

*В.В.Казютинский*

## **Инфляционная космология: теория и научная картина мира\***

Сейчас происходит новый коренной пересмотр знаний о Вселенной как целом, т.е. наибольшем по масштабу фрагменте мирового целого, который наука способна выделить имеющимися в данное время средствами. Этот пересмотр касается двух концептуальных уровней: 1) построение новых космологических теорий; 2) изменения блока «мир как целое» в научной картине мира (НКМ).

Современные изменения в космологии вносят чрезвычайно большой, но пока недостаточно оцененный вклад в современную НКМ, не говоря уже о мировоззренческом интересе, который они представляют. Их суть — возвращение к выраженным языком неклассической физики идеям бесконечного множества миров, бесконечности пространства и времени, бесконечности процессов эволюции и самоорганизации во Вселенной (Метавселенной), часть которых считалась навсегда отвергнутой с позиций науки.

Теория расширяющейся Вселенной была исключительно эффективной исследовательской программой. Она позволила решить ряд проблем, относящихся к структуре и эволюции нашей Метагалактики, в том числе, ранним стадиям ее развития. Например, выдающимся достижением стала теория «горячей Вселенной» Г.А.Гамова, подтвержденная открытием в 1965 году реликтового излучения. Многочисленные альтернативы фридмановской космологии оказались неубедительными.

---

\* Работа выполнена при поддержке РГНФ, проект № 97-03-04368.

Вместе с тем, теория расширяющейся Вселенной сама столкнулась с рядом серьезных проблем. Некоторые из них носили, так сказать, «технический» характер. Скажем, несколько обескураживает то, что, несмотря на интенсивные исследования, до сих пор не удалось построить в рамках теории А.А.Фридмана достаточно адекватную модель расширяющейся Метагалактики, поскольку известные факты, необходимые для построения такой модели, либо недостаточно точны, либо противоречивы. Другие проблемы носят более принципиальный характер. В качестве «дамклова меча» над космологами уже давно висит «парадокс массы», согласно которому 90–95% массы Метагалактики должно находиться в невидимом состоянии, природа которого пока непонятна. Современное развитие теории расширяющейся Вселенной породило ряд еще более серьезных проблем, в сущности, ясно показывающих ограниченность теории, ее неспособность справиться с этими проблемами без существенных концептуальных сдвигов. Особенно много неприятностей доставляла теории проблема самых начальных стадий эволюции Вселенной. Хорошо известна проблема сингулярности: при обращении радиуса Вселенной, т.е. нашей Метагалактики, в нуль многие параметры становились бесконечными. Неясным оказывался физический смысл вопроса: а что было «до» сингулярности (иногда сам этот вопрос объявляли неосмысленным, поскольку время, как утверждал еще Августин, возникло вместе со Вселенной. (Но ответы типа: «до» этого не было времени и, следовательно, сам вопрос поставлен некорректно, многих космологов не очень-то удовлетворяли.) Теория в ее не квантовом варианте не могла объяснить причину, вызвавшую Большой взрыв, расширение Вселенной. Кроме того, существует впечатляющий перечень более десятка других проблем, с которыми теория А.А.Фридмана не смогла справиться. Вот лишь некоторые из них. 1) Проблема плоскостности (или пространственной евклидовости) Вселенной: близость кривизны пространства к нулевому значению, что на порядки отличается от «теоретических ожиданий»; 2) проблема размеров Вселенной: более естественно, с точки зрения теории, было бы ожидать, что наша Вселенная содержит не более нескольких элементарных частиц, а не  $10^{88}$  по современной оценке — еще одно огромное расхождение теоретических ожиданий с наблюдениями! 3) проблема горизонта: достаточно удаленные точки в нашей Вселенной еще не успели провзаимодействовать и не могут иметь общие параметры (такие, как

плотность, температура, и др.). Но наша Вселенная, Метагалактика, в больших масштабах отказывается удивительно однородной, несмотря на невозможность причинных связей между ее удаленными областями.

Сейчас, после того как инфляционная космология смогла решить большую часть этих проблем, затруднения релятивистской космологии перечисляют часто, и даже как-то очень охотно. Но в 60—70-е годы даже их упоминания были очень сдержанными и дозированными, особенно перед лицом нефридмановских исследовательских программ. Во-первых, у многих была еще в памяти трагическая судьба релятивистской космологии, подвергавшейся идеологическим нападкам отнюдь не только в нашей стране. Во-вторых, существовало общее понимание, что вблизи «начала» решающую роль начинают играть квантовые эффекты. Отсюда следовало, что необходима дальнейшая трансляция новых знаний из физики элементарных частиц и квантовой теории поля. Обсуждение космологических проблем на уровне НКМ привело к интереснейшим выводам. Были выдвинуты два фундаментальных принципа, которые вызвали сильный «прогрессивный сдвиг» в космологии.

1) Принцип квантового рождения Вселенной. Космологическая сингулярность является неустранимой чертой концептуальной структуры неквантовой космологии. Но в квантовой космологии это — лишь грубое приближение, которое должно быть заменено понятием спонтанной флуктуации вакуума (Трайон, 1973).

2) Принцип раздувания, согласно которому вскоре после начала расширения Вселенной произошел процесс ее экспоненциального раздувания. Он длился около  $10^{-35}$  с, но за это время раздувающаяся область должна достигнуть, по выражению А.Д.Линде, «невообразимых размеров». Согласно некоторым моделям раздувания, масштаб Вселенной (в см) достигнет 10 в степени  $10^{12}$ , т.е. величин, на много порядков превышающих расстояния до самых удаленных объектов наблюдаемой Вселенной.

Первый вариант раздувания был рассмотрен А.А.Старобинским в 1979 году, затем последовательно появились три сценария раздувающейся Вселенной: сценарий А.Гуса (1981 г.), так называемый новый сценарий (А.Д.Линде, А.Альбрехт, П.Дж.Стейнхардт, 1982), сценарий хаотического раздувания (А.Д.Линде, 1986 г.). Сценарий хаотического раздувания исходит из того, что механизм, порождающий быстрое раздувание ранней Вселенной, обусловлен скалярными полями, играющими ключевую роль как

в физике элементарных частиц, так и в космологии. Скалярные поля в ранней Вселенной могут принимать произвольные значения; отсюда и название — хаотическое раздувание [1].

Раздувание объясняет многие свойства Вселенной, которые создавали неразрешимые проблемы для фридмановской космологии. Например, причиной расширения Вселенной является действие антигравитационных сил в вакууме. Согласно инфляционной космологии, Вселенная должна быть плоской. А.Д.Линде даже рассматривает этот факт как предсказание инфляционной космологии, подтверждаемое наблюдениями. Не составляет проблемы и синхронизация поведения удаленных областей Вселенной.

Теория раздувающейся Вселенной вносит (пока на гипотетическом уровне) серьезные изменения в блок «мир как целое» НКМ.

1. В полном соответствии с философским анализом понятия «Вселенная как целое», который привел к выводу, что это — «все существующее» с точки зрения данной космологической теории или модели (а не в каком-то абсолютном смысле) [2, с. 116–128] теория совершила беспрецедентное расширение объема этого понятия по сравнению с релятивистской космологией. Общепринятая точка зрения, что наша Метагалактика и есть вся Вселенная, была оставлена. В инфляционной космологии введено понятие *Метавселенной*, тогда как для областей масштаба *Метагалактики* предложен термин «минивселенные». Теперь уже *Метавселенная* рассматривается как «все существующее» с точки зрения инфляционной космологии, а *Метагалактика* — как ее локальная область. Но не исключено, что если будет создана единая теория физических взаимодействий (ЕФТ, ТВО), то объем понятия *Вселенная как целое* вновь будет значительно расширен (или изменен).

2. Теория Фридмана основывалась на принципе однородности Вселенной (*Метагалактики*). Инфляционная космология, объясняя факт крупномасштабной однородности Вселенной при помощи механизма раздувания, одновременно вводит новый принцип — крайней неоднородности *Метавселенной*. Квантовые флуктуации, связанные с возникновением минивселенных, приводят к различиям физических законов и условий, размерности пространства-времени, свойств элементарных частиц и др. вне-*метагалактических* объектов. Следует ли напоминать, что принцип бесконечного многообразия материального мира, в частности, его физических форм — это довольно старая философская идея, которая сейчас находит новое подтверждение в космологии.

3. Мета вселенная как совокупность множества минивселенных, возникающих из флуктуаций пространственно-временной «пены», очевидно бесконечна, не имеет начала и конца во времени (И.Д.Новиков назвал ее «вечно юной Вселенной», не подозревая, что эту метафору еще в начале XX века придумал К.Э.Циолковский, критикуя теорию тепловой смерти Вселенной).

4. Теория раздувающейся Вселенной существенно иначе, чем фридмановская, рассматривает процессы космической эволюции. Она отказывается от представления, что вся Вселенная возникла  $10^9$  лет назад из сингулярного состояния. Это — лишь возраст нашей минивселенной, Метагалактики, возникшей из вакуумной «пены». Следовательно, «до» начала расширения Метагалактики был вакуум, который современная наука рассматривает как одну из физических форм материи. Но еще прежде, чем этот вывод был сделан в космологическом контексте, относительность, а вовсе не абсолютность, и вполне природный, а не трансцендентный характер расширения обосновывались из философских соображений [3, с. 49-95]. Тем самым, понятие «сотворения мира», один раз встречающееся в текстах А.А.Фридмана, и бесчисленное множество раз — в теологических, философских, да и собственно космологических сочинениях на протяжении большей части XX века, оказывается не более чем метафорой, не вытекающей из существа инфляционной космологии. Мета вселенная, согласно теории, может вообще оказаться стационарной, хотя эволюция входящих в нее минивселенных описывается теорией большого взрыва.

А.Д.Линде ввел понятие вечного раздувания, которое описывает эволюционный процесс, продолжающийся как цепная реакция. Если Мета вселенная содержит, по крайней мере, одну раздувающуюся область, она будет безостановочно порождать новые раздувающиеся области. Возникает ветвящаяся структура минивселенных, похожая на фрактал.

5. Инфляционная космология позволила дать совершенно новое понимание проблемы сингулярности. Понятие сингулярности, неустранимое в рамках стандартной релятивистской модели, основанной на классическом способе описания и объяснения, существенно меняет свой смысл при квантовом способе описания и объяснения, применяемом в инфляционной космологии. Оказывается вовсе не обязательным считать, что было какое-то единое начало мира, хотя это допущение и встречается с некоторыми трудностями. Но, по словам А.Д.Линде, в сценариях хаотического раздувания Вселенной «особенно отчетливо видно, что

вместо трагизма рождения всего мира из сингулярности, до которой ничего не существовало, и его последующего превращения в ничто, мы имеем дело с нескончаемым процессом взаимопревращения фаз, в которых малы, или, наоборот, велики квантовые флуктуации метрики» [1, с. 237]. Отсюда следует, что незыблемый еще недавно вывод о существовании общекосмологической сингулярности в начале расширения теряет убедительность. Нет необходимости утверждать, что все части Вселенной начали одновременное расширение. Сингулярность заменяется в теории расширяющейся Вселенной квантовой флуктуацией вакуума.

6. Инфляционная космология на современном этапе своего развития пересматривает прежние представления о тепловой смерти Вселенной. А.Д. Линде говорит о «самовоспроизводящейся раздувающейся Вселенной», т.е. процессе бесконечной самоорганизации. Минивселенные возникают и исчезают, но никакого единого конца этих процессов нет.

7. Как в релятивистской, так и в инфляционной космологии играет значительную роль антропный принцип (АП). Он связывает между собой фундаментальные параметры нашей вселенной, Метагалактики, параметры элементарных частиц и факт существования в Метагалактике человека. К числу необходимых для появления человека космологических условий относится следующие: Вселенная (Метагалактика) должна быть достаточно большой, плоской, однородной. Именно эти свойства ее вытекают из теории раздувающейся Вселенной. Без привлечения процесса раздувания в ранней Вселенной объяснить однообразие ее строения и свойств внутри охваченной наблюдениями области нельзя.

Нетрудно заметить, что в философских основаниях инфляционной космологии сплелись отдельные идеи и образы, транслированные из разных философских систем. Например, идея бесконечного множества миров имеет длительную философскую традицию еще со времен Левкиппа, Демокрита, Эпикура, Лукреция. Особенно глубоко она разрабатывалась Николаем Кузанским и Джордано Бруно. Идея аристотелевской метафизики о превращении потенциально возможного в действительное оказала влияние не только на используемый инфляционной космологией квантовый способ описания и объяснения, но и оказывается — парадоксальным образом! — предшественницей эволюционных идей этой теории. Парадоксальным потому, что сам Аристотель считал Вселенную единственной и, рассматривая возникновение и уничтожение как земные процессы, приписывал небу неизменность во

времени и замкнутость в пространстве. Но высказанные им идеи о потенциальном и актуальном бытии были перенесены, вопреки собственным взглядам Аристотеля, на бесконечную Метавселенную. Находят в философских основаниях инфляционной космологии также влияние идей Платона. Оно прослеживается, во всяком случае, через неоплатоников эпохи Возрождения.

Некоторые исследователи (например, А.Н.Павленко) считают, что инфляционная космология должна рассматриваться как новый этап современной революции в науке о Вселенной, поскольку она не только создает новую НКМ, но также приводит к пересмотру некоторых идеалов и норм познания (например, идеалы доказательности знания, которые сводятся к внутриреалистическим факторам). В качестве прогноза или экспертной оценки такая точка зрения приемлема, если мы учтем, однако, следующие обстоятельства.

Конечно, разработка теории, вызывающей крупный сдвиг в наших знаниях о мире и серьезные мировоззренческие последствия, — необходимый признак определенной стадии научной революции. Этот признак должен быть, однако, дополнен обоснованием новой теории, ее признания в научном сообществе, что также входит в структуру революционного сдвига. По степени радикальности, с какой инфляционная космология (особенно вариант хаотического раздувания) пересматривает картину мира как целого, она явно превосходит теорию А.А.Фридмана. В сообществе космологов она стала пользоваться большим влиянием, которое установилось, впрочем, не сразу. В первой половине 80-х годов считались конкурентоспособными различные сценарии квантового рождения Вселенной из вакуума, инфляционная космология — в их числе. Это объяснялось существенными недостатками первых сценариев раздувания. Лишь после появления сценария хаотического раздувания произошел прорыв в признании новой космологии. Тем не менее, проблема обоснования этой космологической теории остается пока открытой, как раз вследствие того, что принятым сейчас идеалам и нормам доказательности знания она не соответствует (другие Вселенные принципиально не наблюдаемы). Надежды на изменение этих идеалов в обозримом будущем (исключение обязательности «внешнего оправдания») пока невелики. Строго говоря, революция, потенциально заключенная в инфляционной космологии, может состояться, а может и не состояться. На ее развертывание пока можно только надеяться, не исключая полностью также других неожиданных и пока не угадываемых поворотов в этой области.

Социокультурная ассимиляция инфляционной космологии содержит любопытный момент. Являясь чрезвычайно революционной по своей сути, новая космологическая теория не вызвала особого «бума». Пошло уже около 20 лет после появления первого варианта этой теории, но она почти не вышла за пределы довольно узкого круга специалистов, не стала источником мировоззренческих дискуссий, хотя бы отдаленно напоминающих ожесточенные баталии вокруг теории Коперника, будоражившей умы еще до опубликования его бессмертного трактата, или вокруг теории А.А.Фридмана. Это поразительное обстоятельство нуждается в объяснении.

Не исключено, что основная причина — увядание интереса к научному, в частности, физико-математическому знанию, которое интенсивно заменяется разного рода суррогатами, зачастую вызываемыми неизмеримо большим ажиотажем, чем самые первоклассные научные достижения. Сейчас находят отклик лишь немногие открытия науки, которые обнаруживают прямую связь с проблемами человеческого бытия.

Далее, инфляционная космология — чрезвычайно сложная теория, не очень понятная даже специалистам из соседних областей физики, а тем более для неспециалистов, и уже в силу только этого одного находящаяся вне сферы этих интересов.

Наконец, идея единственной и конечной во времени Вселенной пустила в культуре слишком глубокие корни, оказала на нее слишком сильное влияние, чтобы с легкостью уступить место теории, явно напоминающей давно отвергнутые космологические образцы.

Тем не менее, прогресс космологии продолжается и ближайшие годы, вероятно, приведут к более уверенным оценкам теории раздувающейся Вселенной.

### Литература

1. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990.
2. Казютинский В.В. Понятие «Вселенная» // Бесконечность и Вселенная. М., 1969.
3. Казютинский В.В. Идея Вселенной // Философия и мировоззренческие проблемы современной науки. М., 1981.