связаны с необходимостью вести обмен энергией и массой, и деятельностью между ее частями. Оптимальная скорость обмена массой и энергией будет существенно меньше скорости света. В силу всего сказанного размеры цивилизации не будут превышать размеров сферы обитаемости около своей звезды. Из этого вывода сразу следует невозможность существования цивилизаций III-го типа. Производство энергии, даже равной энергии своей звезды, приведет к разрушению всех органических соединений, а выделение энергии, равной энергии Галактики, превратит все атомы планет и звезды в элементарные частицы.

В ограниченном пространстве, занимаемом цивилизацией, существует верхний предел энергопроизводства. Очевидно, что дополнительное производство энергии должно быть много меньше общего энерговыхода своей звезды. Иначе существенно изменится тепловой режим среды обитания. Возникает необходимость сохранения околозвездной межпланетной среды.

Скорость энерговыделения может составить не более тысячной доли энергии своей звезды. Для Земли и в среднем для всех цивилизаций на белковой основе это составляет огромную величину, около $\dot{E} = 10^{23}$ ватт, однако на много порядков меньшую, чем энерговыделение Галактики. Итак, могут существовать только цивилизации I-го и II-го типов, если придерживаться прежнего критерия.

Итак, из условия сохранения околозвездной среды обитания существуют ограничения в реализации энергии, не позволяющие посылку сигнала, который может быть фиксирован существующими земными средствами на межгалактических расстояниях. Весьма сомнительна также возможность создания, хорошо заметного просты-

ми средствами, „космического чуда” внутри нашей Галактики, на неизбежность которого опирается И.С. Шкловский при доказательстве единственности нашей цивилизации в Галактике.

Таким образом, энергетические ограничения приводят к тому, что можно ожидать только весьма слабые сигналы, прием которых требует строительства больших антенн в Космосе или десятков тысяч стометровых антенн на Земле (проект „Циклоп”). Расчеты показывают, что для строительства всенаправленного маяка мощностью 10^{16} ватт, который на современные земные радиотелескопы может быть принят только с расстояния не более 1000 световых лет, т.е. всего на одной миллионной части звезд Галактики потребуется время, исчисляемое сотнями тысяч лет [16].

Невозможность более быстрого строительства вытекает из требования сохранения околосредней среды обитания цивилизации от энергетической перегрузки (засорения). Как мы уже говорили, скорость производства энергии не может превышать $\dot{E} = 10^{23}$ ватт. Следовательно, если на создание маяка-передатчика нужно затратить E джоулей энергии, то время строительства определяется как $t = E/\dot{E}$ сек. Нетрудно понять, что величина затрат энергии E будет определяться, главным образом, энергией на космический транспорт, так как строительство маяка должно быть вынесено достаточно далеко от места обитания. Это необходимо для биологической безопасности, с одной стороны, и недопустимости энергетического засорения околосредней среды, с другой. Для Солнечной системы это приводит к требованию выноса всенаправленного маяка за пределы внешних планет. Вот почему, например, для строительства указанного маяка нужно затратить огромную энергию — 10^{36} джоулей, которую Солнце вырабатывает за 300 лет.

Ограничение энергетических возможностей цивилизаций хорошо объясняет отрицательные результаты наблюдений мощных сигналов и „чудес”.

Однако цивилизации II-го типа могут организовать целенаправленные передачи. При использовании на передачу больших антенных систем и при условии создания слабых сигналов, могущих, тем не менее, быть принятыми на самые современные большие радиотелескопы, это потребует довольно умеренной мощности. Отсутствие сигналов этого уровня, конечно, может быть объяснено малым количеством обследованных звезд и малым временем их наблюдений с помощью больших радиотелескопов, короче, малой вероятностью совпадения интервалов передачи и приема между двумя заданными цивилизациями.

Таким образом, допустимая скорость выделения энергии ограничивает возможности цивилизации для построения маяка и тем объясняет отсутствие сильных сигналов. Однако отсутствие слабых сигналов требует дальнейшего поиска объяснений, кроме ссылок на недостаточность наблюдений. В этом плане целесообразна разработка новых общих теоретических положений.

Указанные расхождения теории с опытом привели также к поиску новых подходов к проблеме населенности Галактики [14]. Новый подход к этой проблеме базируется на диаметрально противоположной концепции возникновения жизни, а именно, что жизнь во Вселенной не возникает непрерывно по мере образования подходящих планет. Предполагается, что жизнь, т.е. клетка, способная к репликации, могла возникнуть однократно и одновременно во всей Вселенной на какой-то определенной фазе развития Вселенной в целом в достаточно узком интервале времени, составляющем ничтожную долю ее времени жизни. При этом жизнь возникла только на тех планетах, где к этому времени создались необходимые физико-химические условия среды. Таким образом, предполагается, что ни ранее, ни позже определенного момента времени жизнь не возникала.

Эта гипотеза не менее произвольна, чем гипотеза непрерывного происхождения жизни. Скачок неживое — живое непонятен; еще более непонятно, почему он может происходить всегда независимо от общего развития Вселенной. Скорее наоборот — такая сложная форма организации, как жизнь, могла произойти однажды, как уникальное и неизбежное, закономерное событие, зависящее от фазы развития всей Вселенной, например, при определенных свойствах пространства — времени, значении реликтового фона и др. Гипотеза непрерывного возникновения жизни базируется на представлении, что жизнь связана только со структурой молекул и их функцией. Однако возможно, что для объяснения жизни необходимо учитывать еще структуру пространства и времени, которые определяются состоянием расширяющейся Вселенной.

Мы не удивляемся общепринятому положению, что материя во Вселенной, в известной нам конкретной форме, не рождается непрерывно, а начала развиваться от элементарных частиц с момента „большого взрыва“. Однако почему-то должны считать, что жизнь — самое сложное явление материального мира — творится непрерывно по мере создания подходящих материальных условий? Концепция однократного, почти мгновенного, или, образно говоря, взрывного происхождения жизни в определенной фазе расширения Вселенной

не противоречит никаким известным физическим законам. Не противоречит она и материалистическим философским воззрениям.

Очевидно, что, если жизнь во Вселенной возникла во многих местах одновременно, то это случилось, как и на Земле, 4 миллиарда лет назад. Если эволюция ее до разумной жизни может на разных планетах идти слегка с различной скоростью в зависимости от условий, то это различие приведет к разновременному возникновению цивилизаций. Если среднее время эволюции принять равным земному, т.е. 4 миллиарда лет, то получаем первый вывод:

1. Цивилизации начинают возникать вблизи настоящего момента времени.

Поскольку число мест, где возникла жизнь, конечно, то и число цивилизаций, которые, в принципе, могут развиваться только в этих местах будет конечным. Отсюда следует второй вывод:

2. Число цивилизаций, могущих возникнуть эволюционным путем в Галактике ограничено.

3. Неограниченный срок жизни цивилизаций не приводит к росту числа цивилизаций больше предельного в то время, как предположение конечного срока жизни ведет к полному вымиранию в будущем.

Из приведенной концепции следует, что полный возраст всех цивилизаций одинаков. Разным может быть время, в течение которого цивилизация находится в технологической фазе развития. Возможно, что скорость эволюции жизни к разуму и технологической цивилизации на Земле была большей, чем где-либо в Галактике, тогда мы — и первая и единственная цивилизация, вышедшая на технологический путь развития. Однако это одиночество временное.

Может случиться и так, что скорость эволюции где-то была больше, тогда существуют более опытные цивилизации, чем наша.

Следует заметить, однако, что разница в опыте, измеряемая продолжительностью прожития в технологической фазе, будет на несколько порядков меньше, чем для случая непрерывного возникновения жизни.

Таким образом, новая концепция приводит к совершенно иным выводам о возможной населенности Галактики, о влиянии срока жизни цивилизаций на населенность и т.п.

Наиболее существенное различие в оценках населенности состоит в том, что при неограниченном сроке жизни цивилизаций, их число по концепции одновременного происхождения — стремится к пределу. При конечном сроке жизни, много меньшем возраста Галактики, в первом случае число живущих цивилизаций во все време-

на истории примерно постоянно, а во втором — цивилизации во Вселенной существуют конечный интервал времени.

Другое важное отличие состоит в оценке интервала истории Вселенной, в котором стали возникать и развиваться технологические цивилизации. По концепции непрерывного возникновения жизни этот период занимает более пяти последних миллиардов лет, а по взрывной гипотезе это существенно меньший интервал, около настоящего момента времени. Величина этого интервала определяется дисперсией эволюции цивилизаций. Таким образом, в первом случае интервал времени появления цивилизаций определяется возрастом Вселенной, во втором — особенностями биологической эволюции при различных условиях среды обитания. В силу этого первая концепция утверждает существование очень старых цивилизаций в то время, как вторая — существенно более молодых.

Другое отличие состоит в оценках населенности. При космологическом сроке жизни цивилизаций теория Дрейка приводит к непрерывно растущей со временем населенности, живущими в данный момент в Галактике, цивилизациями. Если срок жизни небольшой, то такое же число получается для суммы живущих в данный момент и погибших цивилизаций, т.е. для общего числа возникших цивилизаций.

Таким образом, если даже живущих технологических цивилизаций мало (малое L), то следов останков космических цивилизаций в Галактике много. Это может вести к большим следствиям. Конечно, количество кладбищ на Земле не изменяет облик нашей цивилизации во вне, но погибшие цивилизации могли оставить существенные результаты своей деятельности, проявляющиеся в космическом масштабе. В этом смысле существенно общее количество возникших цивилизаций. Эта величина ведет себя совершенно различно в обеих гипотезах.

Далее, по первой концепции, основным параметром, определяющим число одновременно, в данное время, существующих цивилизаций, является срок жизни цивилизаций. Поэтому „регулирование“ оценок количества одновременно живущих цивилизаций осуществляется величиной срока жизни цивилизации. По первой точке зрения конечный срок жизни цивилизации в технологической фазе желателен, чтобы исключить ненаблюдаемого большого количества старых, опытных цивилизаций, во второй точке зрения, наоборот, принимаются с трудом, так как рано или поздно приводит к вымиранию всех цивилизаций.

В настоящее время не видно неизбежных внутренних причин гибели разума. Более адекватным представляется положение о неограниченном сроке жизни цивилизации в технологической фазе.

Примем это положение, тогда отсутствие мощных сигналов ВЦ и колонизации Земли непринужденно объясняются, например, тем, что просто нет еще очень старых и опытных цивилизаций, имеющих за плечами достаточно длинную историю технологической эры развития. Это возможно, если полагать, что наша цивилизация одна из немногих, которые первыми вышли на технологический уровень, благодаря исключительно благоприятным условиям существования жизни на Земле и, может быть, подобных ей планетах. Наша цивилизация просто обогнала в эволюционном развитии многие цивилизации других планет и является в настоящее время единственной технологической цивилизацией.

Как видно из сказанного, в новой концепции значительную роль играет процесс биологической эволюции. Сроки эволюции, их дисперсия существенно влияют на оценку населенности, на соотношение молодых и старых цивилизаций, на характер временной зависимости населенности и т.д. В то же время в старой концепции сроки биологической эволюции не оказывают никакого влияния на указанные параметры и, никак не учитываются [14]. Нам представляется это весьма любопытным фактом.

Нетрудно видеть, что концепция однократного возникновения жизни может быть согласована с современными экспериментальными данными о внеземных цивилизациях путем принятия менее спорных и менее произвольных положений о развитии цивилизаций, чем при концепции непрерывного возникновения жизни.

Важным результатом теоретического и экспериментального исследования проблемы внеземных цивилизаций за последние 25 лет является то, что проблема существования и развития разумной жизни во Вселенной связана с наблюдательными данными. Впервые появилась возможность проверки различных гипотез и теорий образования разумной жизни во Вселенной наблюдением и опытом. Уже первые шаги в этом направлении дают важные результаты. Дальнейшие, более совершенные и обширные, поиски разумной жизни во Вселенной, несомненно, приведут к еще более значительным результатам и выводам.

Литература

1. Внеземные цивилизации: Труды Бюраканского совещания, 1964 г., изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1965; Проблема СЕТІ. Связь с внеземными цивилизациями. М., 1975; Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М., 1987.

2. *Kreifeldt J.G.* A formulation for the number of communicative civilizations in the Galaxy // *Icarus*. 1971. Vol. 14. P. 419-430; *Гиндилис Л.М.* К методике оценки числа цивилизаций в Галактике // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М., 1981. С. 126-148; *Гиндилис Л.М., Пановкин Б.Н.* Методология оценки числа внеземных цивилизаций // *Астрономия, методология, мировоззрение*. М., 1979. С. 336-358.
3. *Кардашев Н.С.* Передача информации внеземными цивилизациями // *Астрон. журн.* 1964. Т. 41. Вып. 2. С. 282-287.
4. *Шкловский И.С.* Вселенная, жизнь, разум. М., 1987.
5. *Hart M.N.* An Explanation for Absence of Extraterrestrials on Earth // *Quart. Journ. R.A.S.* Vol. 16. No. 2. P. 128-135.
6. *Троицкий В.С.* Развитие цивилизаций и физические закономерности // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М., 1981. С. 5-29.
7. *Маковецкий П.В.* Радиосвязная стратегия поиска позывных внеземных цивилизаций // Проблема поиска внеземных цивилизаций. М., 1981. С. 97-121.
8. *Кардашев Н.С.* О стратегии поиска внеземных цивилизаций // *Вопр. философии*, 1977. N 12. С. 43-54; О неизбежности и возможных формах сверхцивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 25-30.
9. *Тартер Дж.* Обзор экспериментальных исследований по поиску сигналов внеземных цивилизаций (в радио и оптическом диапазонах). „Космический стог сена” и современные программы SETI в США // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 170-182; 220-225.
10. *Newman W.I. and Sagan C.* Galactic civilizations: Population dynamics and Interstellar Diffusion. 1979.
11. *Шкловский И.С.* О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной // *Астрономия, методология, мировоззрение*. М., 1979. С. 252-282; Замечания о частоте встречаемости внеземных цивилизаций // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 21-25.
12. *Маковецкий П.В., Петрович Н.Т., Троицкий В.С.* Проблема внеземных цивилизаций – проблема поиска // *Вопр. философии*. 1979. N 4. С. 47-59.
13. *Рубцов В.В., Урсул А.Д.* Методологические аспекты проблемы внеземных цивилизаций: современное состояние и некоторые перспективы // *Астрономия, методология, мировоззрение*. М., 1979. С. 359-378.
14. *Троицкий В.С.* К вопросу о населенности Галактики // *Астрон. журнал*. 1981. Т. 58. N 3. С. 1121-1130.
15. *Троицкий В.С.* Научные основания проблемы существования и поиска внеземных цивилизаций // *Проблемы поиска жизни во Вселенной*. М., 1986. С. 5-20.
16. *Троицкий В.С.* Почему не обнаружены сигналы внеземных цивилизаций? // *Земля и Вселенная*. 1981. N 1. С. 63-65.

СОДЕРЖАНИЕ

I. НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА, ВСЕЛЕННАЯ, СОЗНАНИЕ

<i>Ф.А. Цицин</i> Астрономическая картина мира: новые аспекты	3
<i>Ю.В. Сачков</i> Случайность в научной картине Вселенной	40
<i>В.В. Налимов</i> Осознающая себя Вселенная	50

II. ВСЕЛЕННАЯ КАК ЦЕЛОЕ В НАУЧНОЙ КАРТИНЕ МИРА

<i>А.Н. Павленко</i> Современная космология: проблемы обоснования	56
<i>В.В. Казютинский</i> Термодинамический парадокс в космологии: новый взгляд	84
<i>Дубровский В.Н., Молчанов Ю.Б.</i> Самоорганизация пространства-времени в процессе эволюции Вселенной	117
<i>М.Д. Ахундов, Л.Б. Баженов</i> Эволюция Вселенной, причинность и нелинейность	132

III. АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП В НАУЧНОЙ КАРТИНЕ МИРА

<i>В.В. Казютинский</i> Антропный принцип и мир постнеклассической науки	144
<i>И.Л. Розенталь</i> Теория элементарных частиц и принцип целесообразности	183
<i>А.В. Нестерук</i> Финалистский антропный принцип, его философско-этический смысл	193

IV. АСТРОСОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС В НАУЧНОЙ КАРТИНЕ МИРА И ПРОБЛЕМА ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

<i>Л.М. Гиндилис</i> Астросоциологический парадокс в проблеме SETI	203
<i>В.С. Троицкий</i> Внеземные цивилизации и опыт	232