

Глава 4

ПЕРВЫЙ МИЛЛИАРД ЛЕТ: НАЧАЛО ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВСЕЛЕННОЙ

4.1. Общая характеристика эры

Таким образом, мы рассмотрели две крупные эры, связанные с формированием разных ступеней организации материи на уровне микромира: эру элементарных (фундаментальных и субатомных) частиц и эру свободных атомов. Хотя имеется много лакун и неясностей, все же представления о сути и последовательности гипотетических процессов первых коротких эпох Ранней Вселенной оказываются в общих чертах ясными. В то же время, как это ни парадоксально, об эпохе, последовавшей за рекомбинацией водорода и длившейся сотни миллионов лет, известно не так уж много, о последовательности и содержании проходивших в то время процессов составить даже общее представление все еще затруднительно. Как мы уже говорили, этот парадокс связан с тем, что в первом случае моделирование идет как бы в отношении единичного развивающегося объекта (каким представляется Ранняя Вселенная) и при этом процессы протекают очень быстро (поэтому их можно хотя бы теоретически моделировать), в то время как в отношении процессов структурирования Вселенной речь уже идет хотя и о гораздо более длительных, но идущих медленно процессах, имеющих своим результатом постепенные трансформации во множестве эволюционирующих объектов.

В целом в эту эпоху началось создание крупномасштабной структуры Вселенной. После эпохи рекомбинации водорода, как предполагается, Вселенная через некоторое время сильно остыла, и температура в ней упала до 30 К. Таким образом, Вселенная прошла путь от сверхгорячей к холодной, а уже затем полюса высокой температуры и космического холода распределились, чтобы сосуществовать. Начались процессы самоорганизации в плане создания структур на разных уровнях. Гигантские массы атомно-молекулярной материи, наполнявшие Вселенную, не могли бесконечно оставаться в таком состоянии. Два момента одновременно препят-

ствовали этому: неизбежно возникающие неравномерности и флуктуации газа, с одной стороны, и силы гравитации, которые тут же подхватывали эти неравномерности и многократно наращивали такое уплотнение, – с другой. После появления уплотнения формирование более плотных масс начинает идти как бы само собой. Процесс этот по сути уже неравновесный и до определенной поры кумулятивный: чем больше масса сгустка, тем больше он подтягивает массу извне.

Такие процессы (с положительной обратной связью) очень распространены на новых уровнях эволюции. Так, стоит образоваться даже небольшой группе оппозиционеров, как к ней при определенных настроениях начинают примыкать все новые люди, и чем крупнее становится протестное движение, тем больше притягивает оно сторонников, пока либо не победит, либо не будет разогнано.

Далее при уплотнении огромных масс газа могли начаться процессы формирования новых структур, о чем будет сказано ниже.

Таким образом, в описываемый период начались два противоположных по сути процесса (которые происходили много позже, и имеют место сегодня): с одной стороны, Вселенная продолжала расширяться, а с другой – материя начала концентрироваться. Как пишет С. Хокинг (2001: 63–64), вся Вселенная как целое могла продолжать расширяться и охлаждаться, но в тех областях, плотность которых была немного выше средней, расширение замедлялось из-за дополнительного гравитационного притяжения. В результате некоторые области перестали расширяться и начали сжиматься, в них начались процессы формирования дискретных и структурированных макротел (см. также: Горбунов, Рубаков 2012: 41). «Ведь чтобы гравитационные силы сжимали материю, необходим исходный зародыш – область с повышенной плотностью. Если материя распределена в пространстве равномерно, то гравитация, подобно Буриданову ослу, не знает, в каком направлении ей действовать» (Рубин 2004).

Вселенная начинала приобретать привычную нам форму: бескрайней «пустоты» с отдельными сгустками взаимодействующей материи. Также стала закладываться крупномасштабная структура Вселенной. На очень больших размерах она однородна (то есть средняя плотность вещества везде примерно одинакова). Но в меньших размерах вещество располагается неравномерно. Хотя

Вселенная в этом плане выглядит уникальной, все же в некотором приближении различия в структуре между большими и малыми масштабами можно наблюдать и во многих других процессах и явлениях, в частности в том, каким объект предстает вблизи и на расстоянии. При малых масштабах рельеф местности крайне важен, но для определения формы Земли по сравнению с ее радиусом эти неровности пренебрежительно малы, так что Землю можно считать сфероидом. То же касается различий между особями и их схожести в рамках видов и популяций, равенства прав (по конституции) и неравенства прав граждан и т. п. Однородность (усредненность) на одних уровнях и разнородность на других проявляется и в отношении целостной системы и ее частей. Так, для населения Земли закон демографического роста выполняется, тогда как для отдельных стран, из населения которых и состоит население Земли, он выполняется далеко не всегда.

Процесс создания крупномасштабной структуры Вселенной протекал, по-видимому, крайне медленно по сравнению с предыдущими эпохами. Однако датировки меняются практически каждый год. Совсем недавно имело право на жизнь мнение, что наша Вселенная почти в течение 2–3 млрд лет после Большого взрыва «жила» без звездного мира, без галактик и закона Э. Хаббла, скоплений и сверхскоплений (Хван 2008: 302)⁶³. Но последние астрономические наблюдения дают основания считать, что первые галактики появились не позже одного миллиарда лет после БВ или даже в течение первых нескольких сотен миллионов лет (см. ниже).

Завершим этот пункт рассуждением о таком свойстве Вселенной, как иерархичность, которую мы наблюдаем на всех уровнях эволюции и во всех масштабах мира, начиная, как это ни удивительно, с микромира. Вот что пишет по этому поводу Ли Смолин (2007).

...Физика частиц кажется скорее иерархической, чем демократической. Четыре силы разбросаны в широком диапазоне величин, формируя иерархию от сильных к слабым, если двигаться от ядерной физики к гравитации. Различные массы в физике также формируют иерархию. На вершине находится планковская масса, которая соответствует энергии

⁶³ На самом деле закон Хаббла, как мы видели выше, не привязан к наличию галактик, он только был определен по разбеганию галактик, фактически закон Хаббла стал действовать, как предполагается, еще в период инфляции.

(напомним, что масса и энергия на самом деле одна и та же вещь), при которой станут важными эффекты квантовой гравитации. Возможно, в тысячу раз легче планковской массы находится масштаб, при котором должна проявиться разница между электромагнетизмом и ядерными силами. Эксперименты, проводимые при этой энергии, которая называется масштабом унификации, будут видеть не три силы, а одну единственную силу. Снижаясь дальше по иерархии до 10^{-16} от планковского масштаба, получаем ТэВ (тераэлектрон-вольт или 10^{12} электрон-вольт), энергию, при которой имеет место объединение слабых и электромагнитных сил. Этот масштаб называется масштабом слабого взаимодействия. Это область, в которой мы должны видеть Хиггсов бозон, а также здесь многие теоретики ожидают увидеть суперсимметрию. LHC (Large Hadron Collider, Большой адронный коллайдер. – Л. Г.) строится, чтобы исследовать физику именно на этом масштабе. Масса протона составляет 1/1000 от этой величины, снижение еще на фактор 1/1000 приводит нас к электрону, и, возможно, 1/1 000 000 от этой величины составляет масса нейтрино. Далее по пути вниз на дно находится вакуумная энергия, которая существует в пространстве даже в отсутствие вещества.

Все это составляет красивую, но загадочную картину. Почему природа столь иерархична? Почему разница между величинами сильнейшей и слабейшей из сил столь гигантская? Почему массы протонов и электронов так незначительны по сравнению с планковской массой или масштабом унификации?

В еще большей степени иерархия пронизывает макромир, мир звезд и галактик, которые, как мы увидим, различаются между собой по масштабам на многие порядки, в которых крупные галактики «пожирают» мелкие. В меньшей степени иерархичность характерна для Солнечной системы, в которой помимо планет и их спутников находятся миллионы самых разных по размерам и формам небесных тел. Нет нужды говорить об иерархичности в отношении социальных систем, так как это очевидно. Причем чем сложнее структура, тем заметнее может быть иерархичность. Таким образом, любое структурирование, особенно в отношении крупномасштабных и имеющих несколько уровней объединения систем, имеет своей обратной стороной иерархичность, иначе сложная многоуровневая система просто не сможет существовать.

Но вместе с иерархичностью всегда в той или иной степени или каком-либо аспекте присутствует и равенство, эгалитарность («демократия»).

4.2. Общие представления о процессах формирования структуры Вселенной. Материя самоорганизуется

Несмотря на целый каскад блестящих открытий в последнее время, о начальной эпохе структурирования Вселенной пока мало что точно известно, а потому неудивительно, что мнения о содержании процессов и о многом другом также сильно различаются. Даже принципиальный вопрос о том, с каких именно образований (звезд, галактик, скоплений галактик) началось структурирование мира, решается разными учеными совершенно по-разному (равно как и вопрос о размерах – крупных или, наоборот, небольших – первичных звезд, галактик и их скоплений).

По Интернету гуляют также весьма экзотические теории, которые, не являясь научно обоснованными, тем не менее дополнительно усложняют картину для неспециалистов. Согласно одной из них в предыдущем состоянии галактики (а возможно, даже Метагалактика) состояли из особого сверхплотного «дозвездного вещества». Оно обладало способностью самопроизвольно дробиться и образовывать галактики. Ядра путем их дальнейшего дробления порождают ассоциации «дозвездных» тел, а те, дробясь, порождают звезды и диффузную материю.

Среди ряда теорий отметим теорию «блинов» (академика Я. Б. Зельдовича), тонких слоев, или своего рода пластин вещества, которые образуются при его сжатии силами гравитации. Эта теория предсказывала крупномасштабность структуры Вселенной. Отдельный «блин» представляет собой сверхскопление галактик, имеющее уплощенную форму. Первоначально изолированные друг от друга плоские «блины» очень скоро вырастают в плотные слои. Эти слои пересекаются, и, наконец, в процессе их взаимодействия образуется ячеисто-сетчатая структура, где стенками огромных пустот служат «блины». Теория «блинов», таким образом, объясняет как появление скоплений галактик, так и ячеистую сверхструктуру Вселенной. Ячеистая структура Вселенной дает основание также образно сравнивать эту структуру с сотами. «На миллиарды свето-

вых лет через просторы Вселенной протянулись космические “соты”: сверхскопления галактик, окружающие гигантские пустоты» (Силк, Салаи, Зельдович 1983).

Открытие сверхскоплений галактик (крупномасштабной структуры) произвело неизгладимое впечатление на космологов. Теоретически анализируя законы эволюции малых возмущений плотности в расширяющейся Вселенной, Зельдович обнаружил любопытное явление: образующиеся объекты не обладали сферической формой (тогда как сами звезды, планеты – сферы, есть и шаровые галактики). Это были структуры объемные, неравные по трем направлениям, весьма похожие на обычные блины. Поэтому Зельдович и назвал так свою теорию (Бог, если это он испек Вселенную, не чужд обыденности!). Теория предсказывала существование в глубоком космосе пустот, теперь их называют войды (от англ. *void* – пустота, пустое место) (Савченко, Смагин 2006).

Теория «блинов» оказалась более жизнеспособной, чем те, которые сосуществовали с ней (см. о них, например: Новиков 1979: гл. 4, § 4). Однако и в ней есть трудности, связанные с различиями между масштабами сгущений, которые допускает теория, и теми, которые на самом деле могли иметь место. Реально неоднородности могли иметь массу более 10^{14} солнечных масс, в то время как согласно теории «блинов» структура и распределение галактик выявляются при неоднородностях в 10–100 раз большей массы. Но, вероятно, эти трудности удастся преодолеть, если учесть элемент фрактальности в распределении ячеек по размерам. Галактики являются результатом дальнейшей структуризации стенок этих ячеек.

Еще одна космогоническая гипотеза опирается на то обстоятельство, что массы так называемых шаровых скоплений звезд (в них группируются сотни тысяч звезд, см. ниже) составляют около миллиона солнечных масс, а массы наиболее крупных галактик и небольших скоплений галактик приближаются, в свою очередь, к величине 10^{12} масс Солнца. Согласно этой теории из первичных возмущений с массой 10^5 – 10^6 возникло «все» – и шаровые скопления, и галактики, и скопления галактик. В этой теории существенно то обстоятельство, что масса исходного сгустка сравнима с массой Джинса. Поэтому силы давления также сравнимы с силами гравитации. Масса Джинса (названная так в честь знаменитого английского астронома начала XX в., занимавшегося

вопросом гравитационной неустойчивости, Дж. Джинса) – очень интересная величина в смысле синергетических подходов, поскольку она определяет, где проходит та самая бифуркация, которая решит, оставаться ли материи, как и раньше, в состоянии разреженного или более или менее плотного газопылевого состояния или начнутся сложные процессы формирования галактик и звезд⁶⁴. В этом плане джинсову длину можно сравнить с минимальным объемом интегрирующего в государство общества (племени). Если таковая меньше нескольких тысяч человек, то бифуркации не может быть и такой конгломерат или полития в государство никогда не превратятся. Чем больше население в социуме, находящемся на предгосударственной стадии, тем вернее, что он организуется в государство (но всегда нужен толчок). Так же происходит и с массами газа: чем они больше, тем вернее, что при благоприятном случае – толчке – создадут галактику и звезды.

Вероятно, большинство ученых придерживается прежней и гораздо более подробно разработанной (но также пока недостаточно подтвержденной) гипотезы, ведущей свое происхождение еще от идей И. Канта и П.-С. Лапласа⁶⁵. Она заключается в том, что звезды и галактики (какие объекты первыми – это вопрос) возникали из газообразной водородно-гелиевой (с примесью немногих других элементов) массы Вселенной путем ее распада на отдельные гигантские облака. Дальнейшие метаморфозы происходили вследст-

⁶⁴ Джинсова длина – это критический размер участка нашей среды, при котором сила тяготения сравнима с перепадом давления в объеме этого участка. Она прямо пропорциональна давлению и обратно пропорциональна плотности среды. Поскольку флуктуация статичной быть не может, ее судьба полностью определяется результатом конкурентной борьбы гравитации и перепада давления, а критическая масса и размер – количественный критерий этого результата.

⁶⁵ Правда, точки зрения Канта и Лапласа в ряде важных вопросов резко отличались. Кант, например, исходил из эволюционного развития холодной пылевой туманности, в ходе которого сперва возникло центральное массивное тело – будущее Солнце, а потом уже планеты, в то время как Лаплас считал первоначальную туманность газовой и очень горячей, находящейся в состоянии быстрого вращения. Сжимаясь под действием силы всемирного тяготения, туманность вследствие закона сохранения момента количества движения вращалась все быстрее и быстрее (подробнее об этом процессе см. ниже). Из-за больших центробежных сил, возникающих при быстром вращении в экваториальном поясе, от него последовательно отделялись кольца. В дальнейшем эти кольца конденсировались, образуя планеты. Таким образом, согласно гипотезе Лапласа, планеты образовались раньше Солнца. Однако, несмотря на такое резкое различие между двумя гипотезами, общей их важнейшей особенностью является представление, что Солнечная система возникла в результате закономерного развития туманности. Поэтому и принято называть эту концепцию гипотезой Канта – Лапласа (см.: Шкловский 1987).

вие определенной самоорганизации этих облаков в результате уплотнения и приобретения сферической формы (как и их дальнейшего деления с аналогичным процессом самоорганизации). Ниже этот процесс описывается подробнее. Пока же следует отметить, что хотя различные процессы самоорганизации материи и имели место до этого периода (в частности, в процессе рекомбинации атомов), но они никогда не представляли в столь ясном виде, как здесь.

Самоорганизация – одна из ключевых категорий эволюции и синергетики, к ее анализу мы еще не раз вернемся. Пока отметим только, что вся дальнейшая эволюция космических тел представляет разнообразнейшую и интереснейшую (но пока еще малоизвестную) летопись различных вариантов и форм самоорганизации, в результате чего образовались и непрерывно образуются космические тела самых разных размеров, температур, светимости, двойные и тройные комбинации звезд, звезды с планетной системой, планеты со спутниками и т. д. и т. п.

4.3. На авансцену выходит гравитация

Как уже сказано, гравитация играла важную роль с самого начала (или почти с начала) истории Вселенной, но именно теперь ее роль в структурировании Вселенной стала ведущей. До совсем недавнего времени считалось, что для больших расстояний и масс нет более значимой силы, чем гравитация, хотя понять до конца физический смысл тяготения не удается (см.: Захаров 2009)⁶⁶. С открытием пока непонятого антитяготения, которое создается космическим вакуумом, или темной энергией, представления о роли гравитации, конечно, приходится несколько пересматривать. В то же время открытие антитяготения показало, что симметрия в природе проявляется буквально во всем, парность противоположных сил и форм – важнейшее качество мироздания, способ существования и развития.

Симметрия в физике понимается, правда, несколько иначе, чем в математике, тем не менее, распространенность этого свойства в микромире подвигло многих физиков создать теорию так называемой суперсимметрии, согласно ко-

⁶⁶ Напомним, что в сравнении с другими фундаментальными взаимодействиями, если рассматривать их и в отношении пропорции силы к расстоянию и массе, гравитация оказывается самой слабой.

торой каждой частице должен соответствовать свой суперпартнер, хотя отличный от нее по массе или другим параметрам, но теоретически такой, что с заменой партнера на суперпартнера реализация законов все равно должна состояться. Однако поиск подобных суперпартнеров пока не дал результатов (см. об этом подробнее: Смолин 2007), в том числе не дали результата и эксперименты на Большом адронном коллайдере. Поэтому идея суперсимметрии не воспринимается как однозначно верная, многие ее положения в последнее время оказались под вопросом.

В любом случае значение гравитации в космической самоорганизации едва ли можно преувеличить. Ведь именно она прежде всего и «отвечает» за процессы концентрации вещества и их преобладающую форму (в разной степени приближающуюся к идеальному шару, но именно за счет гравитации и никогда не достигающую ее полностью). Гравитация же приводит к различным эволюционным изменениям звезд, поскольку судьба их после выгорания основного запаса топлива в первую очередь зависит от массивности звезд. Гравитация в итоге превращает некоторые светила в закрытые зоны – черные дыры и т. д.

4.4. Ничтожный материал для создания гигантов: о газопылевых облаках и космической пыли

Образовавшееся вещество в виде водорода и гелия стало группироваться в новые структуры. Основная масса этого вещества формировалась в газовые облака, достигающие порой чудовищных размеров (в несколько десятков и более парсек протяженностью). В настоящее время обычно говорят о таких космических фракциях, как межзвездный газ и космическая пыль. Они могут быть как в сильно разреженном состоянии, так и в виде облаков⁶⁷. Нередко также говорят о газопылевых облаках. Из чего состоит космическая пыль, точно неизвестно, по этому поводу есть целый ряд гипотез.

Космические пылинки возникают в основном в медленно истекающих атмосферах звезд – красных карликов, а также при взрывных процессах на звездах и бурном выбросе га-

⁶⁷ Огромные межзвездные облака из светящихся разреженных газов получили название газовых диффузных туманностей. В межзвездном пространстве наблюдаются также диффузные пылевые туманности. Эти облака состоят из мельчайших твердых пылинок.

за из ядер галактик. Другими источниками образования космической пыли являются планетарные и протозвездные туманности, звездные атмосферы и межзвездные облака. Во всех процессах образования космических пылинок температура газа падает при движении газа наружу и в какой-то момент переходит через точку росы, при которой происходит конденсация паров веществ, образующих ядра пылинок. Центрами образования новой фазы обычно являются кластеры. Кластеры представляют собой небольшие группы атомов или молекул, образующие устойчивую квазимолекулу. При столкновениях с уже сформировавшимся зародышем пылинки к нему могут присоединяться атомы и молекулы, либо вступая в химические реакции с атомами пылинки (хемосорбция), либо достраивая формирующийся кластер. Процессы коагуляции пылинок, происходящие в протозвездных облаках и газопылевых дисках, значительно усиливаются при турбулентном движении межзвездного вещества. Ядра космических пылинок, состоящие из тугоплавких элементов, размером в сотые доли микрона, образуются в оболочках холодных звезд при плавном истечении газа или во время взрывных процессов. Такие ядра пылинок устойчивы ко многим внешним воздействиям. Потоки газа, давление излучения выносят пылинки в межзвездную среду, где они остывают до температуры 10–20 К. При этом на пылинку намерзает оболочка из «грязного» льда – молекул H_2O и молекул других соединений (Божокин 2000).

Гигантские молекулярные облака – элементарные ячейки звездообразования. Стало уже общепринятым, что звезды рождаются в недрах гигантских молекулярных облаков. Такие облака вызревают внутри сверхоблаков нейтрального атомарного водорода и дают начало звездным скоплениям и ассоциациям. Молекулярные облака обладают характерным размером 40 пк, массой $\sim 3 \cdot 10^5$ масс Солнца, средней плотностью ~ 300 частиц в 1 см^3 . В основном эти облака состоят из молекулярного водорода, имеют $T \sim 20 \text{ К}$, содержат $\sim 1\%$ пыли. Всего их насчитывается (в нашей галактике. – Л. Г.) около 20 тысяч. Молекулярные облака концентрируются в спиральных рукавах Галактики, то есть обычно встречаются вблизи галактической плоскости на расстояниях 4–8 кпк от центра Галактики (Суркова 2005: 48).

Тем более трудно сказать, из чего состояла пыль первых миллиардов лет. Однако если верна гипотеза о том, что первые звезды,

очень большие по размерам, жили недолго (см. ниже), то тогда возможно, что пыль могла образоваться из их «отходов». Итак, впервые мы видим природу в роли строителя. До этого она только формировала исходные элементы. Теперь из этих ничтожных на первый взгляд частиц, атомов и «пылинок» создаются гигантские тела и структуры. И далее везде мы видим в эволюции: огромные сооружения складываются из мириад мельчайших частиц и крупиц.

4.5. Для структурирования нужны еще и малые причины

Однако какой бы важной ни представлялась роль гравитации, одной лишь этой силы недостаточно для структурирования, в «абсолютно однородной Вселенной образование крупномасштабной структуры (галактик, их скоплений) невозможно» (Долгов, Зельдович, Сажин 1988: 12–13). Следовательно, необходимо наличие неких затравок, подобно тому как дождевые капли образуются вокруг частичек пыли, крупинок поваренной соли или сажи, а жемчужина вызревает вокруг уплотнения⁶⁸.

Таким образом, вновь вернемся к идее: чтобы заработали большие силы, часто нужны малые отклонения. Считается, что уже в период инфляции и затем с первых наносекунд после Большого взрыва начали образовываться крошечные флуктуации – небольшие отклонения от однородности. В конце концов эти нанофлуктуации выросли до таких, что могли бы послужить затравкой для начала галактик. Однако какие именно флуктуации стали зародышами галактик и каков точный механизм их образования, во многом остается неясным. Начальные флуктуации и в других областях эволюции часто остаются загадкой. Однако важно иметь в виду, что какие-то флуктуации и отклонения есть в любых процессах.

Существование однородностей и неоднородностей, как мы уже говорили, является характерной чертой природы и общества (в последнем, например, всегда борются иерархичность и гетерархичность, эгалитарность и неэгалитарность). Очень многое в мире возникает в процессе образования зерен и ядер структуры, что запускает процесс концентрации и структурирования. В неоднородной среде возникают неравновесные процессы, ведущие к необра-

⁶⁸ Кстати отметим, что если бы атмосфера не содержала этих ядер, процессам конденсации благоприятствовали бы незначительные флуктуации плотности, которые всегда имеют место в реальной атмосфере.

тимым изменениям в структуре. В однородной среде даже очень незначительные неоднородности создают условия для концентрации и структурирования материи⁶⁹. Так, незначительное отклонение в плотности (температуре и пр.) во Вселенной вело к появлению сгущений (в перспективе к рождению галактик и звезд), небольшие изменения в химическом составе способны вызвать новые реакции и последствия. Даже космические пылинки начинают с возникновения крошечных неоднородностей (см., например: Божокин 2000). Даже небольшой перевес тех или иных генов (признаков) может вести к очень большим изменениям в видах и популяциях (особенно при их изоляции). Даже небольшие группы инородцев, которые имеют тяготение к более тесному сплочению, чем принявшая их национальная среда, ведут к изменению структуры общества и концентрации в руках инородцев ключевых ресурсов (денег, торговли, кредита) и т. п.

Таким образом, неравномерность вообще и неравномерность, связанная с различной концентрацией, составляют одну из главных основ развития и эволюции на всех ее стадиях и почти во всех ее формах. Любое крупное событие в живой или социальной материи на определенной стадии эволюции, когда такой материи становится достаточно много и она осваивает определенные ниши (периоды, в чем-то подобные первым этапам после Большого взрыва), обязательно связано с той или иной формой накопления или концентрации. И чем выше стадия эволюции, тем это важнее. При этом общие процессы в крупной системе могут идти своим чередом, а в зоне концентрации начинаются собственные особые процессы (именно так происходило в зоне звездообразования).

4.6. Эпоха закладывания крупномасштабной структуры Вселенной. Первые галактики и звезды

Как уже было сказано, существуют самые разные мнения о времени и характере процессов формирования звезд, галактик и скопленных галактик, поскольку эта проблема остается до конца не решенной. Надо также учитывать, что процессы концентрации темной материи (а именно в ней, как мы помним, эти процессы впервые и начались) могли идти параллельно в разных масштабах.

⁶⁹ А по мнению А. Д. Урсула, именно начальные неоднородности и должны были содержать в закодированной форме физические законы, «программирующие» дальнейшее существование и развитие Вселенной (Ильин и др. 2012).

Сегодня общепризнано, что при образовании первых галактик большую роль сыграла темная материя, которая могла создавать флуктуации уже в скором времени после Большого взрыва и собралась в скопления значительно быстрее барионной. И так, темная материя оказалась на первых порах более способной к структурированию, чем светлая, но зато это движение к структурам оказалась у нее коротким, почти зашедшим в тупик. Правда, как и любой эволюционный тупик, это не абсолютный застой. Темная материя продолжает некоторое структурирование, в частности в гало она структурируется в более мелкие структуры, так называемые клампы или субгало (см., например: Diemand *et. al* 2008). Таким образом, эволюционность светлой материи опиралась на «достижения» темной. Такая модель развития довольно типична для эволюции. Например, некоторые собиратели зерновых за тысячи лет до изобретения земледелия создали множество приспособлений (орудия труда, хранилища, зернотерки и т. п.), что впоследствии существенно помогло земледельцам. Но сами собиратели оказались тупиковой эволюционной ветвью.

Есть предположения, что в первую очередь формируются протоскопления галактик (то есть это, собственно, и есть вышеописанные «блины» Зельдовича)⁷⁰. Как указывает Ф. Дж. Э. Пиблс (1983: 381), «... тот же процесс, который породил галактику, мог бы действовать и в большем масштабе, и первым поколением облаков газа были бы протоскопления, внутри которых в результате фрагментации образовались бы галактики... Многие авторы обращались к последовательности такого рода». Такие явления имеют место на более высоких уровнях эволюции, когда образуется что-то общее (в будущем превращающееся в более крупный по иерархии таксон), в дальнейшем дифференцирующееся на таксоны низшего порядка. Так формируются виды и классы в биологии. Так бывает и в обществе: сначала формируются очень крупные образования, типа семей языков (потом уже языки), суперэтноты, потом этноты, иногда крупные ранние империи или государства, потом в их рамках государственность опускается на уровень-два ниже. Другими словами, формируется недифференцированная крупная структура, в потенции способная дать большое число особых структур.

⁷⁰ Там, где эти «блины» пересекались, образовывались особенно богатые скопления галактик, в стенках «блинов» – более разреженные, а пространства вне «блинов» образовывали пустоты.

Более распространена, однако, идея, что все-таки первыми в структуре Вселенной возникли протогалактики (в виде гигантских сконденсировавшихся облаков газа), а затем в рамках этих структур появились отдельные звезды и другие структурные элементы (см., например: Горбунов, Рубаков 2012: 27).

Галактики начали формироваться из газопылевых (то есть молекулярных) облаков, которые под воздействием силы гравитационного притяжения начали накаляться и распадаться на сотни миллиардов газовых шаров, которые, в свою очередь, под воздействием мощной силы тяготения накаляются докрасна, и в их недрах поднимается температура $10\,000^\circ$ и более, что явилось условием начала термоядерных реакций превращения водорода в гелий: с этого момента газовые шары загораются и становятся звездами (Хван 2008: 302).

Всегда была достаточно популярна и так называемая иерархическая теория, согласно которой сначала возникли звезды, а затем начался процесс гравитационного объединения звезд в скопления и далее в галактики. Кстати, вопрос типологически сходен, например, с таким: как возникают виды? В частности, сразу ли формируются виды или популяции, либо сначала появляются особи, из которых формируются новые популяции и виды? (Заметим, что ранее, еще в XIX в., философы и социологи предполагали, что племена образовывались из отдельных семей.) Кроме того, перед исследователем всегда стоит проблема выделения среди разного уровня таксонов ведущих (например, что считать главной единицей: кланы, субплемена, племена или союзы племен?).

В последнее время, однако, нашла дополнительные подтверждения идея, что сначала все-таки появились звезды (в период 150–200 млн лет после БВ). При этом новые открытия внесли заметные коррективы в предшествующие представления. В результате сегодня достаточно общепринято (см., например: Мэй и др. 2007: 54) говорить о том, что в первую очередь сформировались звезды, но только не обычного, а гигантского масштаба. Из-за отсутствия углерода, кислорода и других элементов, поглощающих в настоящее время энергию от сгущающихся облаков, процесс структурирования в эту эпоху шел медленнее, и соответственно могли сжиматься только гигантские облака, из которых получались огромные звезды, в сотни раз превосходившие массу Солнца (Там же). Сегодня тоже известны такие гиганты, которые имеют 100–200 солнечных масс, но они считаются неустойчивыми (см.: Сурдин, Ламзин 1992). Далее мы уви-

дим, что чем массивнее звезда, тем меньше она живет. Поэтому такие звезды-гиганты жили недолго по звездным меркам, всего несколько миллионов лет. Кроме того, первые звезды содержали мало атомов тяжелых элементов, и для того, чтобы их количество стало более или менее достаточным, должно было смениться не одно поколение звезд.

Процесс образования атомов тяжелых элементов на «трупах» звезд напоминает процесс формирования морских отложений или плодородной почвы на поверхности земли в результате наложения скелетов или переработки останков растений. Круговорот вещества во Вселенной шел всегда и на всех уровнях!

Упомяну и еще один вариант первичного звездообразования, описанный И. С. Шкловским (1984: 209), который с сегодняшних позиций, правда, выглядит уже устаревшим. Согласно нему, в ранний период вместе с массивными звездами образовалось и много мелких звезд (нынешние субкарлики, почти лишенные тяжелых элементов). Массивные звезды, прожив недолго, взрывались, частота их взрывов была в десятки раз больше, чем сейчас, соответственно процесс обогащения межзвездной среды тяжелыми элементами закончился сравнительно быстро, за несколько сот миллионов лет самой ранней истории Вселенной. Вероятность того, что частота смерти «жителей» первой генерации будет гораздо выше, чем «населения» последующих генераций, в целом не противоречит логике эволюции. Так, первые поколения политий (так называемых вождеств и государств) были довольно неустойчивы, в то время как последующие поколения политий, обогатившись историческим опытом, могли существовать дольше. Поскольку за счет саморегуляции (с использованием тяжелых элементов) в настоящее время образуются в основном звезды умеренных размеров, а потому более устойчивые, можно сделать вывод о том, что способность к саморегуляции систем даже в неживой природе растет, а размеры объектов оптимизируются. В этой связи напрашивается и пример из истории биологии, в которой мы видим, как размеры животных меняются в связи с изменениями условий жизни, но в целом в последние эпохи общий вектор идет к тому, что размер животных оптимизируется.

4.7. О времени появления первых галактик

Выше мы говорили о том, что крупномасштабная структура Вселенной закладывается в первые миллиард-два лет. Однако за последние несколько лет были открыты галактики, претендующие на

то, чтобы считаться древнейшими. При этом время появления первых галактик все заметнее приближается к БВ. Самые первые галактики датируются возрастом менее 400 млн лет после БВ, есть даже предположения, что открыты еще более ранние галактики, возникшие всего через 200 млн лет после БВ⁷¹. Поскольку сообщения о первых звездах касаются времени 150–200 млн лет после БВ, согласно новейшим открытиям, получается, что звезды и галактики появились почти одновременно.

Ученые из Калифорнийского технологического института в Пасадене (США) под руководством Ричарда Эллиса (Richard Ellis) нашли, по их мнению, самую удаленную из всех когда-либо наблюдавшихся галактик. Открытие помог совершить космический телескоп «Хаббл». Свет от галактики UDFj-39546284, замеченной в 2011 г., как выяснилось, прошел не 13,2, а 13,4 млрд лет, чтобы попасть на Землю. Иными словами, она видна нам такой, какой была всего через 380 млн лет после Большого взрыва (красное смещение $Z = 11,9$). Предыдущий рекордсмен MACS0647-JD, напомним, существовал через 400 млн после Большого взрыва (13,3 млрд лет назад). Кроме того, астрономы открыли еще шесть галактик возрастом не менее 13,1 млрд лет (Березин 2012).

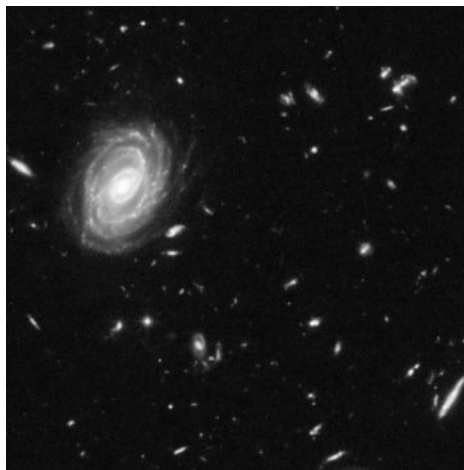


Рис. 7. Этот снимок телескопа «Хаббл» показывает, как выглядели галактики через сотни млн лет после Большого взрыва. Фото: NASA/Getty Images (см.: Что было... 2008)

⁷¹ Такие сообщения были о команде французского астронома Йохана Ричарда, которая как будто открыла галактики, возникшие через 200 млн лет после БВ (EU Marie Curie... 2011).

Таким образом, галактики активно формировались уже в первые 300–400 млн лет после Большого взрыва. Однако, хотя какие-то структуры в это время уже создаются, они, во-первых, еще не доминируют во Вселенной, во-вторых, еще весьма аморфны и рыхлы (Хокинг 2001: 63–64). Для более или менее устоявшейся крупномасштабной структуры нужно было время, вполне вероятно, что на это потребовалась пара миллиардов лет. Время было нужно и на выработку какого-то количества тяжелых элементов, без чего создание устойчивых звезд, как мы видели выше, было невозможным. Формирование похожей в главных чертах на современную структуру Вселенной не могло произойти быстро.