

Глава 1

НАЧАЛО ВСЕЛЕННОЙ И ПЕРИОДИЗАЦИЯ ЕЕ ЭВОЛЮЦИИ

1.1. Проблема начала

1. Большой взрыв и Большая история. Согласно господствующим сегодня в научно-популярной литературе и у образованной публики представлениям (которые еще достаточно распространены и у профессиональных физиков и космологов), Вселенная появилась несколько менее 14 млрд лет назад как бы ниоткуда, из гипотетического совершенно особого состояния сингулярности в результате Большого взрыва. До этого не существовало ничего, ни материи в какой-либо форме, ни пространства, ни времени. Теория Большого взрыва ныне общепринята и стала важной составной частью современного научного мировоззрения. (На самом деле вопрос о Большом взрыве и состоянии Вселенной в момент ее возникновения решается современной физикой в лице, по крайней мере, значительной части ученых в ряде важных моментов иначе, и мы рассмотрим эти аспекты позже в специальном § 1.2.) Но пока остановимся на некоторых аспектах такого распространенного взгляда. Он очень удобен с точки зрения исторического изложения, поэтому так нравится приверженцам Большой истории. Ведь история – это рассказ об уникальных событиях, выстроившихся во временную цепь последовательности, начиная с определенного начального момента. А если нет начального события, если все было всегда в том же состоянии, какая же тут история? Неудивительно, что и направление Большой (Универсальной) истории стало складываться в разных странах именно после того, как идея Большого взрыва получила экспериментальное подтверждение (см. ниже). Без нее как начальной точки не было бы и Большой истории. Однако, говоря о Большом взрыве, нельзя не затронуть философскую проблему начала процессов.

2. Начала эволюционных процессов, особенно узловых, при анализе требуют особых подходов. Начало новой эволюционной фазы – пограничный процесс, где накопленные изменения переходят в новое качество, поэтому определение момента начала для та-

кого рода процессов всегда сложно, условно, а потому спорно. Ведь процесс непрерывен, стало быть, наше выделение в нем стадий и рубежей всегда так или иначе огрубляет реальность. Тем более это касается непонятых до конца процессов, таких как возникновение жизни или *Homo sapiens*. Кроме того, как писал П. Тейяр де Шарден (1987), с самого начала мы сталкиваемся с фундаментальным условием опыта, в силу которого начала всех вещей имеют тенденцию становиться материально неуловимыми – закон, повсюду встречаемый в истории. Он называл этот закон «автоматическим устранением эволюционных черешков». При этом, с одной стороны, благодаря развитию методов определения абсолютного возраста установлены достаточно точные датировки некоторых начальных (узловых) процессов эволюции, но с другой – представления о содержании ряда таких начальных процессов достаточно смутные и находятся пока еще на уровне гипотез, иногда диаметрально противоположных, как, например, в отношении происхождения жизни: имеет она земное происхождение или внеземное. В такой ситуации любое появление новых фактов может радикально изменить все датировки, что и происходило неоднократно (например, в отношении начала антропогенеза, появления предков гоминид, геологических процессов и т. д.).

3. Большой взрыв и пульсирующая Вселенная. Что касается теории Большого взрыва, то она покоится на двух экспериментально подтвержденных фактах. Это, во-первых, так называемое красное смещение, то есть смещение спектров наблюдаемых галактик. Исходя из этого делается вывод, что галактики постоянно удаляются от нас со скоростью тем большей, чем дальше от нас находятся (закон Хаббла)². Разбегание галактик, если рассматривать вопрос ретроспективно, означало, что когда-то вся материя находилась в одном месте (а значит, в абсолютно сжатом состоянии), и начальной причиной ее развертывания долгое время считали чудовищной силы взрыв (хотя сейчас в этом отношении сделаны значительные поправки; см. об этом дальше). Во-вторых, реликтовое излучение фотонов, которое наблюдается везде в космическом пространстве. Речь идет о фотонах, возникших после Большого взрыва и пустившихся в «путешествие» по Вселенной через несколько сотен тысяч лет после него в результате процесса рекомбинации водорода

² По современным данным, постоянная Хаббла равна $70,5 + 1,3 - 1,4$ км/сек/Мпк (хотя иногда встречаются и другие данные).

(см. об этом ниже). На основании измеренной температуры фотонов (около 3 К) и скорости разбегания галактик и был реконструирован возраст Вселенной³.

С точки же зрения проблемы *начала* Большой взрыв не только не составляет исключения, но и, напротив, сосредоточивает в себе все сложности проблемы, поскольку он является как бы началом всего, началом всех начал. Прежде всего отметим, что Большой взрыв принимается просто как некая данность, причины которой абсолютно неясны. Хотя для такого вселенского масштаба имеется достаточно точная датировка, из самой теории Большого взрыва как начала начал практически ничего нельзя было вывести о причинах этого события.

Длительное время с теорией Большого взрыва сосуществовала, дополняя ее, гипотеза, которая логично объясняла Большой взрыв, в то же время лишая его статуса «абсолютного первоначала» и делая хотя и исключительно важной, но все же повторяющейся вехой в бесконечном процессе коллапса и реколлапса Вселенной. Я имею в виду гипотезу так называемой пульсирующей Вселенной, которая считает, что Большой взрыв – это завершение очередной фазы сжатия Вселенной и начало ее расширения. Она предполагает, что Вселенная существует вечно и периодически (с интервалами в десятки миллиардов лет) сжимается и разжимается. Ее любил известный писатель-фантаст и популяризатор науки А. Азимов, который писал, что если принять ее, то это означает, что мы живем в относительно короткий период быстрого расширения, а когда-то наступит относительно короткий период быстрого сжатия, каждый из них продолжительностью «всего лишь» несколько десятков миллиардов лет; а между ними будет длительный период, по существу, статической Вселенной (Азимов 2000). В настоящее время теория пульсирующей Вселенной считается устаревшей, хотя некоторые астрофизики продолжают ее поддерживать. В некотором смысле

³ Третьим важнейшим доказательством как горячего Большого взрыва, так и того, что он не был самым началом Вселенной, является открытие в конце прошлого века так называемой анизотропии реликтового излучения. Анизотропия в данном случае – это разница температуры реликтового излучения в различных направлениях на небе, что доказывает существование первичных флуктуаций плотности в возникшей Вселенной (Сажин б. г.) и несет информацию о временах до горячего Большого взрыва, то есть о фазе инфляции, о которой мы подробно будем говорить далее. Открытие реликтового излучения, равно как и его анизотропия, показали в очередной раз, что любое событие, каким бы отдаленным оно ни было, оставляет или потенциально может оставить какие-то следы, которые (зная код) можно прочитать. Это крайне важно для познания вообще и понимания эволюции в частности.

она возродилась в теориях, альтернативных теории инфляции (см. об этом ниже в § 1.2).

Эти космологи и астрофизики считают, что общий возраст Вселенной (от ее расширения после Большого взрыва и до ее коллапсирования в сингулярность) составит 100 млрд лет; настоящий возраст ее, то есть сколько лет уже она прожила, – 20 млрд лет, и ей еще осталось расширяться 30 млрд лет, а затем расширение Вселенной сменится сжатием и коллапсом, которые будут продолжаться симметрично столько же, сколько она расширялась, то есть 50 млрд лет (Среди ученых-специалистов, отстаивающих данную схему, можно назвать прежде всего С. Хокинга, С. Вайнберга, Р. Пенроуза и других.) (Хван 2008: 318).

Эта гипотеза, хотя механизм пульсирования остается необъясненным, более отвечает эстетическим требованиям симметрии, логичности и цикличности, чем идея Большого взрыва без причин. Поэтому, если бы пришлось выбирать между двумя гипотезами по «красоте», то я, без сомнения, остановился бы на идее пульсирующей Вселенной. Но современные данные не дают подтверждения этой гипотезе⁴. Мало того, в конце XX в. была открыта так называемая темная энергия, или космический вакуум (см. о нем ниже) с отрицательной силой тяготения. Сегодня о космическом вакууме (который, как считают, составляет две трети всей энергии Вселенной) неизвестно почти ничего⁵. Признано, что благодаря этой таинственной силе Вселенная расширяется с ускорением. А это можно интерпретировать так, что она будет расширяться вечно. И пока нет экспериментальных подтверждений предположению о том, что в какой-то момент расширение Вселенной должно смениться обратным процессом сжатия. Таким образом, согласно господствующим ныне представлениям получается, что у Вселенной есть начало, но нет конца. Эта односторонняя во времени бесконечность, ра-

⁴ Правда, в какой-то мере теории пульсирующей Вселенной соответствует идея о так называемом отскоке, смене сжатия Вселенной ее расширением, что и вызвало Большой взрыв. К этой идее мы еще вернемся в § 1.2.

⁵ Не случайно его описание напоминает описание гипотетической всепроникающей среды мирового эфира, благодаря которому, как считалось до конца XIX в., только и могут проходить электромагнитные колебания. Вот, например, как характеризует космический вакуум А. Чернин: «в любой произвольной системе отсчета вакуум выглядит абсолютно одинаково», «воздействуя на все тела природы своей антигравитацией, он сам никакому обратному гравитационному влиянию этих сил не поддается» и т. п. (Чернин 2005: 61).

зумеется, столь же сложна для понимания, как и двусторонняя, и столь же подвержена критике.

Однако все открытия последних столетий и десятилетий лишь подтверждали идею, что в природе не может быть вечных и бесконечных процессов, рано или поздно самые длительные процессы изменяются (меняют вектор, прекращаются, переходят в иные и т. п.). Вот почему представляется не только весьма вероятным, но и почти неизбежным появление (раньше или позже) данных, которые покажут, как и почему бесконечный процесс расширения должен трансформироваться⁶. В этом случае позиции сторонников теории пульсирующей Вселенной могут усилиться. Но и она, конечно, не решение проблемы. Очевидно, что, отвечая на один вопрос, теория пульсирующей Вселенной приводит нас к массе других. Это весьма напоминает ситуацию с проблемой происхождения жизни: гипотезы о зарождении жизни на Земле имеют много недостатков, которые снимает гипотеза о внеземном зарождении жизни (панспермия⁷). Но как и откуда появилась жизнь в космосе?

4. Что такое начало начал с точки зрения философии? Человеческий ум, а тем более ум ученого, ненасытен. Любое открытие, любое продвижение вглубь тут же вызывает новые вопросы, в том числе вопросы о началах: что было в начале? Что было до начала? А если так было всегда, то как это может быть, поскольку у всего было начало? И т. п. Философская проблема начала всех начал, которая неизбежна в отношении теории Большого взрыва, – одна из древних проблем мышления и философии, но в каждую эпоху принимающая в зависимости от уровня знаний новую форму (см. также: Christian 2004: 19–21). *Надо ясно понимать, что вопрос о начале начал – это всегда указатель предела наших знаний, но не реального начала мира.* Начало всех крупных фаз эволюции (включая происхождение Земли) и начало самой Вселенной погружены во мрак неизвестности, в этих гипотезах масса пробелов и нестыковок. Нужно хорошо понимать, что отсчет жизни Вселенной с Большого взрыва – это гипотетическая реконструкция, что рано

⁶ В частности, Горбунов и Рубаков (2010: 20) не исключают возможность противоположных бесконечному расширению сценариев, поскольку предсказать будущее Вселенной на основе космологических наблюдений невозможно. Следовательно, возможен вариант, при котором сила темной энергии может сократиться до нуля, Вселенная начнет сжиматься и эволюция закончится коллапсом.

⁷ Точнее, термин «панспермия» означает вечность жизни (см. подробнее: Гринин и др. 2013: 7–8).

или поздно мы выйдем за поставленные таким подходом ограничения. И скорее всего, возраст Вселенной будет увеличен (впрочем, и сегодня есть достаточно популярные теории – мы о них еще скажем, – которые не ставят предела возрасту Вселенной. Правда, сама Вселенная в них также отличается от обычных представлений).

Попутно отметим, что удревление начал происходит в разных науках с большим или меньшим постоянством. Так, было во много раз увеличено время существования Солнца и Земли после открытия радиоактивности, становятся более древними датировки ряда геологических процессов, появления жизни и многоклеточных, сапиенсов, а также социальных качеств, наличие которых ранее приписывали исключительно человеку (например, способности к обучению). В космологии также что-то постоянно удревляется, например время формирования первых звезд и галактик. Почему бы не предположить, что будет увеличен и возраст Вселенной?

5. В начальные периоды законы всегда проявляются особому. Переход к качественно новому состоянию – это всегда очень крупный и сложный фазовый переход, характеризующийся следующими особенностями.

1) Для его осуществления нужны особые, крайне редко складывающиеся условия.

2) Такой переход в ряде случаев может происходить только в сложных бифуркационных состояниях.

3) В результате подобного перехода могут сложиться условия для особых состояний, в которых известные нам законы проявляются совершенно непривычно.

4) Мало того, начальные (генезисные) фазы и состояния таковы, что там могут действовать как бы иные законы (иная физика, иная химия, биология и социология и т. п.).

В отношении Большого взрыва эти особенности проявления законов тем более релевантны. Как гласит та теория Большого взрыва, которая стала ныне частью общего представления в Большой истории (о другой, как представляется, более адекватной последним достижениям астрофизики, мы скажем ниже), Вселенная возникла из сингулярности, то есть точки с практически нулевым объемом и бесконечно высокими плотностью и температурой. Это состояние, называемое сингулярностью, не поддается не только математическому, но и любому иному описанию, поскольку плотность и температура тут не имеют пределов. Недаром физики-

популяризаторы изошряются в том, чтобы привести все более поражающие воображение сравнения. «В момент Большого взрыва вся Вселенная была исторгнута из микроскопического ядра, по сравнению с которым песчинка весом в долю грамма выглядит исполином», – пишет, например, Брайан Грин (2004: 7). «По сравнению с большим взрывом, звук взрыва самой мощной атомной бомбы человечества, в лучшем случае, будет сравним с шорохом падения на землю комара на другой стороне Земли», – гуляет по Интернету сравнение некоего Вентиньи. Иными словами, «в сингулярности или около нее Вселенной управляла совсем другая физика, отнюдь не сводящаяся к тому, что мы сейчас знаем о ее законах» (Чернин 2005: 31).

6. Условность начала и критика теории Большого взрыва.

Предельность наших знаний для построения всеобъемлющей объяснительной концепции всегда требует какого-то крупного допущения. Теория бесконечной во времени и пространстве стационарной Вселенной, которая предшествовала современной теории горячей расширяющейся Вселенной, имела таким допущением необъяснимость вечности Вселенной. Каким образом неизменная Вселенная порождает вектор изменений, было неясно. Теория Большого взрыва опирается на принципиально иную базу научных фактов, абсолютно недоступную для предшественников. Однако и в ней имеется не менее, а пожалуй, даже более сильное допущение, а именно введение условного начального момента, а также, по сути, неизбежного катастрофического конца за счет бесконечного расширения Вселенной⁸. Неудивительно, что, несмотря на общепринятость, эта теория подвергается критике с самых разных сторон (атеистов и верующих, философов и физиков).

Так, известный шведский физик и астрофизик, лауреат Нобелевской премии Х. Альвен отнес гипотезу Большого взрыва к ряду математических мифов. Он говорил близким друзьям, что думает, будто эта теория пробует совместить науку с авторитетным религиозным утверждением «*creatio ex nihilo*», или созданием из ничего. Отмечая возрастание фанатичной веры в него, ученый пи-

⁸ Альтернативные теории горячей Вселенной и Большого взрыва, как вышеописанная теория пульсирующей Вселенной или Космология стабильного состояния Фреда Хойла и его коллег, согласно которой Вселенная расширяется, но начала не имеет, поскольку всегда остается подобной себе самой, базировались на идее изменяющейся, но в определенных отношениях стационарной Вселенной.

шет: «...Эта космологическая теория представляет собой верх абсурда – она утверждает, что вся Вселенная возникла в некий определенный момент подобно взорвавшейся атомной бомбе, имеющей размеры (более или менее) с булавоочную головку. Похоже на то, что в теперешней интеллектуальной атмосфере огромным преимуществом космологии “Большого взрыва” служит то, что она является оскорблением здравого смысла: *credo, quia absurdum* (“верую, ибо это абсурдно”)! Когда ученые сражаются против астрологических бессмыслиц вне стен “храмов науки”, неплохо было бы припомнить, что в самих этих стенах подчас культивируется еще худшая бессмыслица» (цит. по: Роузвер 2005; другие примеры развернутой критики см., в частности: Кэри 1991: гл. 23; Баландин 2009: гл. 7). Высказывается и такого рода критика: «Все же Большой взрыв – не единственная доступная возможность понять историю Вселенной. Плазменная космология и стационарная Вселенная – обе рассматривают развивающуюся Вселенную без того, чтобы в ней было начало и конец. Эти и другие альтернативные подходы могут также объяснять основные явления космоса, включая изобилие легких элементов, создание крупномасштабных структур, космическое фоновое излучение, и как красный сдвиг далеких галактик зависит от расстояния. Они даже предсказали новые явления, которые впоследствии наблюдались, а теория Большого взрыва не сумела это сделать.

Стронники теории Большого взрыва могут возразить, что эти теории не объясняют каждое космологическое наблюдение. Но это неудивительно, поскольку их развитие было строго ограничено полным недостатком финансирования. Действительно, такие вопросы и альтернативы свободно не могут теперь быть обсуждены и исследованы. Открытый обмен идеями отсутствует на большинстве конференций. Вопреки словам Ричарда Фейнмана: “Наука – это культура сомнения”, в космологии сегодня сомнение и инакомыслие не допускается, и молодые ученые останутся немymi, если они что-то отрицательное скажут о стандартной модели Большого взрыва. Те, кто сомневаются относительно Большого взрыва, боятся, что высказывание обернется им отсутствием финансирования» (Открытое... 2004).

Есть мнение, что теория Большого взрыва противоречит законам сохранения энергии (поэтому и идет речь о совсем другой фи-

зике). Не вдаваясь в этот сложный вопрос, отметим, что Большой взрыв не укладывается в фундаментальные характеристики эволюции, которые, во-первых, требуют появления нового качества или уровня не на пустом месте, а из чего-то предшествующего, а во-вторых, при любом качественном переходе имеется и некий переходный период, когда старое и новое очень трудно разделить. Изменения, разумеется, могут происходить очень быстро, скачком, но никогда возникновение нового качества не совершается без подготовки, в едином акте. Признание мгновенности и без всякой подготовки (вызревания условий) перехода равносильно признанию чуда и несовместимо с идеей эволюции.

Вот почему идея Большого взрыва в философском плане, по существу, равнозначна идее первотолчка, которую обосновывали натурфилософы и ученые XVII в., а то даже и Акта творения. Повторим, суть идеи (не беря колоссальную разницу в уровне научной базы) в том, что нечто появляется в результате одного, не поддающегося объяснению нашими знаниями, акта и с помощью неясной, но сверхмогущественной силы⁹.

Вначале был взрыв. Не такой взрыв, который знаком нам на Земле и который начинается из определенного центра и затем распространяется, захватывая все больше и больше пространства, а взрыв, который произошел одновременно везде, заполнив с самого начала все пространство, причем каждая частица материи устремилась прочь от любой другой частицы. В этом контексте «все пространство» может означать либо все пространство бесконечной Вселенной, либо все пространство конечной Вселенной, которое замкнуто на себя, как поверхность сферы. Каждую из этих возможностей нелегко постичь, но это нам не мешает: оказывается, что на историю Ранней Вселенной не влияет, является ли пространство конечным или бесконечным (Вайнберг 2000).

Не напоминает ли вам это описание атрибутивов Высшего существа? К слову, отмечу для иллюстрации условности наших представлений, что когда физики, например при-

⁹ Недаром католической церкви понравился «Big Bang» (Савченко, Смагин 2006: 236). Дэвид Кристиан справедливо рассматривает Большую историю как современную форму древних универсальных объяснительных концепций, как возврат на современном уровне к Универсальной истории (Christian 2004; 2010; 2011), а Универсальная история, как известно, всегда начиналась от сотворения мира.

верженцы стандартной теории горячей Вселенной и иных ее версий, спорят о том, какой величины была свернутая Вселенная в состоянии сингулярности (планковской длины $1,616 \times 10^{-33}$ см или меньшей), а равно за какое время она возникла (за планковское, то есть 10^{-43} секунды, или за меньшее), то, с одной стороны, за этим, конечно, стоят сложные научные проблемы, но с другой – на ум невольно приходят ассоциации со схоластическими спорами философов Средних веков, в том числе о том, сколько чертей уместится на кончике иголки.

Все сказанное, разумеется, не страшно, если воспринимать идею Большого взрыва и совершенно невообразимого состояния, в котором будто бы находилась Вселенная в этот момент, не буквально и абсолютно, а как некую условность, в которую надо верить за неимением лучшего. Надо иметь также в виду, что «в природе мы еще не столкнулись с чем-то измеримым, что имеет бесконечную величину» (Смолин 2007). А ведь сингулярность перед Большим взрывом (как и ряд других сингулярностей, например в черных дырах) и есть бесконечность, которой не встречается в природе, но которая есть обратная сторона нашей математики. «Некоторые люди интерпретируют такое поведение как остановку времени, но более умеренный взгляд заключается в том, что теория просто неадекватна» (Там же).

Таким образом, эта концепция имеет серьезные изъяны, поэтому ее надо воспринимать как дань ограниченности наших знаний, как приемлемую (за неимением лучшей) математическую абстракцию, поскольку при всех натяжках она пока единственная позволяет дать связную картину. Я надеюсь, что читатель будет иметь в виду после всего вышесказанного, что ко многим из описанных процессов надо относиться не как к истине в последней инстанции, а как к наилучшей или наиболее признанной на настоящий момент гипотезе, как к более или менее правдоподобной реконструкции, которая, однако, рано или поздно может быть заменена лучшей. Кроме того, я с удовольствием хочу остановиться на том, что современная физика кое в чем преодолела ограниченность этих подходов, хотя до широкой публики эти важные изменения еще не дошли; мало того, даже в популярных изложениях серьезных физиков Большой взрыв остается именно таким, как он описан выше.

1.2. А был ли Большой взрыв? Вселенная до Большого взрыва: стадии инфляции и постинфляционного разогрева

Этот параграф имеет смысл сразу начать с главного, поскольку теория инфляции, то есть расширения (раздувания) Вселенной, делает архаичными все еще очень распространенные взгляды, согласно которым история Вселенной (и Большая история, на которую мы опираемся) начинается с Большого взрыва и сингулярности. Теория инфляции делает Большой взрыв только одной, причем не начальной, фазой развития. Однако сегодня, говоря о Большом взрыве, надо уточнять, о каком именно взрыве идет речь. Дело в том, что в физике и космологии, которые исследуют процессы в ранней Вселенной, единой терминологии в отношении Большого взрыва не сложилось: здесь существует серьезная путаница, о которой мы подробнее скажем ниже. Поэтому в данном параграфе, если иное не оговаривается, везде под Большим взрывом имеется в виду горячий Большой взрыв¹⁰. Далее смысл этой оговорки станет более ясным.

1.2.1. Основная идея. Последовательность эпох

Основная идея теории инфляции заключается в том, что *Большой взрыв не был началом и моментом рождения Вселенной, а ему предшествовали по меньшей мере две эпохи: инфляции и постинфляционного разогрева*. Д. С. Горбунов и В. А. Рубаков пишут по этому поводу вполне определенно: «Согласно инфляционной теории, стадии горячего Большого взрыва предшествовала стадия быстрого... расширения Вселенной (стадия инфляции. – Л. Г.). По окончании инфляции наступила более или менее продолжительная стадия постинфляционного разогрева, в результате которого вакуумоподобная энергия в конце концов перешла в тепло» (Горбунов, Рубаков 2010: 234). То есть горячий Большой взрыв – это только фазовый переход от состояния холодной инфляции к горячей фазе.

¹⁰ Понятие *горячего* Большого взрыва сравнительно новое, оно возникло в процессе развития теории инфляции. В физике и космологии в 1960–1970-е гг. как бы само собой предполагалось, что Большой взрыв был горячим. Но в то же время были еще и теории холодного Большого взрыва, которые не подтвердились наблюдениями. Для справки стоит заметить, что понятие «холодный взрыв» – не нонсенс. Бывает холодный взрыв как явление бурной цепной реакции химической смеси, происходящее при охлаждении до температур, близких к абсолютному нулю. Первоначально такая реакция была обнаружена для смеси метилциклогексана и хлора, охлажденной до температуры около 10 К.

В этой связи теперь Большой взрыв обязательно именуется как *горячий* Большой взрыв, поскольку если он и имел место, то уже после разогрева.

Поскольку теория инфляции еще относительно молода, такой взгляд не является общепринятым у физиков. Среди них еще немало тех, кто считает Большой взрыв началом Вселенной, а инфляцию – фазой, которая за ним последовала. Но такой разницей едва ли не в основной мере объясняется именно путаницей в терминологии. Дело в том, что когда говорят о Большом взрыве как о событии, которое предшествовало началу инфляции, часто подразумевают не горячий Большой взрыв (то есть классический БВ), а другой – прединфляционный Большой взрыв. Однако описание и характеристики последнего являются еще более темными, чем у горячего Большого взрыва. Он также не имеет какого-то общепринятого названия, встречаются упоминания о планковской эпохе БВ, ранней стадии БВ, истинном БВ и т. п.

Таким образом, в литературе иногда говорят просто о Большом взрыве, иногда о горячем Большом взрыве, порой, упоминая о нем, подразумевают два больших взрыва: один (непонятной природы) перед инфляцией, другой – после нее (горячий Большой взрыв). При этом не уточняется, был ли «истинный» Большой взрыв толчком для квантовой флуктуации (о которой см. ниже) либо это просто начало стадии инфляции. В теориях же (см. ниже), которые рассматривают нашу Вселенную как одну из мириад вселенных мультиверса, большие взрывы имеют причины, отличные от классической теории БВ.

И такая путаница укрепляет подозрения, что понятие Большого взрыва в принципе стало лишним после появления теории инфляции. Неудивительно, что трудно найти сколько-нибудь четкое, ясное описание горячего Большого взрыва и тем более истинного БВ. Создается впечатление, что фактически с введением стадии постинфляционного разогрева понятие Большого взрыва оказывается просто не нужным, если использовать схему: флуктуация (что бы ее ни вызвало) – инфляция – постинфляционный разогрев. Складывается мнение, что физики упоминают Большой взрыв скорее по традиции и во избежание лишних проблем (см. также последний раздел книги, «Краткое изложение основных событий космической фазы Большой истории»). В то же время среди популяризаторов господствует желание видеть в Большом взрыве нечто весьма реальное и апокалиптическое.

При этом большинство исходных начальных условий, которые определяют важнейшие характеристики современной Вселенной, также относят к стадии инфляции, а не горячего Большого взрыва.

1.2.2. Причины появления теории инфляции

Главная причина появления теории инфляции заключалась в том, что существовавшая до нее теория БВ не могла удовлетворительно объяснить ряд современных параметров Вселенной. «В теории горячего Большого взрыва нет ответов на вопросы о том, почему Вселенная такая однородная, изотропная, “большая” (пространственно-плоская) и горячая. Наоборот. В рамках этой теории указанные фундаментальные свойства нашей Вселенной выглядят как следствия чрезвычайно неестественных начальных условий» (Горбунов, Рубаков 2010: 341; Guth 2002; 2004). Возьмем для пояснения сказанного саму идею взрыва. Как известно, взрыв – это всегда перепад давления сред: в каком-то месте температура очень быстро поднимается, быстрое расширение приводит к повышению давления и в итоге к взрывным эффектам. При этом взрывы всегда связаны с возникновением неравномерностей в среде, где они распространяются, и всегда имеется (и в определенном смысле сохраняется) центр взрыва. Это значит, что состояние окружающего пространства в тех или иных показателях неравномерно по отношению к этому центру. Однако наша Вселенная изотропна и однородна, то есть в достаточно большом масштабе в ней невозможно определить центр, а свойства пространства не зависят от выбранного направления и места. В случае взрыва это было бы не так. Теория инфляции объясняет причины равномерного разбегания частиц, невозможного при взрыве, за счет равномерного влияния силы отрицательного давления (так называемого фальшивого вакуума), благодаря которой Вселенная и расширялась.

Один из главных постулатов теории инфляции заключается в том, что начало Вселенной и ее разбуханию положила квантовая (то есть ничтожная по размерам) флуктуация, после чего за короткое время этот микроскопический участок разросся до размеров 1 см^3 (а далее продолжал расти на десятки порядков). Для такого изначального размера объяснить однородность, изотропность, причинную связанность частей физикам оказывается возможным. Эти моменты становятся как бы естественными, тогда как в теории Большого взрыва их приходилось «закладывать руками» (Горбу-

нов, Рубаков 2010: 340; см. также: Guth 2002). Плоскостность нашей Вселенной (благодаря чему при ее анализе можно использовать параметры евклидовой геометрии) объясняется гигантским расширением, при котором кривизна почти исчезает.

В теории инфляции находит решение и проблема начальных неоднородностей. Дело в том, что старая теория Большого взрыва также не объясняла в достаточной степени, почему возникли галактики и другие скопления материи, в то время как теория инфляции это объясняет квантовыми флуктуациями (10^{-5}), которые при расширении стали достаточно значимыми, чтобы быть затравками для гравитационных сгущений.

Исторически первая разработанная в деталях модель инфляции – модель А. А. Старобинского – по ряду параметров являлась вполне успешной (Горбунов, Рубаков 2010: 342). Однако, к сожалению, как это нередко бывало в истории отечественной науки, этот сценарий не получил широкой известности, хотя, по мнению наших физиков, он выглядит вполне естественным и, возможно, даже содержит меньше допущений. Теория инфляции в наиболее известном виде впервые была сформулирована в 1981 г. в знаменитой статье Алана Гуса (в другой транскрипции – Гута), который продолжает активно ее пропагандировать.

В целом, картина с инфляцией и последующим горячим большим взрывом настолько устоялась, что сейчас уже называется стандартной космологической моделью «Лямбда-CDM»¹¹. Доказательством теории инфляции считается открытие так называемой анизотропии реликтового излучения (то есть то, что реликтовое излучение имеет колебания, хотя и очень небольшие, в температуре в зависимости от направления излучения). Ведь плотность энергии в разных точках пространства не может быть совершенно одинаковой. Сторонники инфляционной теории высказывали пожелания экспериментаторам обнаружить такие флуктуации температуры. «В 1992 году это пожелание было выполнено. Практически одновременно российский спутник “Реликт-1” и американский “COBE” обнаружили требуемые флуктуации температуры реликтового излучения. ...Современная Вселенная имеет температуру

¹¹ Первая буква в этой аббревиатуре – большая греческая лямбда (Λ), которая относится к космологическому лямбда-члену, CDM – это Cold Dark Matter, то есть темная материя). Лямбда, как известно, была введена А. Эйнштейном как так называемая космологическая постоянная, чтобы обеспечить в теории стабильность Вселенной за счет введения отрицательного давления. С тех пор к этой идее время от времени возвращались.

2,7 К, а найденные учеными отклонения температуры от среднего составляли примерно 0,00003 К» (Рубин 2004).

Для современных космологических и космофизических концепций эпоха инфляции является очень важной. Фактически ее «сделали ответственной» не только за вышеприведенные характеристики нашей Вселенной, но и за возникновение закона Хаббла. Также некоторые исследователи предполагают, что именно в этот период появилась темная материя и другие экзотические элементарные частицы, а также возникла возможность преобладания числа частиц вещества над антивеществом, превращения безмассовых частиц в частицы, имеющие массы¹², и ряд других. «Инфляция – это не просто теория исходного (предельного) начала, но теория эволюции, которая объясняет, по существу, все, что мы видим вокруг нас, начавшись почти из ничего», – с восторгом поясняет Алан Гус (Guth 2002). К слову сказать, более раннюю его работу редакторы снабдили очень характерной аннотацией: «Через две тысячи лет после того, как Лукреций провозгласил, что ничего не может возникнуть из ничего, инфляционная теория утверждает, что он был неправ» (*Idem* 1997).

Надо ясно понимать, что появление теории инфляции – это результат поиска таких физических условий, при которых бы можно было объяснить характеристики современной Вселенной. Для моделирования таких изначальных условий вводятся соответственно гипотетические состояния вещества и энергии. Поэтому абсолютно естественно, что существуют десятки конкурирующих моделей стадии инфляции, а также то, что практически по всем параметрам этой стадии много неясного. Удивительно, что наука вообще может выдвигать достаточно стройные и аргументированные гипотезы о столь отдаленных и кратких периодах. Тем не менее с точки зрения эволюциониста (а книга эта написана именно с такой точки зрения) возникают вопросы и сомнения, которые мы рассмотрим в конце параграфа.

1.2.3. Характеристики фазы инфляции. Постинфляционный разогрев

Постулаты инфляционной теории. Предшествовало ли что-то инфляции и что это могло быть, неясно. На этот счет есть целый ряд гипотез, которые мы рассмотрим ниже. Так или иначе, соглас-

¹² Это связано с существованием так называемого бозона Хиггса, который как будто бы открыли в 2012 г. на Большом адронном коллайдере (см. также Рис. 3).

но современным представлениям, по пока абсолютно непонятным причинам, возникла квантовая флуктуация, в результате чего из некоего крошечного (но все же измеряемого) объема возник прообраз нашей Вселенной. Это, по сути, и есть первый постулат инфляционной теории (идея о квантовых изначальных размерах будущей Вселенной). Вторым постулатом является идея о том, что этот объем был заполнен особой – реально никогда не наблюдаемой, то есть гипотетической – субстанцией. Она называется фальшивым, или ложным, вакуумом с отрицательным давлением, то есть вакуумом, который не притягивал, как гравитация, а отталкивал. В результате отрицательного давления этой субстанции Вселенная стала необычайно быстро (с ускорением) расширяться (на многие, многие порядки), пока не достигла очень большого объема. Это расширение, согласно теории, и порождает закон Хаббла.

Вакуумоподобную энергию с отрицательным давлением и постоянной температурой, которая вызвала расширение (инфляцию), теперь часто называют *инфлатоном*¹³.

Инфлатон и другие уравнения состояния. В космологии различают три основных уравнения состояния материи: а) пылеподобное, б) радиационно доминированное, в) уравнение состояния фальшивого вакуума (Сажин 2002: 60). «Следует отметить, что все уравнения состояния, известные из обычной лабораторной физики, в космологических терминах являются уравнениями состояния пыли» (Там же).

Пылеподобное уравнение состояния, возникшее в первые сотни тысяч лет после БВ, наблюдается и в настоящее время, в нем давление в релятивистском смысле равно нулю. Радиационно доминированное уравнение состояния имеет положительное и довольно значимое давление. Это состояние, как предполагается, существовало в горячей Вселенной после разогрева и БВ до примерно 80 тыс. лет после БВ и окончательно сменилось пылевидным состоянием примерно через 270 тыс. лет после БВ (см. также Рис. 4). Радиационно доминированное уравнение состояния является гипотетическим (не наблюдаемым в лаборатории), но в еще большей степени гипотетическим представляется уравнение состояния фальшивого вакуума – оно никогда не наблюдалось в реальности или лабораторных условиях. Главными особенностями этого состояния являются не только отрицательное давление, но и то, что

¹³ Инфлатон – это особое поле, образуемое вакуумоподобной энергией, которое вносит доминирующий вклад в процессы расширения во время инфляции (более точное физическое определение см.: Горбунов, Рубаков 2010: 354).

при расширении плотность этой среды не меняется, соответственно не меняется и температура, если о температуре здесь корректно говорить вообще¹⁴. В случае «отрицательного давления плотность среды не зависит от времени и масштабного фактора... В обычной физике только у вакуума плотность не меняется при расширении, поэтому такое состояние иногда называют состоянием фальшивого (или ложного) вакуума» (Сажин 2002: 62).

Завершение стадии инфляции, постинфляционный разогрев. Период инфляции (как и все начальные стадии ранней Вселенной) был очень коротким, тем не менее для теории важно, чтобы он не был короче определенной длительности, измеряемой в кратчайших единицах, так называемых планковских временах (от 70 до 100 таких времен, укладываемых в ничтожнейшие доли секунды)¹⁵. Такая длительность в терминах теории инфляции получила название медленного скатывания скалярного (инфлатонного) поля. Во время этого процесса потенциальная энергия этого поля уменьшалась, переходя в кинетическую. Предполагается, что это приводит к образованию так называемого бозонного конденсата. В конце концов, к определенному моменту потенциальная энергия инфлатона (инфлатонного поля) достигает минимума. Это означает, что условия, необходимые для экспоненциального расширения, нарушаются, и инфляционная стадия заканчивается. И это приводит к довольно быстрому разогреву Вселенной. Наступает стадия постинфляционного разогрева, в которой происходит распад бозонного конденсата за счет колебаний (осцилляций) инфлатонного поля, достигшего минимума своей энергии. В процессе колебаний инфлатонного поля начинается образование различных частиц, о природе которых имеются различные предположения. Энергия инфлатона переходит в энергию рождающихся частиц в результате их взаимодействия с быстро меняющимся инфлатонным полем (образно говоря, происходит «откачка» энергии и за счет этого разогрев). Это привело к быстрому разогреву Вселенной (иными словами, резко возросла энтропия, которая ранее в инфлатоне – ложном вакууме была небольшой) и образованию элементарных частиц обычного вещества. При этом все время шло быстрое расширение Вселенной. А инфлатонное уравнение

¹⁴ Впрочем, с понятием температуры для стадии инфляции вообще очень непросто, в каком-то отношении это понятие может быть здесь вовсе нерелевантным, или, альтернативно, температура равна абсолютному нулю (так как речь идет о полном вакууме, хотя и имеющем конечную плотность).

¹⁵ 100 планковских характерных времен – это что-то вроде промежутка времени от 5×10^{-44} – 5×10^{-42} с.

состояния материи переходит в пылевидное. И позже, когда разогрев достиг пика, пылевидное уравнение состояния переходит в радиационно доминированное. Иначе говоря, достигнув сверхвысокой температуры, материя перешла в состояние «сверхгорячей плазмы, состоящей из свободных кварков, глюонов, лептонов и высокоэнергетичных квантов электромагнитного излучения» (Левин 2010; об этом мы будем говорить в свое время)¹⁶. *Значит, в течение долей секунды имели место последовательно уравнения состояния фальшивого вакуума – пылевидное – радиационно-доминирующее.*

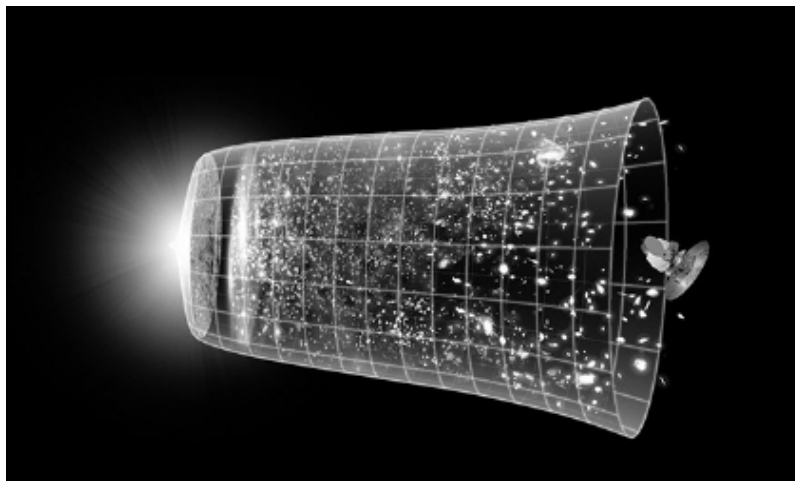


Рис. 1. Предположение о том, что короткий период инфляции предшествовал Большому взрыву, впервые появилось около 35 лет назад. Исследования WMAP (см. о них сн. 25) скорее говорят в пользу определенного сценария инфляции, чем других устоявшихся представлений. После первых ста тысяч лет расширение Вселенной стало более спокойным и оставалось таким длительное время, однако примерно через 6–8 млрд лет после БВ оно вновь стало ускоряться

Источник: <http://physicsworld.com/cws/article/news/2006/mar/17/new-direction-for-cosmic-radiation>. Рисунок: NASA/WMAP Science Team

¹⁶ При этом высказываются идеи, что в процессе распада колебаний инфлатона могло происходить как образование очень тяжелых частиц, затем исчезнувших, так и частиц темной материи (см.: Горбунов, Рубаков 2010: гл. 14, 15).

Собственно горячий Большой взрыв. Идут дискуссии вокруг того, какой температуры в результате этих процессов достигает постинфляционная Вселенная. В любом случае она была очень велика¹⁷, хотя, скорее всего, ниже, чем предполагалось в теории БВ. По мнению космологов и физиков, это приводит к своего рода «вскипанию» вакуума, который, отметим, к этому моменту уже занимал огромный объем. Как мы видим, взрыв здесь имеет уже весьма далекий вид от той картины, которая имела хождение ранее. В ходе «взрыва» вакуум вскипел, и возникло обычное вещество, правда, в состоянии горячей плазмы, оставаясь в таком состоянии в течение сотен тысяч лет. Повторим, что в теории инфляции место Большого взрыва не кажется достаточно определенным. Иногда Большим взрывом называют разогрев Вселенной (см. ниже), но разогрев, как мы видели, не был одномоментным. Напротив, речь идет о целой фазе разогрева, и не совсем понятно, в какой именно момент и в какой именно форме она заканчивается. К. А. Постнов так и говорит, что стадия инфляции за время 10^{-34} с. «готовит» первичное очень горячее вещество в очень небольшой области, оно расширяется по инерции. Это и есть не что иное, как модель горячей Вселенной («Большого взрыва»). *Теперь ясно, что роль «взрыва» играла стадия инфляции* (Постнов 2001; выделено мной. – Л. Г.). Согласно комментарию А. Виленкина (2010), момент распада инфлатона отмечает конец инфляции и в этой теории играет роль Большого взрыва. Отметим, кстати, что и стадия постинфляционного разогрева выделяется не всеми исследователями. Практически нет исследователей, которые бы определенно отвергали Большой взрыв, зато все больше таких, которые используют это понятие как нечто конвенциональное, но неопределенное. Может быть, потому, что прямое отрицание взрыва вызывает сложности, которых проще избежать с помощью невнятного упоминания этого момента. Большой взрыв, как кажется, становится некоей метафорой, показателем верности мейнстриму, играя роль, подобную непонятному богу в учениях деистов. Напомним, что ситуацию сильно осложняет неявное предположение о том, что могло быть два больших взрыва, один из которых предшествовал инфляции, а другой – следовал за ней.

¹⁷ Хотя прямых экспериментальных указаний, что во Вселенной существовали температуры выше нескольких МэВ (то есть нескольких десятков миллиардов градусов), пока не существует (Горбунов, Рубаков 2012).

1.2.4. Некоторые пояснения

Относительно длительности фазы инфляции имеется много споров. Главным образом исследователи сосредотачиваются на минимальной допустимой длительности (например, иногда речь идет о длительности 10^{-37} с. или несколько большей, но чаще – о длительности в планковских временах), признавая, что, «скорее всего, инфляционная стадия продолжалась гораздо дольше, но в любом случае вполне вероятно, что мы имеем дело с микроскопическим временным масштабом» (Горбунов, Рубаков 2012: 43).

Еще реже идет речь о длительности периода постинфляционного разогрева, но он также длился ничтожные доли секунды.

По поводу первоначальных размеров Вселенной все сторонники теории инфляции придерживаются мнения, что она возникла из квантовых размеров, потом достигла размера примерно в 1 см^3 , а далее расширялась на много десятков порядков. Продолжение расширения с самого начала Вселенной по сегодняшний день и далее много миллиардов лет спустя (если не брать во внимание силу так называемой темной энергии, о которой мы еще будем говорить) – это результат инерции инфляции. Собственно, закон Хаббла начал работать в момент инфляции (сам закон относится к галактикам, но понятно, что галактик тогда еще не было).

Материя на стадии инфляции. Основная идея модели инфляционной Вселенной состоит в том, что в очень ранней Вселенной существовала необычная форма материи, которая создавала «антигравитацию», заставляя Вселенную расширяться с ускорением. Как поясняет Постнов (2001), «сама по себе антигравитация не должна восприниматься как нечто чудесное – вспомним, что в рамках ОТО источником гравитационного поля является не только вещество, но и давление (поток импульса). Нет физического закона, который бы запрещал иметь отрицательное давление. Более того, современная физика элементарных частиц предполагает существование скалярных полей, одним из свойств которых является реализация при некоторых достаточно общих условиях уравнения состояния, при котором давление отрицательно». Тем не менее, нельзя забывать, что антигравитация в виде ложного вакуума (инфлатона) – гипотетическое уравнение состояния, причем все без исключения модели инфляции используют гипотетические новые поля (Горбунов, Рубаков 2012: 43). Для инфлатона важно учитывать, что антигравитирующее состояние принципиально неустойчиво – оно экспоненци-

ально «распадается», подобно радиоактивному распаду ядер, в обычное гравитирующее вещество (Постнов 2001). Такое сравнение дает лучшее представление о том, что, с одной стороны, инфляция – это очень короткая стадия, но с другой – все же требуется минимум времени для того, чтобы условия инфляции могли реализоваться.

Материя на стадии постинфляционного разогрева. В англоязычной литературе в качестве наименования стадии постинфляционного разогрева используют термин *reheating*. При этом в данную стадию включают сразу несколько различных этапов, таких как распад инфлатонного конденсата (*preheating*), рождение частиц Стандартной модели и их термализация (Горбунов, Рубаков 2010: 443). Таким образом, это стадия – переходная от одного состояния к другому, когда, собственно, и рождается известная нам материя.

При этом состояние материи на этой стадии связано с тем, что потенциальная энергия инфлатонного поля приближается к минимуму. «Во многих моделях инфляции сразу после этого начинаются осцилляции (колебания. – Л. Г.) инфлатонного поля вокруг минимума своего потенциала. В таких моделях механизм откачки энергии от пространственно-однородного поля инфлатона и, соответственно, энергия его осцилляций состоит в рождении частиц за счет их взаимодействия с быстро меняющимся инфлатонным полем... Рожденные в результате распада инфлатонного поля постепенно приходят в состояние термодинамического равновесия» (Там же).

Еще одно описание инфляции. Теория инфляции очень сложна, и доходчиво изложить ее трудно. Поэтому имеет смысл привести дополнительное изложение этого процесса в интерпретации С. Рубина (2004), в которой есть интересные метафоры и сравнения, позволяющие лучше понять суть дела. Хотя должен заметить, что в связи с быстрым развитием теории инфляции в этом изложении есть некоторые моменты, которые выглядят уже устаревшими, и главным из них является то, что здесь нет речи о фазе постинфляционного разогрева.

Попробуем воспользоваться некоей аналогией, чтобы понять суть процесса инфляции. Представим себе покрытый снегом горный склон, в который вкраплены разнородные мелкие предметы – камешки, ветки и кусочки льда. Кто-то, находящийся на вершине этого склона, сделал небольшой

снежок и пустил его катиться с горы. Двигаясь вниз, снежок увеличивается в размерах, так как на него налипают новые слои снега со всеми включениями. И чем больше размер снежка, тем быстрее он будет увеличиваться. Очень скоро из маленького снежка он превратится в огромный ком. Если склон заканчивается пропастью, то он полетит в нее со все более увеличивающейся скоростью. Достигнув дна, ком ударится о дно пропасти и его составные части разлетятся во все стороны (кстати, часть кинетической энергии кома при этом пойдет на нагрев окружающей среды и разлетающегося снега) (последний момент должен, по-видимому, символизировать горячий Большой взрыв, хотя в дальнейшем изложении нет упоминания о фазе разогрева. – Л. Г.).

Теперь опишем основные положения теории, используя приведенную аналогию. Прежде всего, физикам пришлось ввести гипотетическое поле, которое было названо «инфлатонным» (от слова «инфляция»). Это поле заполняло собой все пространство (в нашем случае – снег на склоне). Благодаря случайным колебаниям оно принимало разные значения в произвольных пространственных областях и в различные моменты времени. Ничего существенного не происходило, пока случайно не образовалась однородная конфигурация этого поля размером более 10^{-33} см (здесь речь идет о моменте до начала расширения, то есть инфляции. – Л. Г.). Что же касается наблюдаемой нами Вселенной, то она в первые мгновения своей жизни, по-видимому, имела размер 10^{-27} см. Предполагается, что на таких масштабах уже справедливы основные законы физики, известные нам сегодня, поэтому можно предсказать дальнейшее поведение системы. Оказывается, что сразу после этого пространственная область, занятая флуктуацией (от лат. fluctuatio – «колебание», случайные отклонения наблюдаемых физических величин от их средних значений), начинает очень быстро увеличиваться в размерах, а инфлатонное поле стремится занять положение, в котором его энергия минимальна (снежный ком покатился). Такое расширение продолжается всего 10^{-35} секунды, но этого времени оказывается достаточно для того, чтобы диаметр Вселенной возрос как минимум в 10^{27} раз, и к окончанию инфляционного периода наша Вселенная приобрела размер примерно 1 куб. см. Инфляция заканчивается, когда инфлатонное поле достигает минимума энергии – дальше падать некуда. При этом накопившаяся кинетическая энергия переходит в энергию рождающихся и разлетающихся ча-

стиц, иначе говоря, происходит нагрев Вселенной. Как раз этот момент и называется сегодня Большим взрывом (см. комментарий выше. – Л. Г.). (Далее речь идет о том, что подобных Вселенных, которые могли раздуваться, могло быть множество, ниже мы еще об этом скажем. – Л. Г.) Гора, о которой говорилось выше, может иметь очень сложный рельеф – несколько разных минимумов, долины внизу и всякие холмы и кочки. Снежные комья (будущие вселенные) непрерывно рождаются наверху горы за счет флуктуаций поля. Каждый ком может скатиться в любой из минимумов, породив при этом свою вселенную со специфическими параметрами. <...>

Итак, сразу после окончания инфляции гипотетический внутренний наблюдатель увидел бы Вселенную, заполненную энергией в виде материальных частиц и фотонов... (вновь подчеркнем, что здесь не учтен период разогрева. – Л. Г.) (Рубин 2004).

1.2.5. Вечная проблема: что было до инфляции. Альтернативные сценарии

В сценариях инфляции часто исходят из того, что Вселенная рождается из квантовых флуктуаций, в которых невозможно еще говорить о пространстве и времени в обычном понимании. Здесь иногда говорят о «пене» пространства-времени (см.: Сажин 2002: 70). О понятии времени сложно говорить и для стадии инфляции. Несмотря на множество (десятки) моделей инфляции, ясности в вопросе о том, с чего, собственно, она началась, не так много¹⁸. По этому поводу есть разные мнения, но все поражают богатством воображения, масштабами (как пространственными, так и временными) и в целом своей экзотичностью. Все они вводят гипотетические условия, формы материи и ее устройства. Так, сценарии, основывающиеся на столкновении так называемых бран (особой формы Вселенных в бесконечном их множестве) опираются на теорию так называемых *суперструн*. А последняя предполагает существование 11 измерений (10 пространственных и 1 временное) вместо 4, имеющихся в нашей Вселенной. Среди этих сценариев

¹⁸ Как указывают Д. С. Горбунов и С. А. Рубаков (2010: 370), если отсутствует подгонка параметров, то вопрос о механизмах начала инфляции носит чисто академический характер, поскольку проблема самого начала космологической эволюции не относится к категории тех, ответы на которые можно получить обычным для физики путем сравнения теории и эксперимента.

можно выделить модели, основывающиеся как на собственно инфляционной теории с модификациями, так и на альтернативных ей. Это, во-первых, теория хаотической, или вечной, инфляции, затем модели отскока, и несколько типов так называемых бранных экпиротических сценариев. Главное, что следует отметить: эти теории, несмотря на огромные различия между ними, появились на свет потому, что концепция инфляции не только позволяет, но, по мнению ряда исследователей, даже вынуждает считать, что имеет место не универсум, а мультиверсум, то есть что в космосе сосуществует множество изолированных друг от друга и либо не влияющих друг на друга, либо влияющих очень ограниченно или эпизодически вселенных с различным устройством.

Теория хаотической инфляции (как и теория инфляции в целом) полагает, что начальным толчком послужила квантовая (то есть ничтожная по размерам) флуктуация. Мы уже говорили выше, что в космической эволюции немало примеров, когда налицо следующая ситуация: малые причины порождают большие изменения. Однако в данном случае это чрезмерный пример, в который крайне сложно верить.

В теории хаотической, или вечной инфляции (Андрей Линде), которая к настоящему времени является самой разработанной из теорий, вообще описывающих инфляцию, большая вселенная вечна, а «локальных вселенных» вроде нашей – бесконечно много. Некоторые кластеры этой квантовой Вселенной, первоначально имевшие почти планковский размер, «раздулись» за счет инфляции. Наблюдаемая нами сейчас область Вселенной и занимает часть одного из таких «раздутых» кластеров (Рубаков, Горбунов 2010: 357). Раз начавшись в каком-либо месте во Вселенной, инфляция не может остановиться. Вся Вселенная оказывается заполненной распадающейся инфляционной фазой, внутри которой существует бесконечно много причинно-несвязанных «островов» обычной материи («наша Вселенная» – всего лишь один из таких островов) (Постнов 2001).

Как пишут Горбунов и Рубаков (2010: 476), «вполне законна постановка вопроса о том, не могла ли горячей стадии предшествовать какая-то иная, не инфляционная стадия эволюции Вселенной». Далее они указывают: «Одна из логических возможностей здесь состоит в том, что расширению Вселенной предшествовал ее коллапс, а при достижении достаточно большой плотности энергии

произошел “отскок” – смена сжатия расширением» (Горбунов, Рубаков 2010: 476). Однако, продолжают они, в рамках классической общей теории относительности смена сжатия расширением требует существования материи с весьма необычными свойствами. Такую гипотетическую материю называют фантомной (употребляют также термин «фантомная энергия»). Как читатель может заметить, сценарии с отскоком в чем-то (в общем принципе) напоминают теорию пульсирующей Вселенной. И это действительно так. Поэтому теория пульсирующей Вселенной полностью не отошла в область преданий, хотя и является достаточно экзотической.

«Еще более привлекательной возможностью является представление о пульсирующей (циклической) Вселенной. В таком сценарии предполагается, что Вселенная или ее часть многократно проходит периоды расширения, сменяющегося сжатием и вновь расширением. В такой картине мы находимся на одном из таких циклов. Однородность и пространственная плоскостность наблюдаемой Вселенной может быть тогда связана с доминированием темной энергии на поздних этапах циклов – начало такого этапа имеет место сейчас» (Там же: 478). Кстати отметить, что в этом сценарии (как и в следующем) упоминается темная энергия. В целом теория инфляции игнорирует данный аспект, вероятно, потому, что появилась существенно раньше открытия темной энергии.

Наконец, надо сказать о сценариях периодических столкновений двух Вселенных под воздействием темной энергии и расширения, в результате чего происходит огромное выделение энергии (это и есть Большой взрыв) и мощное расширение, что приводит к формированию Вселенной как бы заново. В этих подходах Большому взрыву предшествует не инфляция в указанном выше смысле (за счет отрицательного давления инфлатона), а превращения микроскопических квантовых флуктуаций в макроскопические под воздействием особого – сверхгипотетического – межбранового поля.

Это так называемые экипротические сценарии – новые сценарии Большого Взрыва – модель «воспламеняющейся вселенной». Большой Взрыв описывается как результат столкновения двух *бран* в многомерной Вселенной с последующим выделением энергии на одной из бран, которую мы

и воспринимаем как известную нам вселенную¹⁹. Как уже сказано, теория бран опирается на теорию суперструн, которая утверждает, что физический мир имеет 11 измерений – десять пространственных и одно временное. В нем плавают пространства меньших размерностей, так называемые браны. Наша Вселенная – просто одна из таких бран, обладающая тремя пространственными измерениями. Ее заполняют различные квантовые частицы (электроны, кварки, фотоны и т. д.), которые на самом деле являются разомкнутыми вибрирующими струнами с единственным пространственным измерением – длиной. Концы каждой струны намертво закреплены внутри трехмерной браны, и покинуть брану струна не может. Но есть и замкнутые струны, которые могут мигрировать за пределы бран – это гравитоны, кванты поля тяготения.

«Как же циклическая теория объясняет прошлое и будущее мироздания? Начнем с нынешней эпохи. Первое место сейчас принадлежит темной энергии, которая заставляет нашу Вселенную расширяться по экспоненте, периодически удваивая размеры. В результате плотность материи и излучения постоянно падает, гравитационное искривление пространства слабеет, а его геометрия становится все более плоской. В течение следующего триллиона лет размеры Вселенной удвоятся около ста раз, и она превратится в практически пустой мир, полностью лишенный материальных структур. Рядом с нами находится еще одна трехмерная брана, отделенная от нас на ничтожное расстояние в четвертом измерении, и она тоже претерпевает аналогичное экспоненциальное растяжение и уплощение. Все это время дистанция между бранами практически не меняется.

А потом эти параллельные браны начинают сближаться. Их толкает друг к другу силовое поле, энергия которого зависит от расстояния между бранами. Сейчас плотность энергии такого поля положительна, поэтому пространство обеих бран расширяется по экспоненте, – следовательно, именно это поле и обеспечивает эффект, который объясняют нали-

¹⁹ Как указывает один из комментаторов (Иванов б. г.), этот Большой взрыв сильно отличается от общепринятой картины. В стандартном варианте Большой взрыв – это не просто впрыск энергии в пространство, а процесс возникновения самого пространства-времени. Здесь же пространство существует и до Большого взрыва, а наша Вселенная как бы просто «зажигается» в какой-то момент времени. Именно поэтому авторы называли свой сценарий «Ekrutotic Universe», что можно перевести на русский язык как «Воспламеняющаяся Вселенная».

чием темной энергии! Однако этот параметр постепенно уменьшается и через триллион лет упадет до нуля. Обе браны все равно продолжают расширяться, но уже не по экспоненте, а в очень медленном темпе. Следовательно, в нашем мире плотность частиц и излучения так и останется почти что нулевой, а геометрия – плоской. Но окончание старой истории – лишь прелюдия к очередному циклу. Браны перемещаются навстречу друг другу и, в конце концов, сталкиваются. На этой стадии плотность энергии межбранового поля опускается ниже нуля, и оно начинает действовать наподобие гравитации... Когда браны оказываются совсем близко, межбрановое поле начинает усиливать квантовые флуктуации в каждой точке нашего мира и преобразует их в макроскопические деформации пространственной геометрии (например, за миллионную долю секунды до столкновения расчетный размер таких деформаций достигает нескольких метров). После столкновения именно в этих зонах выделяется львиная доля высвобождаемой при ударе кинетической энергии. В итоге именно там возникает больше всего горячей плазмы с температурой порядка 10^{23} градусов. Именно эти области становятся локальными узлами тяготения и превращаются в зародыши будущих галактик. Такое столкновение заменяет Большой взрыв инфляционной космологии. Очень важно, что вся возникшая заново материя с положительной энергией появляется за счет накопленной отрицательной энергии межбранового поля, поэтому закон сохранения энергии не нарушается» (Левин 2010).

Все теории, как мы видим, пытаются исходить из того, что потенциально существует единая теория всего в физике, в которой законы микро- и макромира едины. Так ли это? Несмотря на сверхэкзотику описанных гипотез, все же и теория отскока, и теория бран в одном превосходят теорию инфляции, они не помещают весь мир в квантовые размеры.

1.2.6. Мысли и комментарии

Некоторые итоги. Итак, самое главное: горячий Большой взрыв – не начало Вселенной, а только фазовый переход в процессе расширения Вселенной и ее движения от состояния холодной инфляции к горячей фазе; к рождению вещества и переходу его в состояние сверхгорячей плазмы. При этом расширение становится медленнее, чем на фазе инфляции. Инфляция начинается с планковских разме-

ров Вселенной, но затем достигает очень больших размеров и очень высокой температуры. Введение предшествующих горячему БВ стадий, с точки зрения космологии и физики, успешно решает все проблемы, относящиеся к начальным данным эпохи горячего Большого взрыва, и в конечном итоге объясняет плоскостность, однородность и изотропию наблюдаемой Вселенной.

Но сама идея Большого взрыва потеряла не только свою субстанциональность и уникальность, но и в целом необходимость. По сути, теория инфляции может обойтись без БВ, употребляя вместо него понятие разогрева и перехода в новое состояние радиации при высоких энергиях. Термин «Большой взрыв» остается скорее по традиции. «Иначе говоря, происходит нагрев Вселенной. Как раз этот момент и называется сегодня Большим взрывом» (Постнов 2001). «Хотя его (БВ. – Л. Г.) в том виде, в котором мы себе раньше представляли Большой Взрыв, скорее всего, и не было» (Муханов, Орлова 2006). То есть это уже не совсем определенный момент: так как идет разогрев Вселенной, фактически понятие взрыва становится достаточно условным.

Преимущества теории инфляции с философской точки зрения (помимо того, что объясняет свойства Вселенной лучше и имеет определенные доказательства): 1) допускается существование материи и Вселенной до фазы инфляции; 2) все-таки процесс становления Вселенной выглядит именно как процесс (хотя и весьма быстрый), а не как акт творения из ничего; 3) изначальный размер Вселенной хотя и мал, но все же это лучше сингулярности (последняя является артефактом устаревшей космологии); 4) введенная гипотетическая субстанция – инфлатонное поле – объясняет процессы в целом с помощью имеющейся физики, а не путем простого допущения взрыва; 5) по сути, идет речь о дополнительных фазовых переходах и смене уравнений состояния материи.

Недостатки. 1) Введение гипотетической субстанции инфлатонного поля (ложного вакуума с отрицательным давлением). Безусловно, это форма развития науки – заполнять пустоты гипотетическими средами. То есть это вполне законный и во многих случаях единственно верный путь. Но важно не забывать, что речь идет именно о *гипотетических* субстанциях, а не о доказанном факте. 2) Предположение, что изначально Вселенная имела очень маленькие, почти планковские размеры. 3) Предположение, что из такого размера могла раздуться огромная Вселенная. Так, повторим, со-

гласно теории А. Линде, «наблюдаемая нами сейчас область Вселенной и занимает часть одного из таких “раздутых” кластеров» (Рубаков, Горбунов 2010: 357). В эволюции мы не имеем примера, когда из одной маленькой единицы получилось бы что-то очень крупное. Всегда процесс идет либо как сосуществование массы мелких единиц, которые затем формируют новую макросубстанцию (систему), либо о постепенном приобретении каким-то количеством мелких единиц способности к росту и в итоге появлении крупных единиц²⁰. 4) Слишком короткое время возникновения. В итоге, хотя теория инфляции существенно отошла от концепции «акта творения», чем страдала теория БВ, но родовые черты этого подхода все еще очень чувствуются.

Ну и наконец, как справедливо пишет Рубин: процесс рождения Вселенной «практически из ничего»²¹ у всякого человека, впервые знакомящегося с инфляционным механизмом, вызывает немало вопросов. Также неясно, «откуда берется вещество в начальном состоянии мира» (Черепашук, Чернин 2004: 278).

Вновь проблема начала. О состоянии Вселенной до начала инфляции сказать что-то конкретное крайне сложно, поскольку, вообще говоря, оно плохо описывается законами классической физики, а обычные представления о классическом пространстве-времени здесь неприменимы (Горбунов, Рубаков 2010: 357). Все это очень напоминает то, что говорилось в предшествующей теории о состоянии перед Большим взрывом. Иначе и быть не может, поскольку исходные моменты все так же условны. Как мы уже говорили, описания начал всегда условны, так как они означают предел наших знаний. Раздвинуть этот предел чрезвычайно сложно, но новый предел также оказывается весьма условным.

Таким образом, мы ушли от ограниченности идеи Большого взрыва как первоначала всего. Новые подходы более адекватны.

²⁰ В известной мере предположение о множестве разнопроцессных вселенных тоже предполагает такой вариант обретения способности к росту, но все же идея множества вселенных слишком спекулятивна, чтобы ее привязывать к эволюционным процессам.

²¹ Экспоненциальное увеличение размеров области с постоянной плотностью означает рост массы (энергии) внутри области «из ничего», что на первый взгляд может показаться странным. Однако нарушения закона сохранения энергии здесь нет – рост положительной энергии точно компенсируется отрицательной энергией гравитационного поля, которое создается «появляющейся» положительной энергией внутри расширяющейся области. Поэтому в ходе инфляционного расширения полная энергия сохраняется (Постнов 2001; см. также: Сажин 2002).

Однако они также ставят вопросы о начале всего, о причинах этого начала. И, как мог видеть читатель, возникает множество гипотез такого начала. Но все-таки ситуация с множеством гипотез, хотя она и неопределенна, гораздо больше отвечает духу науки.

Физический фатализм. В целом и теория БВ, и теория инфляции исходят из того, что они должны объяснить сегодняшние наблюдаемые состояния Вселенной, включая закон Хаббла, пространственную однородность Вселенной, ее плоскостность и т. д. Почему эти состояния должны объясняться самыми начальными условиями? Почему они не могли возникнуть позже под воздействием каких-либо факторов? Видимо, это связано как со стремлением у космологов и физиков к некоей завершенной картине, которая бы в главном объясняла все, так и с тем, что в противном случае, если теория начала Вселенной не объясняет сегодня наблюдаемые состояния, то она легко опровергается, собственно, даже не рассматривается. В результате в теорию инфляции закладывается возникновение закона Хаббла, хотя почему бы этому расширению (если красное смещение вообще не будет позже объяснено иным моментом) не возникнуть позже? Расширение Вселенной, возникнув в самый первый момент, не меняется по инерции. Выглядит такой взгляд довольно фаталистично. Мало того, и вся последующая крупномасштабная структура Вселенной, получается, была предопределена мельчайшими флуктуациями плотности, возникшими уже на стадии инфляции в чрезвычайно короткие доли миллисекунд. Довольно грустно осознавать, что все было решено в такое кратчайшее время и в таком небольшом объеме (от планковского размера до 1 см^3). Хотя теория инфляции и стремится отойти от понятия сингулярности с его полной неопределенностью в физическом плане, тем не менее изначальные размеры трудны для восприятия. Безусловно, квантовые размеры изначальной Вселенной по сравнению с сингулярностью с точки зрения физики – это принципиально иное состояние, так как оно позволяет оперировать уже известными или хотя бы сформулированными гипотетическими законами и силами. Но с точки зрения идей эволюции между сингулярностью и квантовыми (тем более планковскими) размерами различия невелики.

«Сегодня наша Вселенная состоит из большого числа звезд, не говоря уж о скрытой массе. И может показаться, что полная энер-

гия и масса Вселенной огромны. И совершенно непонятно, как это все могло поместиться в первоначальном объеме 10^{-99} см³» (Рубин 2004). Да, какие-то объяснения с точки зрения закона сохранения энергии даются, но выглядит это достаточно формально. Даже анизотропия реликтового излучения считается доказательством правильности теории инфляции. Однако реликтовое излучение возникло только в эпоху рекомбинации атомов водорода, то есть через сотни тысяч лет после инфляции. Каким образом они связаны, если в эпоху инфляции никаких фотонов еще не было? Такой фатализм не может не удивлять²².

Чтобы гравитационные силы сжимали материю, необходим исходный зародыш – область с повышенной плотностью. Но как раз области с избытком энергии и порождает инфляция. Теперь гравитационные силы знают, на что воздействовать, а именно на более плотные области, созданные во время инфляционного периода. Под действием гравитации эти изначально чуть-чуть более плотные области будут сжиматься и именно из них в будущем образуются звезды и галактики (Там же).

Несмотря на все разъяснения с точки зрения физики, такой научный фатализм все-таки вызывает определенные сомнения, фактически получается, что во многом уже структура Вселенной и даже места, где образуются скопления галактик, были предопределены.

Планковская длина, плотность и время, конечно, лучше, чем сингулярность устаревшей теории БВ, которая, как уже сказано, очень напоминает акт творения (см. также: Сажин 2002: 81). Однако все же ненамного. Родовые черты обеих теорий слишком очевидны: вывести все главные состояния современной Вселенной из одной точки неизмеримо малых пространства и времени (и напротив, с чудовищными параметрами плотности). Даже энтузиасты таких взглядов вынуждены признавать, что «по современным представлениям пространство-время в планковских масштабах представляет из себя фантастическую фигуру, больше напоминающую монстра из фильмов ужасов, чем объект физических исследований.

²² Хотя с точки зрения идеи, что не может быть никогда абсолютно одинаковых условий, всегда есть те или иные вариации протекания общих процессов, анизотропия оказывается блестящим подтверждением.

Является ли эта картина правильной, покажут будущие исследования» (Сажин 2002: 81).

Насколько вообще возможна такая предопределенность с точки зрения эволюции?

Вопрос о предопределенности вызывает ассоциации с геномным кодом, когда из крошечного закодированного объекта вырастает крупный организм с предопределенными свойствами (хотя соотношение в размерах между закодированным объемом и конечным результатом тут не идет ни в какое сравнение с планковскими масштабами и размерами Вселенной). Но хотя и есть идеи об общем гипотетическом предке живых организмов (LUCA)²³, но все же надо полагать, что такой организм был не один, а их имелось сразу большое количество. Вообще в эволюции всякое движение к новому уровню всегда связано с появлением группы, часто довольно большой, сходных по типу объектов, которые в процессе взаимодействия или сходных влияний создают поле для эволюционного рывка. Правда, гипотеза вечной инфляции А. Линде отвечает этим требованиям: сосуществует сразу много «зародышей» Вселенной, в каждой из которых процессы могут происходить по-разному. Однако в отличие от всех других уровней эволюции, в теории вечной инфляции нет взаимодействия этих вселенных. Между тем именно взаимодействие и дает решающий результат, который не может быть предопределен начальными условиями.

Словом, фатализм налицо, так как развитие предопределено начальными условиями, возникшими непонятно откуда. По сути, хотя теория инфляции существенно продвигает космологию и физику, здесь изначально имеется порочный круг: существующие параметры, согласно задаче, должны быть заложены в начальных условиях. Как известно, что заложишь, то и получишь. Заложили предопределенность – получили фаталистический с точки зрения философии и эволюции взгляд. Думается, что это все же не самый правильный подход, поэтому, естественно, рано или поздно он может быть пересмотрен. Кроме того, раздувая Вселенную из сверхмикромира в сверхмакромир, космологи как бы считают, что законы того и другого полностью идентичны, хотя сейчас это выглядит не так. И скорее всего, это не так.

²³ Сокращенное от английского Last Universal Common Ancestor – последний универсальный общий предок (подробнее см.: Анисимов 2013; Марков 2013).

Модели Вселенной, начиная с модели Фридмана, исходят как бы из того, что, во-первых, физические законы выполняются идеально, что сами законы не развиваются, не эволюционируют, не трансформируются (хотя это вполне вероятно), во-вторых, что все процессы должны идти до совершенного, полного конца. То есть если Вселенная расширяется, то изначально все должно было выйти из сверхмалого состояния. Но, собственно, почему? Почему должна быть такая зеркальность? Ведь очевидно, что нет действия, которое бы идеально, точь-в-точь повторилось. Почему нельзя предположить, что расширение началось не из точки с планковскими размерами, а на каком-то этапе, когда Вселенная была достаточно большой? Видимо, потому, что такое предположение спекулятивно, а физики должны опираться на уже известные или хотя бы предполагаемые законы. Раз физики рисуют картину истории Вселенной, она будет обязательно подстроена под мировоззрение физиков – такая деформация происходит неизбежно.

Где же темная энергия? Это, конечно, только личное мнение, однако автор этой книги почти уверен, что в современном ее виде теория инфляции будет пересмотрена в самых своих существенных моментах. И одним из аргументов является то, что модель инфляции недостаточно вписывает в себя открытый отрицательный, или космический, вакуум (темную энергию). Между тем она занимает примерно 70 % всей энергии Вселенной. Как указывает Левин (2010), инфляционная космология не предсказывала перехода замедляющегося расширения Вселенной в ускоренное. А когда астрофизики открыли это явление, наблюдая за вспышками далеких сверхновых звезд, стандартная космология даже не знала, что с этим делать. Поэтому гипотезу темной энергии выдвинули просто для того, чтобы как-то привязать к теории парадоксальные результаты этих наблюдений.

Темную энергию пытаются интегрировать в модель инфляции уже упоминавшаяся модель *Лямбда-CDM*. Эта модель появилась после того, как в конце прошлого века была открыта темная энергия, благодаря которой расширение Вселенной не замедляется, как следует из теории инфляции, а ускоряется. В итоге в отличие от других теорий инфляции модель Лямбда предполагает, что темная энергия существовала уже в период инфляции. Но поскольку плотность

обычной материи и энергии из-за малого значения радиуса сферы Хаббла была огромной, темная энергия почти не проявляла себя. Ситуация изменилась, когда несколько миллиардов лет назад радиус сферы Хаббла стал столь велик, что плотность обычной и темной материи заметно упала, а на первый план вышла темная энергия²⁴. Поскольку эта энергия имеет отрицательное давление (как и гипотетический инфлатон), начался период вторичной инфляции, то есть ускорения расширения Вселенной. Этот период продолжается и сегодня. Но в целом остается впечатление, что темную энергию «притянули» к теории инфляции, пытаясь втиснуть в последнюю абсолютно все, что можно. Хотя нельзя не заметить и того, что инфлатон и темная энергия – это состояния вакуума с отрицательным давлением, хотя и с разными параметрами.

Таким образом, теория инфляции, с одной стороны, является триумфом возможностей современной космологии и физики, но с другой – прекрасно демонстрирует пределы наших знаний и то, насколько экзотическими и странными могут выглядеть представления вблизи этих пределов.

Полезно учитывать, что, с одной стороны, в целом теория Большого взрыва и инфляции с начала 1980-х гг. принципиально не изменилась. «Сегодня, несмотря на все усилия, то, что мы достоверно знаем об этих законах, не превышает того, что мы знали о них в 1970-е», – написал всего несколько лет назад Ли Смолин (2007). Следовательно, складываются условия для появления новых концепций. Когда и в каком виде они появятся и когда подтвердят себя? Это, конечно, вопрос. Однако, с другой стороны, в теорию инфляции постоянно вносятся важные дополнения и уточнения, делаются предсказания и предпринимаются попытки их проверить. То, что некоторые предсказания подтвердились, повышает доверие к теории²⁵.

²⁴ Датировки этого переломного момента сильно варьируются от 5 до 9 млрд лет после БВ, см. подпись к Рис. 5.

²⁵ В частности, инфляционная теория предсказала два новых явления, которые были вскоре обнаружены. 1) На момент возникновения инфляционной космологии было известно, что кривизна вселенной невелика, и плотность Вселенной (в единицах критической плотности) лежит в диапазоне примерно от 0,01 до 10 (три порядка неопределенности). Инфляционная космология (начало 1980-х гг.) предсказала, что кривизна равна нулю точно, и плотность равна единице точно. Когда плотность и кривизну удалось измерить с помощью мис-

1.3. Рождение пространства и времени и эволюционные законы

Согласно стандартной теории с началом инфляции (или, как считалось ранее, после Большого взрыва) в очень короткое время, по сути, в мельчайшую часть мгновения (возможно, в период 10^{-43} с.), родились классические пространство и время (см., например: Сажин 2002). Вопрос о пространстве и времени с работ Эйнштейна стал одним из самых популярных в философии и физике. Мы не собираемся, однако, обсуждать никакие его аспекты. Но перед нами стоит задача анализировать Большую историю в аспекте эволюции. В этой связи стоит отметить, что какие-либо аналогии к данному – в целом труднообразимому – процессу в дальнейшей эволюции подобрать крайне сложно. Даже идея заноса жизни из космоса (когда качественно новое состояние для Земли возникает как бы внезапно) будет аналогией с очень большой натяжкой.

В связи со сложностью поиска аналогий, думаю, к месту будет привести одну. Хотя я ее считаю неудачной и потому неверной, но в аспекте нашего исследования она будет, возможно, небезынттересной. «Вселенная вблизи “большого взрыва” напоминает суперген (если использовать биологическую терминологию), в котором заложена вся информация о будущем Вселенной» (Савченко, Смагин 2006: 236). Выше мы уже говорили, что такая аналогия в чем-то напрашивается.

Однако если рассматривать процесс как трансформацию бесструктурной и вневременной сингулярности в структурированную и с вектором времени Вселенную, то нельзя не заметить, что тут в какой-то мере применим универсальный закон Герберта Спенсера: *развитие идет от бессвязной однородности к структурированной и сложной разнородности* (хотя сам Спенсер внезапных трансформаций не признавал, предпочитая медленные и незаметные изменения).

сии WMAP, получилось значение, при которой кривизна неотличима от нулевой. 2) Инфляционная космология, как уже отмечено, предсказала анизотропию реликтового излучения на уровне одной стотысячной и специальный (масштабно-инвариантный) угловой спектр этой анизотропии. Это предсказание тоже было подтверждено. WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) – космический аппарат NASA, предназначенный для изучения реликтового излучения, образовавшегося в результате Большого взрыва. Запущен 30 июня 2001 г. С октября 2001 по 2009 г. передавал на Землю результаты сканирования небесной сферы. В настоящий момент выведен из эксплуатации.

Роль Спенсера в развитии теории эволюции исключительно велика, хотя, к сожалению, целый ряд его важных идей недостаточно оценен (о некоторых из этих идей см., например: Завадский 1973: 190–193; Carneiro 1970; Grinin *et al.* 2011). Хотя особое внимание Спенсер уделил эволюции в биологии и социологии, тем не менее в своих работах, в частности в *Основных принципах* (Spencer 1862; см. также: *Idem* 1896), он представил эволюцию как процесс, который проявляется очень широко: от микроорганизмов до галактик (см. об этом также: Carneiro 2011). Развивая идеи биолога и философа К. М. Бэра, Спенсер считал свой закон – *перехода вещества по мере его качественного развития из неопределенной (недифференцированной, неспециализированной) однородности к определенной (более специализированной) разнородности* – важнейшим законом развития для всех уровней сложности, включая и общество. Для большей ясности привожу два варианта его определения эволюции. «Эволюция – изменение от неопределенной, несвязной однородности к определенной, связной разнородности через постоянную дифференциацию и интеграцию» (Spencer 1972 [1862]: 216, см. также с. 71). «Эволюция есть интеграция вещества, которая сопровождается рассеянием движения и в течение которой вещество переходит из состояния неопределенной бессвязной однородности в состояние определенной связной разнородности, а сохраненное веществом движение претерпевает аналогичное превращение» (цит. по: Зотов, Мельвиль 1988: 66). Это действительно универсальный закон. Но, конечно, он не является все объясняющим положением, как задумывал его автор, согласно общему философскому духу его времени, уверенный, что можно открыть вечные и абсолютные законы, объясняющие все на свете.

Наверное, можно применить и один из трех законов диалектики: переход количества (в данном случае неисчислимого давления и температуры) в качество (рождение пространственно-временной Вселенной). Причем такой переход, согласно закону, может и часто происходит именно скачком, внезапно. В соответствии с данным законом диалектики одно качество (особого сингулярного состояния, где нельзя применять понятия пространства-времени) Вселенной переходит в другое ее качество (пространственно-временное) через количество (стремительное расширение ее объема, быстрое падения температуры и давления).

Правда, закон перехода количества в качество настолько абстрактный, что одновременно легко подходит и к альтернативным теориям. Он не хуже, а даже лучше ложился бы на рассмотренные выше парадигмы расходящихся и сходящихся бран, «отскока», пульсирующей Вселенной. К этим парадигмам также подходил бы закон отрицания отрицания (то есть исчезновения одного качества в процессе развития и появления на новой фазе первичного качества, но уже в более развитом виде).

Итак, какие-то эволюционные законы все-таки подходят и для данных абсолютно уникальных явлений, связанных с рождением пространства-времени и горячим Большим взрывом, и они все же вписываются в общую историю эволюции не только как события, но и как поддающиеся эволюционному анализу явления.

Наконец, отметим, что имеющиеся эпистемологические сложности столь велики, что неудивительно, если в поисках выхода из сложностей некоторые физики и астрофизики, по выражению критиков, прибегают к всевозможным ухищрениям или создают модели пространства и гравитации, напоминающие плоды деятельности воспаленного мозга (Кэри 1991: 362). «Математики состязаются в умозрительном фантазировании, а “новые космологи” принимают эти фантазии за чистую монету» (Там же). Неудивительно, что раздел физики, занимающийся разработкой гипотез об элементарных частицах, которые вряд ли в обозримом будущем можно обнаружить опытным путем, о многочисленных невидимых измерениях, бесчисленных вселенных мультиверса, гипотетических состояниях материи и т. п., в шутку называют «гуманитарным разделом физики» (см.: Муханов, Орлова 2006). Несмотря на очень изощренный математический аппарат, конкурирующих и в целом спекулятивных (не проверяемых опытом) гипотез здесь, пожалуй, даже больше, чем в гуманитарных науках. Путь познания исключительно сложен, и, действительно, иногда фантазии некоторых физиков ни на чем не основаны (физики в этом смысле ведут себя точно так же, как и ученые других специальностей, предлагая умозрительные гипотезы).

Но важно понимать, что чем глубже и шире мы понимаем Вселенную и эволюцию, тем больше приходится отказываться от архетипов сознания и представлений, которые, возможно, заложены на

генетическом уровне. Необходимо уйти от вечной философской дилеммы, возникшей еще в античности, между бесконечной последовательностью создателей, создающих создателей (Кэри 1991: 361) и поиска всеобъемлющей первопричины, а для этого, вероятно, трансформироваться должны как сами эпистемологические и философские проблемы, так и принцип их постановки.

1.4. Общая периодизация

Известные к настоящему моменту факты и гипотезы позволяют разрабатывать периодизацию космической эволюции. Создание периодизации (основанной на фактах) всегда является свидетельством того, что история достигла некоторого уровня зрелости. Периодизация – очень емкая процедура, позволяющая особым образом сгруппировать факты так, что мы в состоянии обозреть весь ход истории с зафиксированным результатом. Для проведения периодизации требуется выделение какого-то основания, которое показывает изменение некоего качества. Тем самым периодизация придает событиям определенный смысл (задавая некий вектор развития), хотя и огрубляет реальность (см. подробнее: Гринин 2006; Гринин, Коротаев 2009: гл. 2). Несомненно, знакомство даже с краткой периодизацией истории Вселенной уже дает читателю определенное представление о ее эволюции и векторе этого универсального и сверхдлительного процесса.

1. Двухступенчатая периодизация. Всю историю Вселенной иногда делят на две крупные, но очень неравные по времени эры: 1) раннюю Вселенную (примерно до первых трехсот тысяч лет, иногда немного больше) и 2) нашу эру (все остальное время). Так делает, например, М. В. Сажин (2002)²⁶. Двухэтапная периодизация также может быть выделена в связи с тем, что где-то в середине существования Вселенной сила, которая ведет к ее расширению, стала больше суммы сил, препятствующих этому (см. об этом ниже).

2. Трехступенчатая периодизация: эпоха радиации – эпоха вещества – эпоха галактик. Логика событий космической фазы Большой истории скорее ведет к трехступенчатой периодизации,

²⁶ Правда, он допускает и деление на три эры; вторую фазу он называет периодом крупномасштабного структурирования Вселенной; а третью – нашей эрой.

в основе которой лежит деление космической эволюционной истории на три периода, эпохи или эры:

- 1) Ранняя Вселенная, или эра радиации²⁷;
- 2) от появления вещества, состоящего из атомов, до первых галактических структур;
- 3) современная эра звезд, галактик и их скоплений.

В нечетком виде такое деление встречается в работах астрофизика и исследователя большой истории Э. Чейсона (Chaisson 2001; см. также: Чейсон 2012) и опирающегося в ряде отношений на его подходы Ф. Спира (2012). Они выделяют *эру радиации* и *эру вещества*. Но место в периодизации следующего за этим периода – формирования галактик – не определено (он как будто не входит в эру вещества, но и не отнесен к самостоятельной эре). Отметим, что у Спира, кроме того, и датировки различных процессов вызывают ряд вопросов (см.: Спир 2012, примечания редакции).

Весьма последовательно трехчленная периодизация дана у М. П. Хвана в книге «Неистовая Вселенная» (2008): 1) **радиационно-доминантная фаза** (длилась до рекомбинации водорода. В настоящий момент достаточно общепринята цифра этого события 270 тыс. лет [см., например: Горбунов, Рубаков 2012: 35], но у самого Хвана и некоторых других авторов датировки несколько иные, они колеблются между 300 000–700 000 лет); 2) **вещественно-доминантная фаза образования атомов и молекул** (по Хвану, длилась до периода первых 2–3 млрд лет, когда, по его мнению, образуются галактики, а затем звезды. Однако, как мы увидим ниже, первые звезды и галактики образовались существенно раньше); 3) **галактико-доминантная фаза**, когда происходит формирование крупноструктурных космических образований во Вселенной (до настоящего времени, а если рассматривать периодизацию в эволюционном плане, то до образования около 5 млрд лет назад Солнечной системы и Земли).

Как мы видим, у Хвана периодизация строится по критерию *доминантности форм существования материи*, что выглядит продуктивно. Однако его датировки уже существенно противоречат

²⁷ Эра радиации заканчивается вместе с образованием атомов водорода, в результате чего фотоны получили возможность свободно двигаться, что привело к огромному выбросу частиц в космос (см. об этом ниже).

современным данным. Соответственно, длительность фаз должна быть изменена. Кроме того, нет учета периода инфляции.

3. Космические периодизации по иным основаниям. После знакомства с различными периодизациями космической эволюции автор этой книги пришел к выводу, что имеет смысл строить периодизацию Вселенной и на иных принципах, которые также важны для понимания определенных аспектов космической эволюции. Кроме того, они существенно дополняют вышеприведенные периодизации.

3.1. Первый принцип основан на *структурной сложности вещества и его скоплений*. Здесь можно выделить пять эр, а с учетом периода инфляции – шесть (эпоху инфляции обозначим как нулевую эру с учетом ее достаточной гипотетичности)²⁸:

0) **Инфлатонное уравнение состояния с отрицательным давлением** (так называемый бозонный конденсат) с переходом к распаду инфлатонного поля и образованием элементарных частиц. Период длился доли секунды.

1) **Элементарной структуры**, когда вещество состояло из элементарных частиц. Это либо вовсе не структурированные частицы (как фотоны, электроны и кварки, возникающие непосредственно из энергии), либо имеющие структуру не выше одного уровня (нейтроны и протоны, состоящие из кварков, и атомные ядра легких элементов, состоящие, за исключением ядра водорода, из протонов и нейтронов). Последние еще не обладают сложной пространственной структурой, для которой характерно, что пустоты в рамках этих структур на порядки больше, чем собственно материя. *Период длился до эпохи рекомбинации атомов водорода, то есть до 270 тыс. лет после БВ.* В этот же период образовались и элементарные частицы темной материи, о которой мы скажем ниже.

2) **Атомного уровня структуры**, то есть вещества в его уже надэлементарных формах. Впервые возникла принципиально новая структура вещества – атомы. Атомы в структурном отношении коренным образом отличаются от атомных ядер, так как здесь соединяются противоположные силы: атомные ядра и электроны (то есть начинают действовать электромагнитные силы) – и образуется пространственная структура нового типа. Это, по сути, первый об-

²⁸ Если сравнивать с вышеприведенной трехступенчатой периодизацией, то первая фаза в ней делится на две, соответствующие появлению доатомных и атомных структур.

разец классической структуры дискретной системы (ядро, вокруг которого группируются периферийные элементы, взаимодействующие с ядром), многократно затем используемой в эволюции (см. об этом ниже). Эра длилась от 270 тыс. лет до первых десятков миллионов лет. Дело в том, что массам атомизированного (и молекулярного – см. ниже) вещества потребовалось очень значительное время для первичной кластеризации и концентрации в гигантские пылегазовые облака.

3) Преобладание аморфных макроструктур во Вселенной, то есть сгущение основной массы материи в громадные газопылевые облака; тем самым в структуре Вселенной закладывались первые наметки ее будущей крупномасштабной структуры. Длилась до образования первых звезд и галактик (*то есть первые сотни миллионов лет от БВ, по последним данным от 150 до 400 млн лет*).

4) Формирование первичной крупномасштабной и звездно-галактической структуры. Первые звезды были короткоживущими, требовалось время для формирования большого количества звезд, соответственно галактик, их скоплений и сверхскоплений. В какой бы последовательности ни формировалась крупномасштабная структура Вселенной (об этом есть разные точки зрения, см. ниже), но для этого требовалось длительное время. *Условно можно считать, что это заняло период до 1,5–2 млрд лет.* Можно напомнить, что возраст нашей галактики Млечный Путь определяется в приблизительно в 12 млрд лет, то есть примерно указанный период в 1,5–2 млрд лет и есть то время, после которого образовались уже более первичные элементы крупных и современных галактик.

5) Формирование современной крупномасштабной и звездно-галактической структуры. Однако надо учитывать, что современные галактики, включая и Млечный Путь, состоят из весьма различных по времени образования (а также составу и другим характеристикам) элементов (об этом будет сказано ниже), поэтому если, например, гало нашей галактики образовалось в первые 2 млрд лет после БВ, то другие структуры, в том числе наиболее яркие и крупные звезды и их объединения, – гораздо позже. Таким образом, основные характеристики структуры современной Вселенной формировались в течение нескольких миллиардов лет. Вероятно, к моменту появления звезд типа Солнца она приобрела

основные свои черты. Видимо, не случайно к этому времени мегаэволюция уже подготовилась к переходу на новый уровень развития (*продолжительность периода – от 1,5–2 млрд до современности*).

3.2. Второй принцип, который я положил в основу альтернативной периодизации, – *рост сложности базовых дискретных единиц материи*. Здесь можно выделить шесть периодов (с учетом гипотетической субстанции инфлатона – семь). Инфлатон будет обозначен как нулевое состояние). Причем рост сложности единиц материи на микроуровне ведет к соответствующему росту структуры на макроуровне.

Предваряя дальнейшее изложение, укажем, что, по современным представлениям, ряд важных метаморфоз произошел уже до и в самую первую секунду после Большого взрыва.

0) *Ложный вакуум (инфлатон)*, представляющий собой, возможно, конденсат неустойчивых частиц (бозонов).

1) *Простейшие (неделимые) первичные фундаментальные элементарные частицы*, которые уже не состоят ни из каких других частиц (рождаются из энергии), такие, например, как: а) кварки, лептоны (электроны, нейтрино); б) переносчики четырех физических взаимодействий (бозоны, глюоны, фотоны). *В течение неполной первой секунды после Большого взрыва* (а фактически уже в период постинфляционного разогрева до взрыва) эти и многие другие элементарные частицы родились из энергии в процессе падения температуры и давления. На этом уровне, следовательно, возникают частицы, которые создают такие важнейшие явления, как свет, электромагнитное и иное излучение.

2) *Субатомные элементарные частицы* – барионы (протоны и нейтроны) и мезоны (обеспечивающие соединение элементов в ядрах), которые образуются из элементарных частиц – кварков. Это образование происходит уже примерно через 10 мкс после горячего Большого взрыва (и получило название адронизации, то есть выделения адронов – барионов и мезонов – из появившейся к тому времени кварк-глюонной плазмы). Барионы (как отдельные частицы, так и в составе атомных ядер и атомов) образуют звездное (светлое, барионное) вещество, равно как и вещество планет и других небесных тел. В эти же первые 10 мкс, вероятно, сформировались и частицы темной материи.

3) *Атомные ядра легких элементов* (водорода, гелия, лития), в которых объединились из-за сильного взаимодействия протоны и нейтроны. Период их образования – от 1 секунды до 5–15 минут после Большого взрыва.

4) *Атомы легких элементов*. Эти положительно заряженные атомные ядра через длительное время смогли объединиться с отрицательно заряженными электронами в процессе рекомбинации водорода, который завершился через 270 тыс. лет после БВ). В результате образовались атомы водорода (и в некотором количестве также гелия и лития).

5) *Атомы более тяжелых элементов* стали образовываться в результате полного сжигания первыми звездами водорода и их взрывов в результате сжимания. Процесс начался с гибелью первых звезд (образовавшихся по последним данным через 150–200 млн лет после БВ – об этом ниже) и продолжался несколько миллиардов лет, пока не образовались атомы всех естественных элементов вплоть до урана и плутония в более или менее значимых количествах. Процесс этот продолжается по сегодняшний день.

В отличие от предыдущих процессов, которые происходили весьма быстро и во всей Вселенной в целом, данный процесс шел: а) постепенно, б) локально в звездах, в) в особых условиях, каждый раз возникающих в недрах звезд, но давно исчезнувших во Вселенной в целом²⁹. Атомы тяжелых элементов послужили впоследствии основой для формирования планет и Земли в частности.

6) *Молекулы водорода* образовывались, вероятно, еще до появления звезд в газопылевых облаках, так же, как они образуются и сегодня. Вне звезд молекулы водорода и многие другие образуются также на различных небесных телах, где температура оказывается подходящей (планетах, метеоритах, кометах) и в меж-

²⁹ Речь идет об очень высоких температурах и давлении, а также большой массе, которая может обеспечить соответствующую силу гравитации. В звездах по мере выгорания водорода и гелия образовывались углерод, кислород и другие атомы со все большим количеством электронных оболочек вплоть до железа. Элементы тяжелее железа образуются в еще более необычных условиях (подробно мы скажем об этом далее). Таким образом, «синтез химических элементов во Вселенной происходил в два этапа. Первый охватывал начальные фазы расширения длительностью несколько минут, и результатом его было образование самых легких элементов... Синтез остальных элементов таблицы Менделеева начался лишь <...> рождением и деятельностью первых звезд» (Вайнер, Щекинов 1985: 143). Но еще точнее будет сказать, что процесс синтеза химических элементов шел в три этапа, так как синтез элементов тяжелее железа возникает в результате взрывов звезд и некоторых других редких процессов.

звездном газе³⁰. Поэтому пункты 5 и 6 надо рассматривать скорее как параллельную эволюцию, ведь процессы формирования атомов и молекул во многом шли параллельно, так как проходили в разных средах и на разных по характеристикам объектах (см. об этом ниже, в последнем разделе).

4. План дальнейшего изложения. Опираясь на приведенные периодизации, мы и построим свое **изложение по следующему плану**:

- 1) Возникновение Вселенной (эра доатомных частиц). Глава 2.
- 2) Эра свободных атомов и сгущение их в протоструктуры (до появления первых звезд и галактик). Глава 3.
- 3) Эра формирования структуры Вселенной (первые один – три миллиарда лет). Глава 4.
- 4) Эра звездно-галактической структуры Вселенной (до образования Солнечной системы около 4,6–5 млрд лет назад). Глава 5.

Каждая эра, естественно, подразделяется на определенные эпохи или периоды.

³⁰ Межзвездный газ – это разреженная газовая среда, заполняющая все пространство между звездами. В зависимости от температуры и плотности межзвездный газ пребывает в молекулярном, атомарном или ионизованном состоянии.