

## Глава 3

### ЭРА СВОБОДНЫХ АТОМОВ И ПОЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ МАТЕРИИ

#### 3.1. Возникновение атомов легких элементов (эпоха рекомбинации водорода до 270 тыс. лет)

**1. Возможности структурирования материи и Вселенной.** Как уже было сказано, в эпоху до рекомбинации водорода при температуре в сотни тысяч градусов существовала горячая плазма, состоящая из различных элементарных частиц и атомных ядер (электрон-фотон-протонная плазма). Такое предположение напоминает гипотезу А. И. Опарина, сформулированную в 1920-х гг., о так называемом «первичном бульоне» со сложными органическими веществами, из которого и образовалась жизнь. Но при этом он все время оставался только более или менее сложным раствором неорганических солей и органических веществ (Опарин 1968). Возможно, эта гипотеза, которой уже почти 90 лет, и неверна, но ассоциации интересны тем, что для формирования новых структур и нового уровня эволюции нужна особая среда. Своего рода «демографическим бульоном» была и среда ранних земледельцев и скотоводов, когда быстрый рост населения на фоне перехода к новому принципу производства (от охотничье-земледельческого к аграрному) создал более плотное демографическое давление. Именно в таком «демографическом бульоне» могли «свариться» первые средне-сложные общества (объединявшие уже много общин и людей).

Описанные выше эпохи, таким образом, были еще периодом крайне неструктурированной материи. Ни краткость времени, ни наличные условия (температура и радиация) еще никак не позволяли структурировать ее ни на уровне микро-, ни на уровне макромира. И для того, и для другого лишь создавались предпосылки. Структурирование предполагает концентрацию. Условием для концентрации всегда выступает некоторая неравномерность, которая создает силы, способные объединить разрозненные элементы и – главное – дать им при этом новые функции. Но этот процесс

требует времени. Причем он происходит ступенчато: сначала появляются малые структуры, потом из них возникают более крупные и т. д.

Вернемся теперь к эпохе рекомбинации водорода. Как и в отношении других эпох, ее датировки неоднократно пересматривались. Ранее, лет десять назад, длительность этой эпохи определяли в 700–500 тыс. лет от БВ, но в настоящее время момент ее завершения приближен к началу Вселенной – 270–300 тыс. лет от БВ. Как указывают Д. Горбунов и С. Рубаков (2010: 221, 224) рекомбинация была относительно быстрым процессом, но не одномоментным. Следовательно, данная эпоха и описанная ранее эпоха доминирования темной материи частично как бы перекрывают друг друга. Но что означает быстрый процесс в отношении эволюции Вселенной? Как следует из расчетов А. И. Смирнова (2009: 95), в целом основная часть этого процесса происходила в диапазоне  $T$  от 4000 до 3500 К, соответственно из его методики следует, что это могло занять приблизительно 30 тыс. лет, хотя полностью процесс рекомбинации длился примерно в 9–10 раз дольше.

Эпоха рекомбинации водорода имела целый ряд важных следствий, которые мы и рассмотрим.

**2. Образование атома – новая ступень в структуре строительных элементов материи.** Как и прежде, для нового фазового перехода, который ознаменовал важный шаг в структурировании материи, потребовалось падение температуры до нескольких тысяч градусов. До этого энергии связи в атоме водорода было недостаточно, чтобы удержать электроны в атомах, и вещество находилось в фазе электрон-фотон-протонной плазмы. Рекомбинация происходила при температуре около 3000–3500 тыс. К (0,3 эВ), которая имела место в районе периода 240–270 тыс. лет после БВ.

Понижение температуры привело к уменьшению энергии электронов и атомных ядер. До определенного момента она превышала силу электромагнитного притяжения между этими разнозаряженными частицами<sup>61</sup>. Но теперь электромагнитные силы притяжения стали больше. В результате атомные ядра и электроны начали объединяться друг с другом, образуя атомы. При этом вещество (атомы водорода, гелия и других элементов) стало переходить из плазменного в газообразное состояние.

---

<sup>61</sup> Напомним, что протон и ядро в целом имеют положительный заряд, а электрон – отрицательный.

Обратим внимание, что здесь на первое место вышли электромагнитные силы, исключительно распространенные в природе (в том числе и в формировании молекулярных структур). Такова особенность движущих сил эволюции: целый ряд сил сосуществуют одновременно, но в особые моменты переходов наибольшее значение получают лишь некоторые. Гравитация играла важную роль с самого начала эволюции, ее роль была исключительной в отношении сгущения темной материи, послужившей затравкой для более крупных сгущений в дальнейшем. И все же решающая роль гравитации в создании крупномасштабной структуры Вселенной, ее макротел была еще впереди.

Атом водорода образовался из ядра (состоящего только из одного протона) и электрона. Так впервые возник атом, пусть самый простой и состоящий только из двух элементов, но это была уже структура. Причем в ней воплощается принцип (закон), который реализуется в невероятном количестве вещей и процессов: закон единства и борьбы противоположностей. Ведь здесь объединились разнозаряженные элементарные частицы. Атом гелия был уже существенно сложнее, чем атом водорода, поскольку ядро гелия состоит из двух протонов и двух нейтронов, а вокруг ядра обращаются два электрона.

**Структурирование и деструктурирование как эволюционные стратегии.** Здесь стоит заметить, что первой атомоподобной структурой были ионы гелия (и даже еще ранее – ионы лития), которые возникли гораздо раньше атомов водорода, примерно 17 тыс. лет от БВ, но их было недостаточно, и они были не в состоянии изменить природу электрон-фотон-протонной плазмы. Это весьма характерно для эволюции вообще – появление доэволюционно ведущей формы и структуры (создающей основу эволюционного или фазового перехода) форм, в чем-то аналогичных ей, которые в некоторых смыслах как бы готовят условия для ее появления. Вспомним также соотношение темной и светлой материи, когда первая предшествует в концентрации второй, выступая в каком-то смысле ее аналогом и предшественником. Это также напоминает некоторые уровни структурирования в агрегации одноклеточных животных, а колонии этих одноклеточных в чем-то являются аналогами многоклеточных организмов. Позже мы еще встретимся с понятием аналогов ведущего эволюционного типа. Данная ситуация также хорошо иллюстрирует эволюционное правило достаточного (избы-

точного) разнообразия, согласно которому для появления эволюционно важной формы (типа) требуется определенный уровень разнообразия форм.

Добавим еще одну интересную эволюционную аналогию. На всех уровнях эволюции мы видим баланс сильно- и слабоструктурированных групп. Так, одноклеточные животные могут жить поодиночке или сбиваться в колонии, многоклеточные животные также в зависимости от условий живут отдельными особями, семьями или группами. Это же касается охотников, собирателей и примитивных земледельцев-скотоводов, которые могут в разных случаях жить рассеянно или собираться вместе. Общими причинами, обеспечивающими уровень структурированности в биологическом мире и в обществе, выступают: а) уровень обеспеченности ресурсами (энергией в общем виде), что роднит их с поведением элементарных частиц; б) наличие определенной силы, которая способствует объединению, что роднит их с поведением материи, группирующейся в звезды; в) наличие первичной «флуктуации», скопления, начальной массы, центра (ядра), вокруг которого только и может формироваться более крупная структура, что очень похоже на формирование звезд и других структур. Такой силой в отношении биологических сообществ и обществ может выступать, например, страх нападения (хищников и врагов), а также выгода от совместных усилий, если эта выгода превышает потери, связанные с необходимостью совместного проживания. Но так или иначе, объединение или разъединение и в микромире, и в космическом макромире, и в биологии и социологии диктуется наличным уровнем энергии (ресурсов) и величиной объединяющей или отталкивающей силы, которая создает первичные скопления как центр будущей структуры. Только в описываемом нами случае образования атомов требовалось понижение энергии, а для того чтобы люди или животные жили кучно, напротив, нужно изобилие ресурсов в определенных местах, иначе прокормиться вместе будет невозможно.

**3. Аддитивность и вариативность эволюции.** Образование водорода и других легких элементов полностью подтверждает идею аддитивности (то есть дополнительности, добавления к прежним формам качественно более высоких форм, сосуществование их) эволюции на ее ранних стадиях<sup>62</sup>. Это значит, что появле-

---

<sup>62</sup> Об аддитивности биологической эволюции и сокращении этого качества в социальной эволюции см. подробнее: Гринин, Марков, Коротаев 2008.

ние нового как более сложного не ведет к вытеснению старого как менее сложного и потому не способного конкурировать с более сложным. Водород является самым простым элементом, но он не исчезает по мере появления более сложных веществ. К водороду присоединяются новые элементы. Да, часть водорода позже выгорает и превращается в иные элементы, но в целом он продолжает преобладать в мире как самый ранний и самый простой элемент. Также и в животном мире одноклеточные по численности преобладают (остаются и очень ранние типы организмов, такие как сине-зеленые водоросли).

В связи со сказанным стоит заметить, что аннигиляция вещества и антивещества (если она, разумеется, реально имела место) была явлением нехарактерным для ранней эволюции. Мало того, аннигиляция – процесс, подобный которому не так просто найти (пожалуй, только если общества или народы взаимно уничтожают друг друга или почти уничтожают, но таких случаев было очень немного). Аннигиляция выглядит нехарактерной для физической эволюции еще и потому, что в целом для несоциальной эволюции более характерна аддитивность (добавочность), при которой новые структуры скорее добавляются к старым, чем вытесняют их (хотя и случаев прямого вытеснения хватает). Лишь в социальной эволюции и только на сравнительно поздних ее стадиях усилилась заместительность эволюции, когда новые уровни и структуры (технологии) вытесняют старые в качестве более конкурентных. Представляется, что качество аддитивности в эволюции сокращается. *Можно предполагать, что в неживой материи аддитивность выше, чем в живой* (так, сосуществуют старые и молодые звезды, темная и светлая материи и т. п.). В живой материи ее меньше – свидетельством чему вымирания и ограниченность жизни видов. Еще меньше ее в обществе.

Уже на самых ранних стадиях развития Вселенной проявилось такое важнейшее качество природы и эволюции, как вариативность, то есть формирование нескольких типов (вариаций) в целом одной и той же модели, элемента, структуры и т. п. В данном случае имеются в виду изотопы водорода – дейтерий и тритий, а также и изотопы гелия. Такая вариативность колоссально расширяет возможности развития и реализации потенциальных свойств, оставляет запасные пути для эволюции.

### 3.2. Изменение структуры Вселенной и радиация

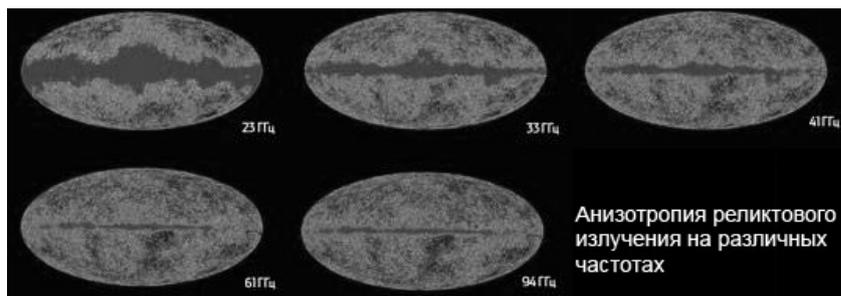
**1. Макро- и микромир: взаимодействие.** Исследование ранней Вселенной показывает, что для понимания эволюции крайне важно постичь процессы как на предельно малых уровнях, так и на макроуровнях. То, что исследования природы на предельно малых и предельно больших масштабах оказываются единой задачей, предвидел еще Блез Паскаль (Ефремов 2003: 13). Сбудется ли мечта физиков открыть фундаментальные и единые законы для макромира и микромира, на каковые претендует теория струн и некоторые другие (см.: Грин 2004; Смолин 2007), пока очень неясно, но то, что обнаружение в строительном материале материи новых элементов может вести к колоссальным изменениям в нашем представлении о Вселенной и ее эволюции, вполне очевидно.

Изменение структуры на уровне микромира (то есть образование атомов) в итоге привело к крупномасштабному структурированию Вселенной. Аналогии этого можно найти и на других уровнях эволюции: мутации, произошедшие в генах, способны привести к итоге к резкому изменению фауны и флоры в течение определенного времени. Охватившая массы идеология может не только изменить ситуацию в конкретном обществе, но и стать началом колоссальных перемен в Мир-Системе (как это случилось в начале VII в. в Аравии в результате возникновения ислама).

**2. Последствия рекомбинации атомов** оказались очень существенными и в отношении достаточно быстрого изменения состояния Вселенной. Она пребывала, как уже упоминалось, в состоянии электрон-фотон-протонной горячей плазмы, в которой фотоны не могли свободно распространяться. Возможно, фотонам было так же трудно вырваться из этой плазмы, как сегодня фотонам в плазме Солнца, когда им в среднем требуется миллион лет, чтобы выбраться из ядра на поверхность, откуда они могут свободно улететь.

Возникновение атомов вместе с дальнейшим остыванием Вселенной (до 3000–4500 К) привело, во-первых, к тому, что масса разнозаряженных частиц объединилась в новые электрически нейтральные атомные структуры. Во-вторых, вещество из плазмы превратилось в газ, состоящий из атомов водорода и гелия. В-третьих, поскольку плазма исчезает, Вселенная становится прозрачной. Поэтому данный период также называют *эпохой последнего рассея-*

ния. Фотоны, которым теперь уже ничего не мешало оторваться, улетают, более не взаимодействуя с веществом, прежде всего с ядрами водорода. Эти фотоны и образуют знаменитое реликтовое излучение, существование которого рассматривается как важнейшее подтверждение теории Большого взрыва. Считается, что с того времени по настоящий момент Вселенная расширилась в 1000 раз, отсюда и температура фотонов понизилась в тысячу раз с 3000 до 3 К (точнее, до 2,7 К, каковая температура осталась теперь у реликтового излучения). В-четвертых, это, естественно, привело к всплеску радиации, которая отделилась от вещества, не мешая более его трансформациям. И, наконец, в-пятых, водородно-гелиевый газ получил возможность концентрироваться в облака, что и стало основой для нового этапа структурирования Вселенной.



**Рис. 6.** Карта анизотропии реликтового излучения

Источник: <http://elementy.ru/lib/431076>

Таким образом, переход на новый фазовый уровень и возникновение атомов привели к значительному изменению структуры Вселенной, переходу ее от состояния плазмы к состоянию сосуществования множества дискретных частиц (но уже в виде атомов и молекул), которые могли собираться в большие массы газа. В результате появилась возможность для формирования крупномасштабной структуры. Произошло также отделение света от другой материи. Словом, налицо целый каскад изменений. В эволюции одно явление часто совмещается с другими, казалось бы, не связанными с ним. В генетике такое явление называется сцепленными генами. Такие гены, по-видимому, сыграли важную роль в процессе антропогенеза (высказывается идея, что даже потеря волосяного покрова предками человека была связана со сцепленностью признаков).

В социальной эволюции один процесс начинает вести за собой другие (так, объединение в связи с военной угрозой независимых политий в единое государство может вести за собой усиление процессов социальной стратификации и т. п.). Иногда природные процессы ведут к очень большим изменениям в обществе. Так, потепление в начале голоцена привело к исчезновению привычной фауны и флоры, в том числе крупной дичи, а это, в свою очередь, потребовало изобретения новых видов орудий и оружия охоты на мелкую дичь (в том числе лук со стрелами; читатель, конечно, понимает, что это означало для дальнейшей эволюции), а также привело к новой структуре общества, распавшегося на мелкие подвижные коллективы.

\* \* \*

Итак, в первичном хаосе произошли изменения, в результате чего образовались атомы и молекулы, которые находились в виде газовых масс, постепенно собиравшихся в гигантские облака. Напомним, что такой концентрации светлой материи способствовала «затравка» темной, которая кластеризовалась намного раньше. И сразу после того как ослабло давление радиации после рекомбинации, образно говоря, обычное барионное вещество сваливается в гравитационные ямы, образованные темной материей (Горбунов, Рубаков 2010: 16). Кстати, в эволюции нередкое явление, когда первичным ядром процесса становятся инородные основной массе элементы. Так, образование этносов или государств нередко инициируется иноэтничным для данного общества элементом. *С другой стороны, очень важно видеть и другой крайне распространенный закон развития (а также и эволюционный) – любой процесс всегда имеет какие-либо неравномерности, флуктуации, неровности и т. п., которые являются зернами, отправными точками будущих изменений (в некоторых случаях – эволюционно важных).*

Итак, первичная «глина», из которой могли образоваться и зажечься звезды и галактики, теперь была «под рукой». Что же требовалось для того, чтобы сформировать из этой глины звездную Вселенную? В основном две вещи: время и сила.