

Глава 5

ЭРА ЗВЕЗДНО-ГАЛАКТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВСЕЛЕННОЙ

5.1. Структура Вселенной в прошлом и сегодня

1. Формирование структуры Вселенной. Итак, современные представления как о времени образования галактик и звезд, а равно их скоплений и сверхскоплений, так и о самих процессах образования звезд весьма неполные и разноречивые. Одна из главных причин этого – наблюдать рождение галактик и звезд крайне сложно уже потому, что этот процесс скрыт от наблюдений плохой видимостью (если звезды формируются из газопылевых облаков, то видимость в этих скоплениях сильно падает и свет проходит плохо). Особенно смутными являются представления о первых 2–3 млрд лет существования Вселенной.

Тем не менее, все согласны, что в период после 2–3 млрд лет от БВ крупномасштабная структура Вселенной, галактики и звезды уже существовали в большом многообразии. Что можно сказать об эволюции Вселенной?

Во-первых, повторим, что крупномасштабная структура Вселенной сформировалась далеко не сразу. Формирование галактик и их скоплений было, вероятно, процессом, затянувшимся на миллиарды лет.

Во-вторых, в описываемую эпоху, как и сегодня, во Вселенной материя сосуществовала в разных формах. Среди последних особенно нужно выделить три основных вида (не считая излучения): вещество в плотном виде небесных тел, в основном звезд, вещество в виде облаков разного размера (до сверхгигантских), в которых оно представлено в разреженном виде по сравнению со звездами, вещество в очень сильно разреженном состоянии в межзвездном газе (плотность здесь в десятки раз меньше по сравнению с облаками [см.: Павлов 2011: 43]). В настоящее время большая часть массы светящегося вещества галактик сосредоточена в звездах (Иванов 2011: 2). В нашей галактике свыше 90 % всего светлого вещества концентрируется в

звездах, в других галактиках этот процент даже выше (Там же; Суркова 2005: 9). В то же время большой процент барионного вещества Вселенной сосредоточен в межзвездном газе (водороде и гелии). Однако, вероятно, процент вещества, находящегося в газообразной форме, в ранней Вселенной был выше (см., например: Шкловский 1987). В то же время постоянно приходят новые сообщения, которые могут менять наши представления о составе вещества (см. информацию на с. 79).



Рис. 2. Массивная звезда в туманности NGC 6357. Газопылевые структуры туманности появились благодаря сложным взаимодействиям звездных ветров, давлению излучения, магнитных полей и гравитации. Своим свечением туманность обязана излучению ионизованного водорода (текст: <http://newsreaders.ru/showthread.php?p=32831>).

Источник: <http://apod.nasa.gov/apod/ap061219.html>

В-третьих, в структуре Вселенной совместились два, на первый взгляд, несовместимых качества: равномерность и неравномерность структуры. Равномерность появилась и проявилась уже на стадии инфляции, когда Вселенная стала

раздуваться равномерно во всех измерениях. Равномерность Вселенной в крупных масштабах задается также силой космического антигравитационного (вакуума) с его однородным распределением в пространстве (Архангельская и др. 2006: 191). Равномерной она осталась и по сегодняшний день, но только в крупном масштабе (в кубических единицах размером 100 или более мегапарсек), в то время как размеры самых крупных скоплений (таких как наша Местная группа с центром в скоплении в созвездии Девы) составляют до 40 мегапарсек (Горбунов, Рубаков 2012: 14). Соответственно, чем меньше масштабы, тем сильнее проявляется неравномерность. Сочетание антагонистических качеств – явление характерное и для иных уровней эволюции. Так, мы уже говорили, что ровная и неровная поверхность – противоречивые понятия, вполне приложимые к поверхности Земли.

В-четвертых, существует огромная неравномерность между масштабом Вселенной и объемом, который занимает основная масса (по крайней мере, барионного) вещества. На современном этапе эволюции Вселенной ее вещество сосредоточено главным образом в звездах, которые занимают лишь около 10^{-25} всего объема Вселенной (без учета ядер галактик [Павлов 2011: 43]). Такие ли пропорции были в древней Вселенной? Усиливается ли концентрация вещества? Не все здесь ясно. Не только твердое вещество, но и газ во Вселенной также распределен очень неравномерно. Почти весь он сосредоточен в гигантских молекулярных облаках с массами в сотни тысяч и миллионы масс Солнца (Липунов 2008: 37). При этом разница в плотности имеет фрактальный характер, сильно отличаясь даже в местах высокой плотности¹. Причины такой неравномерности далеко не всегда ясны, например, непонятно, с чем связано неравномерное распределение масс при образовании галактик (Вайнберг 1975: 608), равно как и многие другие процессы распределения, концентрации и диссипации. Но принципы неравномерности распределения массы вещества на разных уровнях эволюции очень похожи. Так, сегодня основное население Земли сосредоточено на

¹ Так, вышеупомянутая Местная группа представляет собой очень рыхлое скопление, плотность галактик там составляет всего 2 по сравнению со средней в космосе (Горбунов, Рубаков 2012: 14).

очень небольшой территории даже в сравнении с территорией, пригодной для жизни.

В-пятых, галактики и их скопления постепенно меняли свои формы. Нередко говорят о двух или трех поколениях звезд и галактик. На этом мы остановимся отдельно.

2. О структуре современной Вселенной. Основными структурными элементами Вселенной являются галактики, их скопления и сверхскопления. Сверхскопления в основном формируют нашу Метагалактику². Все структурные единицы оказываются гравитационно более или менее устойчивыми, хотя могут распадаться и объединяться, сталкиваться и т. п.

Галактики представляют собой целостные образования с довольно сложной структурой, включающей помимо регионов, рукавов и т. п. центр (ядро), полупериферию (так называемый диск) и периферию (окружающую диск корону или так называемый гало [Бааде 2002: 255])³. В гало встречаются как одинокие звезды, так и различные скопления, в том числе шаровые, которые могут включать в себя сотни тысяч и даже более миллиона звезд. Радиус гало намного больше радиуса диска галактики, первый составляет сотни тысяч световых лет.

В галактику входит в среднем от 100 до 200 миллиардов звезд, хотя есть и небольшие, так называемые карликовые, галактики с населением в миллионы звезд, а есть сверхкрупные, насчитывающие до триллиона звезд.

Наша Галактика с ее массой в 10^{11} солнечных масс принадлежит к числу гигантов. Но Туманность Андромеды (M31, находится в нашем скоплении галактик – Местной группе) имеет примерно в три раза большую массу. Пожалуй, самой большой из известных масс обладает знаменитая галактика M87, находящаяся в центральной части скопления галактик в созвездии Девы. По-видимому, масса этой галактики в сотню раз превышает массу нашей Галактики. На другом полюсе находятся карликовые галактики, массы

² Если, как предполагают некоторые, Метагалактика не единственная во Вселенной, то тогда она будет какое-то время рассматриваться как наиболее крупная структурная ячейка Вселенной (см.: Павлов 2011: 52). Если же Вселенная представляет не Универсум, а так называемый Мультиверс, тогда Вселенные или их группировки будут максимальной единицей структуры.

³ За видимым гало может располагаться невидимое, состоящее из темной материи (см. Рис.***). Оно есть у многих, если не всех галактик, при этом диаметр темного гало галактик может превосходить видимый диаметр гало на порядок (см.: Рябов и др. 2008: 1131).

которой $\sim 10^7$ солнечной, что только в несколько десятков раз больше массы шаровых скоплений (Шкловский 1987: ч. 1, гл. 6). Астрофизика постоянно вносит серьезные коррективы в представления о структуре галактик и нашей галактики в частности. Недавно, например, ученые-астрономы, работающие в рентгеновской обсерватории НАСА Чандра (NASA Chandra X-ray Observatory), обнаружили неоспоримые доказательства того факта, что наша галактика Млечного Пути окружена крупнейшим ореолом газа, разогретого до сверхвысоких температур (от 1 млн до 2,5 млн градусов). Такая высокая температура гигантской массы газа не может не вызывать удивления. Этот ореол простирается на расстояние в сотни тысяч световых лет за пределы нашей галактики, а возможно, и гораздо дальше, вплоть до нашей «местной» группы галактик. Масса газа, состоящего из светлого барионного вещества, этого ореола приблизительно равна массе материи всех звезд нашей галактики (Астрономы обнаружили... 2012).



Кольцо темной материи.

С помощью космического телескопа НАСА «Хаббл» (Hubble Space Telescope) астрономы открыли призрачное кольцо темной материи, которое образовалось во время мощного столкновения двух массивных галактических скоплений. Открытие кольца – это на сегодняшний день одно из самых убедительных доказательств того, что темная материя существует.

~~Astronomers using NASA's Hubble Space Telescope have discovered a ghostly ring of dark matter that formed long ago during a titanic collision between two massive galaxy clusters. The ring's discovery is among the strongest evidence yet that dark matter exists~~

Источник: <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/exotic/dark-matter/2007/17/>

Звезды в галактиках распределены неравномерно, они входят в самые различные группы и скопления от нескольких звезд до нескольких миллионов. В нашей галактике, например, зафиксировано более 1,5 тыс. более или менее крупных звездных скоплений (Сурдин, Ламзин 1992). Распространены так называемые шаровые скопления – гравитационно связанные группировки (в нашей галактике их 150–200), состоящие из сотен тысяч звезд, которые заполняют в пространстве сферический объем. В них находятся в основном старые по возрасту звезды. По классификации, идущей еще от Хаббла, галактики делятся на спиральные, эллиптические и неправильной формы с различными подтипами (см.: Бааде 2002: 18–32), но теперь выделяют также линзообразные. Среди близких нам галактик их около 22 %. В этих галактиках яркое основное сплюснутое тело, «линза», окружено слабым ореолом. Иногда линза имеет вокруг себя кольцо (см.: Новиков 1979: гл. 1, § 8). Больше половины членов нашей Местной группы представляют собой более старые эллиптические галактики промежуточной или малой светимости (Там же: 31). Любопытно, что спиральные галактики представляют самую большую упорядоченную структуру, когда-либо наблюдавшуюся человеком (Газале 2002: 15). Да и вообще кривые, которые могут быть наблюдаемы в небесных сферах, очень широко распространены в мире. Так называемую логарифмическую спираль, которую открыл Бернулли, можно встретить в узорах паутины, в ракушках на морском берегу, в завитках далеких туманностей (Г. У. Тернбул, цит. по: Там же, эпиграф к Гл. 1).



Пересеченная спиральная галактика NGC 1300

Barred Spiral Galaxy NGC 1300

Источник: <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/galaxy/2005/2005/01/image/a/>

Есть предположения, которые поддерживает множество ученых, что в центре нашей галактики и многих других имеются огромные сверхмассивные черные дыры с массами от миллиона до миллиардов солнечных (см., например: Черепашук, Чернин 2004: 117–118, 126), в частности в центре нашей галактики предполагается черная дыра с массой три млн солнечных (Там же: 158). Хотя черные дыры – такие объекты, из которых не может выйти ни свет, ни любое другое тело, тем не менее некоторая возможность их наблюдать имеется. Черная дыра образует на небе буквально черное пятно, поэтому очень крупные черные дыры в особых случаях могут быть наблюдаемы. Косвенными

доказательствами наличия черных дыр служат так называемые квазары: загадочные огромные космические объекты, составляющие активное ядро галактики, то есть такие ядра галактик, наблюдаемые процессы в которых нельзя объяснить свойствами находящихся в них звезд и газовой-пылевой комплексов. Поскольку объяснить исключительно высокую светимость таких ядер-квазаров сложно, существует целый ряд теорий. Есть в том числе предположения, что число квазаров в начале формирования звездно-галактической структуры Вселенной было намного больше. Квазары дают светимость больше, чем их родительские галактики, равную десяткам или даже сотням миллиардов (а то и триллионам) звезд, в то время как размер они имеют хотя и большой, но намного меньший, чем объект такой светимости с плотностью вещества в звездной среде (то есть светят они в миллиарды раз сильнее звезды, а по размеру больше всего в тысячи [Там же: 117]). По предположениям, квазары светятся за счет того, что черные дыры затягивают огромное количество вещества в свою «утробу» (так называемая аккреция вещества), и это вещество, находясь вблизи горизонта черной дыры, светится. Кстати сказать, черные дыры, как обладающие огромной гравитацией, были (и в некоторой мере еще остаются) объектами, за счет которых пытались найти недостающую массу Вселенной. С точки зрения эволюции черные дыры, конечно, объект уникальный, которому трудно найти аналогии на других уровнях эволюции. Однако учитывая, что они гипотетический конструкт (пока найдено только несколько десятков кандидатов в черные дыры, с кандидатами на сверхмассивные дыры более сотни [Черепашук, Чернин 2004: 126]), уподобить им можно некоторые мифические острова и материки, вроде Атлантиды, существование неких вымерших племен и народов, которые ответственны за странные произведения искусства древности и т. п. Также черным дырам можно уподобить некоторые катастрофы вроде падения гигантского метеорита 65 млн лет назад, от чего будто бы вымерли динозавры. Хотя против этой гипотезы высказано уже множество очень существенных и весомых аргументов (см., например: Баландин 2009: гл. 2), она продолжает жить – уж очень удобна и хорошо воспринимается. Может быть, для существования черных дыр у астрофизиков больше аргументов, чем у палеонтологов или некоторых историков,

но вокруг них создано уж очень много всякого рода фантазий, это едва ли не самая любимая тема популяризаторов.

Галактики являются сложной и в значительной мере саморегулирующейся системой. Существуют точки зрения, которые не являются общепринятыми, но которые тем не менее достаточно интересно рисуют возможности такой саморегуляции. Согласно одному из них, центры галактик являются своеобразным «молохом», перемалывающим звезды в газ и пыль. Причем не только перемалывающим, но и созидающим вместо них новые поколения звезд. Выбрасывая их вместе с газопылевой материей в межгалактическое пространство, галактики тем самым «омолаживают» Вселенную, поддерживая в ней постоянный круговорот вещества. Таким образом круговорот веществ в природе, в результате чего происходят процессы обновления и перемешивания вещества, идет на всех уровнях – как пространственных, так и эволюционных.

Скопления галактик в среднем состоят из 500–1000 галактик. Скопления имеют достаточно упорядоченную структуру, включая, вероятно, массивное ядро в центре. Сверхскопления галактик представляют собой образования, состоящие из скоплений (от двух до двадцати) и групп галактик, а также изолированных галактик. Всего известно более двадцати сверхскоплений, включая нашу Местную группу (Горбунов, Рубаков 2012: 14).

3. О поколениях галактик и звезд. Существуют весьма различные мнения не только о том, когда появились звезды и галактики, но и о количестве поколений галактик, сменившихся за время эволюции Вселенной, а также о том, какие именно галактики относятся к старым, а какие к молодым. Дело в том, что в рамках одних и тех же галактик объединены (структурно) очень разные по типу, возрасту и характеристикам звезды и их скопления. Тем не менее можно выделить несколько вполне общепринятых основных идей.

1) За время эволюции Вселенной сменилось три или по крайней мере две генерации галактик и звезд. В целом старые галактики мельче, звезды в них более мелкие и более тусклые. Их звезды также содержат в десятки раз меньше, чем Солнце, тяжелых элементов. В таких галактиках уже почти нет процесса звездообразования. Есть также мнения, что в старых галактиках

сосредоточено больше темной массы, чем в молодых. Старые и молодые звезды различаются размерами, светимостью и химическим составом⁴.

2) О четкой периодизации смены поколений галактик говорить сложно, поскольку галактики и звезды образуются непрерывно. Чтобы галактики сохраняли свою идентичность, они должны постоянно обновлять свой состав. Как пишет И. С. Шкловский, в этом плане галактики похожи на первобытный лес, где сосуществуют деревья самых разных возрастов, причем возраст деревьев меньше возраста леса (Шкловский 1984: 45)⁵. Подвижность и изменчивость небесного ландшафта также в чем-то напоминает подвижность ландшафтов в геологии.

3) Также важно учитывать, что формирование галактик происходит различным путем, в том числе за счет поглощения крупными галактиками мелких, в частности при столкновении галактик. «Если маленькая галактика сталкивается с намного большей, она поглощается ею и полностью теряет свою идентичность; каждый раз при прохождении около большой галактики от нее буквально отдираются звезды» (Мэй и др. 2007: 140). В этом случае под одной крышей объединяются и старые, и молодые скопления и группировки звезд (см. ниже). Другой способ – объединение. Галактики более молодых генераций могли иногда возникать путем объединения маленьких, слабых и компактных галактик. Они становились в этом случае **«строительными блоками»**, из которых сформировывались галактики, существующие в настоящее время. Наконец, есть еще вариант, когда сталкиваются две большие галактики. Столкновение может длиться миллиарды лет, сопровождаясь активным звездообразованием и созданием массивных очень ярких звезд. Последнее означает, что это короткоживущие звезды, то есть будет много взрывов новых и сверхновых. В конце концов, галактики могут разойтись вновь, но уже сильно измененные, при этом может образоваться за счет оторвавшегося вещества и новая галактика (см.: Мэй и др. 2007: 142).

⁴ Чем позже сформировалась звезда, тем больше входит в ее состав тяжелых элементов – остатков внутризвездных ядерных реакций. Это стало одним из аргументов в пользу многоэтапного звездообразования в Галактике (Сурдин, Ламзин 1992).

⁵ Хотя, добавляет он, возраст небольших звезд может и превышать возраст галактики (это крупные звезды рано умирают, а мелкие живут очень долго). Поэтому он считает, что со временем процент небольших звезд может расти (Шкловский 1984: 45).

Таким способом формирования галактик можно найти многочисленные аналогии в биологической и геологической, но особенно в социальной эволюции. Поскольку звезды и галактики состоят из более или менее однородного вещества, достаточно легко объединяющегося и делящегося, этим они сходны с обществами, состоящими из людей, которые также могут быть легко включены путем интеграции или захвата. Однако захваты распространены и среди социальных животных, например муравьев.

4) Хотя в галактиках объединены очень разные звезды, расположение старых и молодых звезд имеет особенности, что, возможно, связано с саморегуляцией в рамках галактических систем, особенностями звездообразования, которое происходит большими группами, или с другими причинами. Так, в рамках нашей галактики более молодые звезды, как, например, Солнце (возрастом несколько миллиардов лет), в целом более крупные, горячие и яркие, располагаются к плоскости диска и особенно внутри рукавов, а на периферии (в гало) – старые, возрастом превышающие 12 млрд лет (что в целом и определяет возраст нашей галактики, по последним данным возраст внутреннего гало составляет 11,4 млрд лет плюс-минус 700 млн лет [Евсева 2013]). Но естественно, что старые и молодые звезды могут находиться рядом. Так, близко к центру (балджу) также находится много старых звезд, хотя встречаются и молодые, образовавшиеся за счет вещества, появившегося из распавшихся старых звезды. Наибольшая плотность звезд в центре галактики, тут она доходит до нескольких звезд на один кубический парсек.

Очень старые, неяркие, негорячие и немассивные звезды содержат в десятки раз меньше тяжелых элементов, чем Солнце. Неудивительно, что эти звезды и молодые горячие яркие звезды плоскости диска и рукавов и гало классифицируются по-разному. Они получили соответственно названия «население I» и «население II»⁶. Признано, что так называемые шаровые скопления очень старые (им за 12 млрд лет или более), хотя в качестве исключения бывают и молодые шаровые скопления с высокой металличностью

⁶ Это довольно старое деление звезд. Поэтому когда были получены подтверждения существования звезд самого первого поколения, возникших в возрасте Вселенной от 150 млн лет от БВ (о них мы говорили выше), их вынуждены были назвать поколением III, чтобы не менять уже привычных обозначений.

звезд. Зато так называемые рассеянные или открытые скопления в десятки и даже сотни раз моложе шаровых (то есть им только сотни миллионов лет). Но есть и еще более молодые звездные ассоциации (см.: Сурдин, Ламзин 1992, Сурдин 2001).

Сохранение генераций звезд и галактик, с одной стороны, доказывает аддитивный характер эволюции в неживой природе, но с другой – захват звезд и галактик с их интеграцией или длительный процесс столкновения галактик показывает, что в неживой природе распространены и другие модели эволюции, связанные с «войнами» и «подчинением» аутсайдеров. Тип развития за счет появления разных генераций особей и видов, которые, с одной стороны, сохраняют родовые черты, а с другой – накапливают важные изменения в своей структуре и характеристиках, распространен на всех ступенях и уровнях эволюции. В рамках любого биологического класса или отряда (например, непарнокопытных) мы можем показать, как постепенно от вида к виду изменяются важные характеристики, благодаря которым одни виды вытесняют другие или занимают лучшие ниши (см. об этом: Гринин и др. 2008). Разные типы государств или цивилизаций также наглядно демонстрируют, каким образом идет прогресс (так, более организованные и централизованные государства формируются, вбирая в себя достижения менее развитых генераций государств, что хорошо видно, скажем, на примере истории Древнего Рима, Византии и ряда государств Европы в Средние века). Существование разных генераций нередко ведет к тому, что более молодые и совершенные либо постепенно трансформируют более старые, либо образуют с ними симбиоз. При этом в отдельных местах могут сохраняться и резервации старых типов и генераций.

4. Изменение химического состава Вселенной. Хотя водород всегда составлял основную часть химического состава Вселенной, постепенно его доля падала. Это происходило и происходит потому, что водород является основным топливом термоядерных реакций, за счет которого живут и светят звезды. Несмотря на колоссальные объемы выделения энергии, темп энерговыделения в ходе этих реакций очень низкий. Например, мощность излучения Солнца составляет 2 эрг/г·с, то есть такая же, как в куче тлеющих листьев. Звезды светят ярко потому, что они массивные и большие (Суркова 2005: 9).

Для образования новых элементов, которых не было в период рекомбинации атомов, требовались все бóльшие температуры, которые возникали в недрах отдельных звезд. Однако все термоядерные реакции с выделением энергии кончаются на образовании ядер железа. Для формирования более тяжелых элементов требуются иного типа реакции, когда энергии затрачивается больше, чем освобождается. Вот почему тяжелых элементов так мало в природе. Тем не менее такого особого рода реакции все же происходят, например, они имеют место в нейтронных звездах и при взрывах сверхновых звезд. В недрах последних во время их вспышек на протяжении всего около 100 секунд образуются тяжелые элементы, представленные в конце таблицы Менделеева, в том числе уран и торий (Там же).

Высказывались предположения, что за всю историю развития нашей галактики в ней вспыхнул примерно 1 млрд сверхновых звезд, что могло обеспечить соответствующие количества сверхтяжелых элементов. При этом частота взрывов сверхновых в Ранней Вселенной была в десятки раз выше (см.: Шкловский 1987: ч. 1, гл. 6). Шкловский считал, что раньше, когда в Галактике содержание межзвездного газа было значительно больше, чем сейчас, и скорость процесса образования звезд из него была много выше современной, сверхновые звезды вспыхивали гораздо чаще. Специально выполненные расчеты, по его мнению, показывали, что когда возраст Галактики был меньше 1 млрд лет, частота вспышек сверхновых была примерно в 100 раз больше, чем сейчас (Там же). С одной стороны, сегодня эти заключения вызывают сомнения, поскольку скорость вспышек сверхновых пропорциональна скорости звездообразования, а последняя могла опережать современную всего в несколько раз. По современным данным, скорость звездообразования сначала (~10 млрд лет назад) была довольно низкой, не выше, чем сейчас, потом она росла и достигла максимума 5–7 млрд лет назад, а потом стала снова падать и где-то 2–3 млрд лет назад стабилизировалась примерно на современном уровне (см., например: Панов 2007: Рис. 3, с. 116). Однако недавние наблюдения в крупнейшей обсерватории мира в чилийской пустыне Атакама с помощью телескопа Alma за древнейшими галактиками обнаружили рекордно мощное и многочисленное рождение звезд в ранний период (до 2 млрд лет) известной истории Вселенной.

При взрывах звезд и потерях ими вещества при сбросе оболочек за счет падения рассеянного вещества на поверхность другого тела (аккреции) и благодаря звездному ветру тяжелые элементы распространяются по космосу. Поскольку именно звезды являются основными центрами синтеза химических элементов в природе, распределение тяжелых элементов во Вселенной очень неоднородно⁷.

Образование тяжелых элементов и их концентрация в определенных телах и составах является исключительно важным процессом, благодаря которому колоссально повышается количество комбинаций вещества и, следовательно, его эволюционные возможности, в частности появление полномасштабной химической, а также биохимической и биологической форм движения материи. В известной мере такое медленное и неравномерное накопление новых структурных элементов (тяжелых элементов) напоминает процесс накопления ценных мутаций в биологии или ценных инноваций в истории, благодаря которым расширяются возможности эволюции и темп ее изменений.

В отношении неравномерности распространения тяжелых элементов мы вновь возвращаемся к проблемам соотношения равномерности и неравномерности, а также нормы (среднего значения)

и отклонения от нее вплоть до исключений. В среднем состав Вселенной и химический состав звезд в первом приближении одинаков. В то же время имеются звезды, обладающие значительными особенностями в этом отношении.

Например, есть звезды с аномально высоким содержанием углерода, встречаются удивительные объекты с аномально высоким содержанием редкоземельных элементов. Если у подавляющего большинства звезд количество лития совершенно ничтожно ($\sim 10^{-11}$ от водорода), то изредка попадаются «уникумы», где этот редкий элемент, можно сказать, обилен. Есть звезды, в спектрах которых обнаружены линии несуществующего на Земле в «естественном»

⁷ Сейчас в межзвездной среде и в атмосфере молодых звезд на 100 атомов водорода приходится около 9 атомов гелия и 0,13 атома всех прочих более сложных химических элементов (астрономы по традиции называют их тяжелыми). Приблизительно таков же и химический состав Солнца. У более старых звезд тяжелых элементов меньше. Известно немало звезд, у которых содержание тяжелых элементов в 100–200 раз меньше солнечного (Сурдин, Ламзин 1992)

состоянии элемента технеция. Этот элемент не имеет ни одного устойчивого изотопа. Самый долгоживущий изотоп существует, всего лишь около 200 000 лет – срок по звездным масштабам совершенно ничтожный. Столь удивительная аномалия в химическом составе должна означать, что в наружных слоях этих во многом еще загадочных звезд происходят ядерные реакции, приводящие к образованию технеция. Наконец, известна звезда, в наружных слоях которой гелий представлен преимущественно в виде редчайшего на Земле изотопа ^3He (Шкловский 1984: 15).

Такое сходство и различие в составе звезд по типу в чем-то похоже на сходство и различие в геноме. У всех живых организмов его состав в целом одинаков, а все огромные различия формируются небольшими (в несколько процентов) расхождениями в генах.

5.2. Эволюция галактик и звезд

1. Подробнее о процессе образования галактик и звезд. Длительное время сосуществовали несколько теорий образования звезд и галактик, в том числе об образовании небесных тел и структур из горячего (раскаленного) газа (см. о ряде таких теорий: Зельдович, Новиков 1975: гл. 14; Пикельнер 1976). Однако сегодня процессы звездообразования уже наблюдаются непосредственно во многих местах в нашей Галактике, поэтому фактически господствует теория образования их из холодных скоплений, которые разогревались под действием гравитации и давления. Повторим то, о чем уже говорилось выше. Вкратце процесс может быть описан так. В гигантских облаках, состоящих в основном из водорода и гелия, образуются неоднородности (что вполне естественно для газообразной среды), в результате чего при определенных условиях начинают действовать процессы гравитации, собирающие эту массу в сферические формы. Иногда образовывается сразу огромный массив газовых облаков (из которого в будущем сформируется галактика или группа звезд). В этом случае процесс распада облаков может идти и далее, в результате чего образуется все больше газовой-облачных шаров (их может быть очень много, сотни миллионов и даже сотни миллиардов), которые постепенно формируются в протозвезды. Он будет продолжаться до тех пор, пока на какой-то стадии плотность газа станет столь высокой, что очередные

фрагменты уже будут иметь звездные массы (Суркова 2005: 49). Тогда дальнейшему ее распадению будет препятствовать гравитация. Этот процесс называется каскадной фрагментацией. Любопытно, что по своему типу он напоминает некоторые процессы в социальной эволюции, например распад крупных ранних государств на отдельные части, которые децентрализуются до тех пор, пока дальнейшее деление уже становится нецелесообразным (так в Германии или Франции в свое время существовали десятки и сотни самостоятельных государств).

Поскольку гигантские газопылевые облака оказываются неустойчивыми относительно распада на сгустки больших размеров, образование звезд происходит группами. Это очень интересное явление не только для звездной эволюции. Образование группами очень характерно для эволюции в целом (так рождаются популяции и иногда новые виды; группами образуются вождества, города-государства, иногда политические партии и т. п.).

Дальнейший ход звездообразования связан с тем, что уже первичное сжатие разогревает газ до достаточно высокой температуры, которая, во-первых, препятствует дальнейшему сжатию газа, а во-вторых, рано или поздно способствует началу реакции ядерного синтеза (Хокинг 2001: 63–64).

2. Разнообразие звезд и галактик. Разнообразие – совершенно необходимое условие эволюционного развития. И это условие вполне реализуется в космической эволюции. Звезды очень сильно отличаются по массе, температуре, светимости, возрасту и отпущенному им сроку жизни. Они различаются также и по многим другим характеристикам, включая химический состав и ближайшую систему, в которую они входят (например, двойные они или одиночные, имеют планетную систему или нет и т. п.). Амплитуда различий может быть весьма велика.

Как уже сказано, среди галактик встречаются очень маленькие, составляющие всего одну сотую и даже одну миллионную от размера нашей галактики Млечный путь (Гибсон, Ибата 2007: 32), хотя есть галактики в десятки раз крупнее нашей.

Различия в воздействии гравитации и особенности поведения под ее влиянием газово-облачных масс могли послужить причиной образования разных типов галактик. То есть галактики рождаются либо как спиральные, либо как эллиптические, и в процессе эволюции тип галактики сохраняется. Структура галактики

определяется начальными условиями ее образования (например, характером вращения того сгустка газа, из которого она образовалась).

В процессе сжатия под действием гравитационного притяжения материи, находящейся снаружи этих областей, могло начаться их медленное вращение. С уменьшением размеров коллапсирующей области ее вращение ускорялось подобно тому, как ускоряется вращение фигуриста на льду, когда он прижимает руки к телу. Когда наконец коллапсирующая область стала достаточно малой, скорости ее вращения должно было хватить для уравнивания гравитационного притяжения – так образовались вращающиеся дискообразные галактики. Те области, которые не начали вращаться, превратились в овальные объекты, называемые эллиптическими галактиками. Коллапс этих областей тоже прекратился, потому что, хотя отдельные части галактики стабильно вращались вокруг ее центра, галактика в целом не вращалась (Хокинг 2001: 63–64). Разные типы галактик происходят от протооблаков с разными плотностями и разным разбросом скоростей внутренних движений. В частности, эллиптические галактики образовались из более плотных облаков газа, находящегося в состоянии довольно быстрого беспорядочного движения. Этим объясняется, почему «богатые», сравнительно плотные скопления галактик содержат преимущественно эллиптические галактики, в то время как в «бедных» разреженных скоплениях наблюдаются преимущественно спиральные галактики (Шкловский 1987).

В огромной степени различаются размеры и масса звезд. Например, по массе звезды располагаются в спектре от 0,1 массы Солнца до 100 его масс. Считается, что в звезде массой меньше 8 % Солнца уже не могут идти термоядерные реакции, поэтому такие объекты к звездам часто не относят вовсе. Встречаются объекты и массой более 100 солнц, причем их концентрация неравномерна⁸. Согласно одной из классификаций, по светимости звезды делятся

⁸ Выдающийся «заповедник» массивных звезд находится в спиральном рукаве нашей Галактики на расстоянии 2,8 кпк от Солнца и является областью интенсивного звездообразования. У таких наиболее массивных звезд температура поверхности достигает 50 000 К, тогда как у Солнца 6000. Есть звезды светимостью в сотни тысяч раз превосходящие Солнце. Например, хорошо изученная переменная звезда Р Лебеда (Р Суг), светимость которой в миллион раз больше солнечной (Сурдин, Ламзин 1992).

на I – сверхгиганты, II – яркие гиганты, III – гиганты, IV – субгиганты, V – нормальные карлики, VI – субкарлики, VII – белые карлики.

Какова частота встречаемости звезд, принадлежащих каждому классу светимости? Естественно, что преобладают звезды малой величины. Так, на 10 млн красных карликов приходится только 1000 гигантов и 1 сверхгигант (Суркова 2005: 26). Таким образом, преобладают мелкие «особи», так же, как в биологии и политической географии преобладают по численности мелкие животные и малые страны. Особенно редко встречаются так называемые рентгеновские звезды, на миллиард «обычных» оптических звезд может прийти только одна рентгеновская.

3. Рождение, стадии жизни и смерть звезд. Протозвезды. Звезды, как уже сказано, зарождаются при сгущении и сжатии газовых облаков под действием сил гравитации. Это стадия протозвезды. Сравнительно с будущей жизнью звезды период ее медленного сжатия продолжается не слишком долго, однако это совсем не быстрый процесс, он длится где-то около 50 млн лет (Суркова 2005: 50). За указанное время в недрах протозвезды происходит сильный разогрев, температура может достигать 8–10 млн градусов, в результате чего становятся возможны термоядерные реакции. Протозвезда превращается в молодую звезду. Однако внешний наблюдатель сможет увидеть ее далеко не сразу, а только через сотни тысяч или миллионы лет, когда рассеется газопылевая оболочка, окружающая протозвезду.

Фактически происходит чудо: из совершенно аморфной, бесструктурной, непрозрачной и холодной массы, из газового тумана вырастает огромное сияющее раскаленное тело со сложной структурой, способное существовать миллиарды лет. Словом, перед нами яркий пример самоорганизации, идущей под влиянием гравитации и законов, характерных для газовой среды. В частности интенсивное сжатие приводит к разогреву, но именно в результате разогрева повышается внутреннее давление, которое, увеличиваясь, постепенно останавливает процесс сжатия.

Налицо еще один момент: образование звезд и галактик должно иметь какой-то спусковой процесс, создающий турбулентность и неоднородность. Эти триггеры (катализаторы) выступают как характерные механизмы эволюции, которые можно обнаружить в очень многих процессах: химических, геологических, при быстром

видообразовании, при возникновении государств⁹. Спускowymi механизмами начала звездообразования в облаке могут служить ударные волны от взрыва сверхновых, расширяющиеся оболочки формирующихся звезд, столкновение облака со спиральными рукавами Галактики (Суркова 2005: 50).

И еще один момент, в целом также характерный для эволюции. Процессы гибели звезд изучены лучше, чем процессы их рождения. Как пишет И. С. Шкловский (1984: 48–49), гибель звезд сопровождается такими впечатляющими явлениями, как вспышки сверхновых или образование планетарных туманностей, которые не столь сложно обнаружить. Но начало звезды покрыто в прямом и переносном смысле туманом. То же происходит в биологии: начало происхождения видов скрыто, а их гибель хорошо прослеживается в палеонтологической летописи. Очень похожие ситуации прослеживаются в истории. Происхождение государства теряется в сумерках, даже если и известна легендарная дата (как, например, основание Рима или Афин). Зато подробности падения или разрушения исследованы гораздо точнее. Тем не менее наука постепенно творит чудеса, проникая все дальше вглубь начал. Так, благодаря уже упоминавшемуся телескопу ALMA астрономам удалось увидеть **потоки вещества** в формирующейся звездной системе.

Главная последовательность. Новая и наиболее длительная стадия – стадия главной последовательности. В это время звезда существует и светит потому, что в ней в результате термоядерных реакций выгорает водород. Поэтому время жизни на стадии главной последовательности зависит в основном от массы звезды: чем она больше, тем сильнее идут процессы сгорания топлива, тем короче стадия главной последовательности. При этом звезда сохраняет свои размеры и форму благодаря взаимной борьбе двух сил: гравитации, которая пытается сжать звезду, и газового давления, образующегося в результате термоядерных реакций и мощного разогрева. При этом важно отметить, что существует динамическое равновесие между температурой и давлением газа.

⁹ В отношении последнего уточню, что образование государств, как правило, связано с созданием в предгосударственном и уже подготовленном обществе неординарной ситуации, в результате которой становится невозможно использовать прежние методы. Это случается при серьезной внешней опасности, появлении новых соседей, внедрении крупной инновации и т. п. Такая ситуация провоцирует поиск новых ответов на вызов и ведет к крупным политическим преобразованиям в обществе (см.: Гринин 2011а).

При повышении температуры газ расширяется и совершает работу против сил гравитации, что ведет к его охлаждению. Таким образом поддерживается температурный баланс. В жизни звезд, как и галактик, а также на всех остальных уровнях эволюции мы можем многократно и в разных видах наблюдать результирующую двух противоположных процессов, взаимодействие которых позволяет существовать «индивидам». Процессы ассимиляции и диссимиляции поддерживают жизнедеятельность в биологических организмах, процесс размножения животных и уничтожения их хищниками поддерживает в нормальном виде баланс популяции, процессы производства и потребления есть основа существования обществ и т. д. и т. п.

Красный гигант. Новая стадия связана с исчерпанием запасов водорода. Давление газа, которое при наличии топлива поддерживало звезду в равновесии, ослабевает, и центральная часть звезды сжимается. Это приводит к новому повышению температуры. Начинают выгорать более тяжелые элементы. Структура звезды при этом сильно меняется. Одновременно со сжатием ядра внешние оболочки звезды расширяются (они при этом могут даже отделиться с образованием газовой туманности). В целом звезда разбухает, расширяясь в радиусе в сотни раз, и превращается в красного гиганта, а затем при еще большем расширении – в красного сверхгиганта (крупные звезды с массой более 10 солнечных сразу превращаются в сверхгигантов)¹⁰. Этот этап длится в течение примерно 10 % от времени «активной» жизни звезд, то есть этапов их эволюции, в ходе которых в звездных недрах идут реакции **нуклео-синтеза**.

Смерть звезды: как в сказке, три дороги. Дальнейшая стадия – превращение красного гиганта или сверхгиганта в новую форму. Какова будет эта форма, зависит от массы звезды и ряда других обстоятельств, таких как скорость и характер ее вращения, степень намагниченности, принадлежность звезды к тесной двойной системе и др. Наиболее типичными считаются три исхода, которые зависят от массы звезды (но пороговые цифры масс от работы к работе сильно рознятся). Звезды меньше 1,2–1,4 массы Солнца (или 3 масс в других расчетах) из красного гиганта

¹⁰ Промежуточной стадией перед этим является стадия субгиганта, когда термоядерные реакции с участием водорода уже прекратились, но горение гелия еще не началось, так как ядро недостаточно разогрето.

превращаются в так называемого белого карлика, то есть звезда очень сильно сжимается (до размера Земли). Дальнейшее сжатие не происходит из-за давления так называемого вырожденного электронного газа, которое не зависит от температуры (и в то же время повышение температуры, что иногда происходит в белом карлике, не ведет к расширению газа, поэтому в такой ситуации может произойти взрыв [Черепашук, Чернин 2004: 132–133]). Вырожденный электронный газ образуется за счет того, что при очень высоком давлении электроны преодолевают кулоновский порог (при котором одноименно заряженные частицы отталкиваются), и начинают действовать уже квантовые эффекты. Но выше определенного уровня такой газ не сжимается, становясь все более «жестким». В результате размер белого карлика стабилизируется. Однако термоядерные реакции в такой звезде из-за отсутствия водорода и гелия уже продолжаться не могут. Первое время температура белого карлика высока, но затем звезда остывает и превращается в холодный «черный карлик», то есть становится мертвым космическим телом, образно выражаясь, космическим «трупом» (Хван 2008: 303).

Для звезд с первоначальной массой звезды более 1,2–1,4 (или 3 – в других расчетах) M_{\odot} , но меньше 2,4–3 M_{\odot} (до 7–10 масс – в других расчетах) медленная и постепенная «старость» заменяется «инфарктом», то есть быстрой катастрофой. После выгорания водорода и ослабления внутреннего газового давления, которое уравнивало силы гравитации, под действием последних внутренние слои звезды сильно сжимаются в десятки тысяч раз (до радиуса в 10 км) буквально за несколько секунд. Почти одновременно с этим наружные слои звезды в результате взрыва выбрасываются

с огромной скоростью. Эта катастрофа будет выглядеть как вспышка сверхновой, которая светит короткое время, как миллионы обычных звезд. В результате этого взрыва в космос попадает звездное вещество. В процессе взрыва также образуется относительно много тяжелых (тяжелее железа) элементов, которые потом концентрируются в различных небесных телах. Оставшееся сверхплотное ядро превращается в нейтронную звезду (где, как предполагают, вместо твердого вещества находится нейтронная сверхплотная жидкость). Эта звезда по площади в 5 млрд раз

меньше Солнца, но светит в 1000 раз сильнее за счет того, что ее температура в 1000–1500 раз выше солнечной (Липунов 2008: 133).

Достигнув таких размеров и такой плотности, звезда стабилизируется и ее дальнейшее сжатие практически прекращается. Опять образуется равновесная конфигурация, но уже в условиях, качественно отличных от равновесия «обычной» звезды. Физические свойства такого сверхплотного вещества, давление которого уравнивает силу гравитационного притяжения «сколлапсировавшей» звезды, весьма необычны. Во многом они сходны со свойствами вещества атомного ядра, представляющего собой смесь сильно взаимодействующих протонов и нейтронов. Такой объект подобен макроскопической «ядерной капле» (Хван 2008).

Если же масса ядра звезды превосходит порог $3 M_{\odot}$ (или существенно большую массу, по другим расчетам), то она также после выгорания водорода начнет коллапсировать и взорвется (иногда может сколлапсировать и без взрыва), но только сила сжатия будет неограниченной, так как из-за большой массы гравитация становится чудовищной и уже не может быть остановлена внутренними силами. Ничем не компенсируемая сила гравитации ведет к тому, что размеры звезды становятся сколь угодно малыми. Звезда, по теоретическим расчетам, превратится в черную дыру, из которой уже ни вещество, ни даже свет не может выйти из-за чудовищной гравитации.

Разумеется, указанные параметры и пороговые величины масс не являются полностью общепринятыми – напротив, повторим, колебания пороговых величин очень велики¹¹. По одной из классификаций, возможно, более правильной, чем вышеприведенная, все звезды делят на два класс: массивные (равной или более 10 масс Солнца), которые рождают нейтронные звезды и черные дыры, и маломассивные, рождающие белых карликов (Липунов 2008: 99). Но последние в зависимости от массы различаются тем, из каких элементов будет состоять их ядро. Чем больше масса, тем более тяжелым будет состав и по массе, и по атомному номеру химического элемента, от гелия до кислорода (Там же: 98).

¹¹ Один из многих примеров. Ю. Н. Ефремов (2003: 97) указывает порог в 4 солнечных массы, а для взрыва – порог в 7 масс.

Из трех видов умирающих звезд (последнего этапа звездной эволюции) два обнаружены уже наблюдениями: белые карлики и нейтронные звезды. Черные дыры – это пока все же теоретический конструкт. Это понятно: раз свет и любые другие волны из них не выходят, то непосредственно наблюдать черную дыру невозможно. Тем не менее астрономы говорят, что черные дыры почти открыты, и среди наблюдаемых объектов называют десятки кандидатов на эту роль (см., например: Лесков 2008: 79), особенно среди двойных звезд, где одна звезда, превратившись в черную дыру, поглощает вещество другой (вещество производит особое свечение в этом процессе).

4. Эволюционные и философские рассуждения

Необратимость эволюции является важнейшей ее характеристикой. Ее необратимость можно наблюдать и в целом, как неуклонное движение ко все более сложным структурам и формам организации, к изменению химического состава Вселенной и т. п. Однако неизбежно встает очень сложный философский вопрос, тесно связанный с тем, который мы рассматривали в начале. Если имеется начало, то должен быть и конец. А значит, эволюция не может продолжаться бесконечно и она, по крайней мере, уничтожима. Если же Вселенная вечна, то эволюция становится фикцией, не может же она постоянно идти на подъем (и куда она может идти бесконечно? К какой точке Омеги, если говорить языком П. Тейяра де Шардена?). В этом случае эволюция становится дурной бесконечностью, стало быть, она необратима только на определенном отрезке времени, а потом эволюционный цикл должен начинаться опять. Все эти проблемы являются кошмаром эволюционистов. Возможно, к ним удастся вернуться во второй книге.

Как бы то ни было, в отношении индивидуальных объектов необратимость эволюции вполне наглядна и бесспорна. Звезда, прошедшая фазу жизни, не может вновь в нее войти.

Необратимость эволюции несколько нарушается в отношении двойных звезд. Последние, представляя собой как бы единую систему, в некоторых случаях могут обмениваться массой между собой. Сойдя с главной последовательности и разбухая на стадии красного гиганта, одна из звезд постоянно теряет свое вещество, а другая, которая все еще находится на главной последовательности,

за счет попадания его на свою поверхность приобретает дополнительную массу.

В результате массивная звезда может превратиться в немассивную, а ее менее массивная соседка – наоборот, в массивную. В этом случае первоначально немассивная звезда, став массивной, будет все еще находиться на главной последовательности, а ее партнерша, которая теперь отошла и стала меньше соседа, тем не менее уже расширилась до размеров субгиганта, что означает – срок оставшейся ее жизни уже не столь долог (см. подробнее: Липунов 2008: 66–67). Смысл этого парадокса в том, что в обычной ситуации более массивная звезда сходит с главной последовательности раньше, чем менее массивная, так как в первой процессы горения идут быстрее. Иными словами, у более массивной звезды жизнь короче, чем у менее массивной. В двойной системе же красный гигант в результате потери массы становится менее массивным, а звезда, которая остается на главной последовательности, за счет получения массы становится более массивной, но будет жить дольше, чем менее массивный красный гигант. Парадокс, чем-то напоминающий «нарушение» второго начала термодинамики в холодильных установках (за счет заимствования дополнительной энергии тепло идет от менее нагретого тела к более нагретому). Думается, что такого рода парадоксы можно увидеть и на других уровнях эволюции, когда за счет дополнительной энергии отдельные индивиды или системы могут обновляться и омолаживаться. В социальной эволюции так нередко обновлялись целые этносы и государства за счет насильственного включения в свой состав пленных или переселенных народов, за счет награбленного богатства расцветали культуры (пример правления Тамерлана в Средней Азии в XIV в. – лишь один из многих, хотя и яркий). Пересадка стволовых клеток сегодня способна замедлить старение человеческого организма.

Проблема смерти индивидов. Смерть как возможность продолжения жизни. Жизнь и смерть звезд никого не оставляет равнодушным. По сути, в Большой истории мы впервые встречаемся в столь явно выраженной форме с проблемой эволюции жизненного цикла индивидуальных объектов. При этом судьба и длительность жизни, а также тип смерти, с одной стороны, зависят от начальных параметров, они как бы запрограммированы

«генетически» (и, следовательно, могут быть предсказаны), а с другой – они могут быть изменены рядом случайных обстоятельств. Значит, эта судьба не полностью фатальна. Причем двойные системы звезд резко повышают вариативность индивидуальных судеб звезд, здесь, по выражению В. М. Липунова (2008: 252), получается «эволюция в квадрате». В этих системах на поздних этапах жизни звезд появляются совершенно новые, экзотические объекты, о существовании которых ученые раньше и не подозревали (Там же: 67). Мало того, фактически можно вести речь о различиях в «поведении» звезд при индивидуальной жизни и в «коллективе», поскольку взаимодействие двух, трех и более звезд в тесной системе ведет к очень существенным отличиям и невероятным результатам, которые не могут возникнуть в одиночной жизни. Собственно, так же происходит и на других уровнях эволюции, когда пары и коллективы особей дают принципиально иной результат, чем при изолированной индивидуальной жизни.

Второй важный момент – это неизбежность смерти объекта по причине того, что он уже не может поддерживать жизнедеятельность. В звездах проблема связи энергии и жизни проявляется в наиболее полном виде: звезда умирает потому, что кончается топливо. Однако биологические существа часто умирают по другим причинам (погибают в борьбе или от болезней). Что касается людей, то по мере прогресса болезни, связанные со старением организма (то есть выходом из строя тех или иных органов и элементов организма), становятся все более массовыми. Отсюда и возможность бороться со смертью, оттягивать ее возрастает с прогрессом общества. Биологическая эволюция также постоянно ищет такие механизмы (среди них, в частности, развитие иммунной системы), но социальная эволюция в этом плане эффективнее. Что касается социально-политических организмов, то они умирают потому, что происходит сбой управления и подчинения. *Таким образом, мы видим определенную эволюцию в плане причин смерти индивидуальных объектов.*

Наконец, значение смерти индивидов для эволюции может быть различно. В какой-то мере может наблюдаться прямое соответствие между «силой» смерти, мощностью волны, возникшей в результате разрушения звезды, и созданием условий для новых поисков эволюции. Взрывы звезд влияют на динамику окружающей среды,

а следовательно, могут обеспечить создание необычных условий, способствующих появлению тех или иных отклонений в развитии. Зона взрыва за несколько десятков тысяч лет распространяется на гигантскую область межзвездной среды (в десятки парсек), в ней создаются иные физические условия, в частности по температуре, плотности космических лучей и напряженности магнитного поля. Такое возмущение обогащает зону космическими лучами и вносит изменения в химический состав (см.: Шкловский 1984: 209). Взрывы также способствуют звездообразованию. Словом, звезда умирает не даром. Интересная аналогия с крупными вымираниями в биологии, которые способствуют новым направлениям видообразования или с распадом крупных империй, историческое «эхо» которого долго еще отдается. Распад крупной империи ведет к каскаду образований новых государств, причем не только на ее обломках, но часто и далеко за ее пределами. Историческая детонация способствует политогенезу так же, как космическая – звездообразованию.

Жизнь звезд может быть представлена в разных аспектах. Один из таких аспектов связан с процессами самоорганизации на каждой фазе жизни звезды и поддержанием динамического равновесия. На начальной фазе сгусток газа при уплотнении как бы «зажигает» сам себя аналогично тому, как самовозгораются слежавшаяся солома или тряпье. Следующая фаза самоорганизации связана с формированием сложной структуры звезды на главной последовательности, в течение которой происходит выгорание водорода. После выгорания основной его части звезда переходит на новую стадию жизни, раздувается и превращается в красный гигант. При этом вновь срабатывают процессы самоорганизации, и структура звезды радикально меняется. Сильно сжатое ядро сосуществует с раздувшимися оболочками. Следующая стадия после выгорания топлива в красном гиганте: сжатие под действием силы гравитации и обретение совершенно новой структуры маленького, но очень массивного ядра с гигантской, невообразимой плотностью составляющего его вещества.

Посмотрим теперь на жизнь звезды в аспекте поддержания равновесия сил или нарушения этого равновесия. Прежде всего, существует тепловое равновесие, когда темп энерговыделения в центре за счет термоядерных реакций звезды равен потере энергии

за счет излучения. При переходе с фазы на фазу жизни это равновесие нарушается, поскольку запасы энергии расходуются. Однако потом они как бы восстанавливаются, когда звезда начинает использовать новый вид энергии за счет сжатия и перехода на сжигание гелия вместо водорода, что дает в разы больше энергии на каждый атом, а затем последовательно и более тяжелых элементов, каждый из которых по объему выделения энергии превосходит предыдущий. При этом недра звезды становятся с каждым разом горячее (см. об этом ниже). Эта цепочка новых природных технологий, оттягивающих остывание звезд, пожалуй, по длине превосходит ту, что создана человеком, который также сменил целый ряд видов топлива.

Далее имеется равновесие в отношении давления разных сил и сохранения определенной формы и размера звезды.

Кстати отметить, что устойчивости звезды способствует такое ее качество, как отрицательная теплоемкость, благодаря чему температура недр звезды становится тем выше, чем больше энергии она теряет (см.: Черепашук, Чернин 2004: 131). Иными словами, недра звезды становятся горячее на более поздних фазах жизни.

Если звезда стационарна, то ее равновесие устанавливается так, что потенциальная энергия звезды (то есть энергия гравитационного сжатия) всегда в два раза больше ее тепловой энергии. Это способствует устойчивому существованию звезды, фактически помогает ей переходить с уровня на уровень при потере энергии. Именно благодаря тому, что отрицательная потенциальная энергия звезды по абсолютной величине вдвое больше ее тепловой энергии, звезда обладает отрицательной теплоемкостью. В то время как обычные объекты имеют положительную теплоемкость, то есть, теряя энергию, они остывают, звезда, напротив, чем больше энергии теряет при излучении, тем выше создает температуру

в центре. Иными словами, температура в центре обратно пропорциональна потере энергии. Это свойство помогает компенсировать потерю энергии и способствует обретению равновесия в динамике. Объяснение в том, что звезда, излучая и теряя энергию, медленно при этом сжимается. При сжатии потенциальная энергия преобразуется в кинетическую (то есть в проявляемую) энергию падения слоев звезды, и недра звезды от этого разогреваются. А раз

потенциальная энергия звезды (по модулю) в два раза больше тепловой, то звезда от этого приобретает больше тепловой энергии, чем теряет. В результате температура недр звезды растет с потерей энергии. Чем больше она ее теряет, тем выше температура. В недрах звезд осуществляется непрерывный термоядерный синтез химических элементов, поскольку температура ее глубин хотя и медленно, но постоянно увеличивается, а чем тяжелее элемент, тем при большей энергии он синтезируется. (Об отрицательной теплоемкости звезд см. подробнее: Черепашук, Чернин 2004: 132–133.)

Увеличение температуры вместе с уменьшением энергии и (в конечном счете) массы, действительно, удивительное качество звезд, хотя аналогии в эволюции найти можно. В чем-то это напоминает ситуацию со сжиганием запасенного жира биологическим организмом. Он может потреблять (какое-то время) меньше энергии, а расходовать больше, теряя при этом вес, но потеря веса будет давать дополнительную энергию. Нередко приобретение энергии происходит при химических реакциях, когда в результате выделяется теплота. Энергия сопротивления государства может возрастать вместе с потерей территорий, например уменьшение территории вдвое может вызвать невиданное напряжение сил и усиление сопротивления, которое способно привести к победе. Таких примеров множество, от побед древних скифов, заманивающих врагов вглубь своих земель, до побед греков, потерявших огромную часть территории, от похода Наполеона на Москву до поражения Гитлера там же.

Если рассматривать жизнь звезды с точки зрения установления равновесия, затем его потери и вновь установления на новом уровне, то очень схематично ситуация выглядит так. На главной последовательности равновесие поддерживается силами тяготения и давления газа, которое успешно противостоит силе тяжести, стремящейся стянуть вещество звезды к ее центру. Это давление возникает из-за высокой температуры, обеспечиваемой термоядерными реакциями, и оно существует, пока не истощатся запасы ядерного горючего (Ефремов 2003: 97). У красного гиганта наступает иного рода равновесие, причем в двух измерениях. В ядре за счет сжатия температура повышается, начинаются

термоядерные реакции более высокого уровня (не водорода, а гелия и более тяжелых элементов). За счет этих реакций температура может достигать в ядре десятков или даже ста миллионов градусов. Поэтому более высокая гравитация уравнивается более сильным (за счет температуры) давлением газа. В то же время в оболочке за счет ослабления гравитации равновесие достигается многократным увеличением объема внешних слоев звезды. В нейтронной звезде и белом карлике – новых стадиях жизни звезд – уже свой уровень равновесия.

Белый карлик – крошечное, но очень массивное ядро, потерявшее оболочки, в котором высокое давление вырожденного электронного газа, обусловленное квантовыми, а не тепловыми движениями электронов, эффективно противодействует огромным силам гравитационного сжатия (см.: Черепашук, Чернин 2004: 132). Силы вырожденного плотного электронного газа не позволяют гравитации действовать дальше. В результате устанавливается равновесие. У нейтронной звезды, в которой ядро составляют уже нейтроны (образовавшиеся из слияния электронов и протонов в результате коллапса ядра и резко возросшего давления) равновесие с гравитацией достигается за счет давления нейтронного вещества. При этом в зависимости от массы ядра звезды сценарии ее будущего существенно различаются.

В известной мере в биологическом организме также в разные стадии жизни происходит подгонка функций и фенотипа под возраст. В еще большей степени изменение внешнего вида в связи с новой фазой жизни характерно для социального организма. Например, потеря «оболочек» – провинций имеет место в клонящихся к упадку империях. Если она не распадается после ослабления, то в результате в таком государстве происходит переход на новый уровень, связанный с уменьшившимся богатством и демографическими ресурсами: уменьшаются государственные расходы, прекращается военная активность, изменяется ресурсная база, основные виды деятельности, иногда делаются шаги к увеличению эффективности производства и т. п. Новейшая история России после распада СССР – очень характерный пример такого рода.

Жизнь звезд, как уже сказано, можно представить и в энергетическом аспекте как последовательную смену источников

их энергии. «Всю жизнь звезды – от ее рождения и до смерти – можно разбить на несколько больших этапов. Первый этап – это процесс перехода от газопылевого облака к звезде с термоядерными источниками энергии – называется протозвездной стадией в эволюции звезды. Потери энергии на излучение с поверхности протозвезды восполняются за счет выделявшейся при сжатии гравитационной энергии. Ядерная эволюция нормальной звезды начинается со стадии главной последовательности, когда источником ее энергии является горение водорода. На более поздних стадиях в массивной звезде последовательно выгорают тяжелые элементы¹² вплоть до железа (элементы тяжелее железа образуются в особых условиях, так как их образование требует больше энергии, чем выделяется при их синтезе). Наконец, после истощения внутренних термоядерных источников энергии звезда претерпевает катастрофическое сжатие под действием силы тяжести (гравитационный коллапс) и на конечном этапе эволюции светит в основном за счет охлаждения своих недр (Суркова 2005: 47).

Наконец, жизнь и смерть звезд можно представить и в аспекте круговорота вещества во Вселенной!

5.3. Основные эволюционные идеи, связанные со звездно-галактической фазой развития Вселенной

Формирование галактик и их скоплений, звезд и других небесных тел было самым длительным эволюционным процессом из всех, имевших место во Вселенной. Он активно продолжается и сегодня вместе с процессами изменения и исчезновения галактик и звезд (см. ниже). В течение первых 8 млрд лет во Вселенной шел процесс создания гигантского разнообразия звездных тел и выработка все новых объемов тяжелых элементов, пока наконец около 5–4,5 млрд лет назад не создались условия для рождения звездной (Солнечной) системы, на одной из планет которой пошли новые геологические, химические и биохимические процессы.

Этот эволюционный процесс формирования звезд и галактик, туманностей и облаков позволяет нам увидеть в нем (а также в целом в космической эволюции) ряд важных и даже важнейших

¹² Уместно сравнить с цивилизациями на поздней стадии, когда рождаются произведения искусства и прочее.

эволюционных принципов и законов, которые вовсе не очевидны. Их выделение важно для понимания единства принципов мира и их развития, поэтому к ним мы будем обращаться и позже. Тем более они прямо касаются истории Солнечной системы и Земли.

Эти принципы и наблюдения сгруппированы ниже в блоки.

1. Эволюция идет через постоянное создание и разрушение объектов. Природа, создавая, разрушая и вновь создавая различные объекты, тем самым пробует много вариантов, некоторые из них далее оказываются удачными и потом воспроизводятся в самых разных комбинациях. Для такой ситуации можно использовать удачное выражение экономиста Й. Шумпетера «созидательное (творческое) разрушение» (Schumpeter 1994 [1942]; Шумпетер 2007).

Это напоминает также образ мыслящего океана Станислава Лема в романе «Солярис», где Океан постоянно создавал из своей субстанции людей, извлекая образы из памяти обитателей космической станции, а затем уничтожал недостаточно удачные копии, пока не добился точного соответствия их реальным людям.

1) *«Эволюция сильнее объектов».* Космические процессы сопровождаются постоянным образованием, развитием, изменением и гибелью различных объектов (звезд, галактик и т. п.). Таким образом господствует принцип, который применительно к жизни

П. Тейяр де Шарден (1987) выразил так: «Жизнь сильнее организмов», то есть жизнь продолжается именно потому, что организмы смертны. То же касается и звездной эволюции. Здесь мы могли бы сказать: «Космос сильнее звезд и галактик», ну и в целом: «Эволюция сильнее объектов».

2) *Ротация и поддержание баланса* происходит за счет постоянного уничтожения (перехода на новые фазы жизни) одних объектов и рождения других. Этим самым поддерживается баланс и создаются условия для развития, так как развитие всегда результат смены поколений и видов.

3) *Конец одного – это начало другого. Звездно-эволюционная эстафета.* Материал погибших объектов становится исходным или дополнительным материалом для формирования новых. Это знаменует и круговорот вещества и энергии в природе и одновременно как бы процесс передачи эстафеты. Последняя

обеспечивает возможность воспользоваться плодами длительных процессов, в частности накопления тяжелых элементов (как мы увидим на примере образования Солнечной системы из остатков взрыва сверхновой, об этом – во второй части монографии)¹³. Итак, здесь налицо вышеупомянутое «творческое разрушение», создание нового за счет разрушения или вывода из активной жизни старого. При этом новое уже в чем-то, иногда существенно, не похоже на старое. Это обеспечивает постоянную преемственность и поле для продвижения к новому, подобно тому, как смена поколений биологических особей всегда влечет какие-то изменения. Смена правителей может не повлечь коренных перемен в обществе, однако каждый новый правитель в чем-то не похож на предшественников, что-то делает иначе, в результате исторический опыт накапливается.

4) *Новые генерации организмов и таксонов – способ качественного развития.* Можно увидеть и генерации таксонов, которые имеют уже заметные эволюционные и системные отличия. Так, выделяют несколько генераций звезд, которые отличались размером и химическим составом (часть элементов появилась только постепенно), а возможно, и отсутствием планет. Только в результате смены нескольких генераций объектов этот класс объектов обретает некоторые черты, которые, тем не менее, считаются присущими всему этому типу объектов. Так вид в биологии часто определяется через невозможность для особей давать плодовитое потомство с представителем другого вида. Однако многие виды размножаются неполовым путем, а цивилизации могут рассматриваться с точки зрения признаков, сформировавшихся только в генерации цивилизаций, основанных на мировых религиях. Но уточним, сейчас речь идет не о насильственном вытеснении старых таксонов новыми, а скорее о естественной ротации в связи с выбыванием старых поколений объектов, однако новые уже не могут не «учитывать» произошедших изменений.

5) *Синтез градуализма и катастрофизма.* В космической эволюции можно видеть сочетание двух принципов, вокруг которых не утихают споры в геологии и биологии. А именно о том, какой тип развития преобладает. Медленные, постепенные изменения, в итоге ведущие к огромным переменам (градуализм),

¹³ Подробнее о правиле эволюционной эстафеты см.: Гринин, Марков, Коротаяев 2008.

или катастрофизм (пунктуализм), то есть развитие преимущественно резкими, революционными скачками, в биологии часто связываемое именно с катастрофами. Большинство авторов сходится на том, что между понятиями «постепенная» и «прерывистая» имеется лишь количественная разница: длительный процесс предстает мгновенным событием, будучи изображенным на сжатой временной шкале. Поэтому пунктуализм и градуализм следует рассматривать в определенном аспекте как комплементарные (дополняющие друг друга) понятия. Сочетание обоих принципов в космической эволюции не просто налицо. Здесь как нигде на других уровнях эволюции эти способы органически объединяются в индивидуальных судьбах звезд. Главная последовательность звезд, во время которой идет очень долгий процесс выгорания водорода – обязательная фаза любой звезды, демонстрирует постепенность и важность медленных

и длительных процессов. Однако катастрофы того или иного масштаба есть в жизни любой звезды. Правда, у одних такие крутые перемены могут выражаться в крупных, но все же местных проявлениях (таких как отделение оболочек), а у других – это грандиозные катастрофы, когда звезды гибнут «ярко», «геройски», освещая собой Вселенную, оставляя световой след длиной в миллиарды лет¹⁴. Последних, заметим, как и среди людей, намного меньше, чем первых. Как мы видели выше, по мнению И. С. Шкловского (1987), за всю историю нашей Галактики взорвался всего один миллиард сверхновых, по расчетам А. Д. Панова – еще меньше, примерно 500 тысяч сверхновых, причем в начальной фазе истории Галактики сверхновые взрывались чаще¹⁵. Это значит, что в наше время сверхновая в нашей Галактике взрывается довольно редко (раз в пятьдесят лет). Героев всегда немного.

¹⁴ Хотя, конечно, крупные короткоживущие звезды можно в шутку назвать и «прожигателями жизни» (Дубкова 2005).

¹⁵ В эволюции некоторые процессы могут происходить только в определенные отрезки времени жизни системы. Л. Н. Гумилев на этой основе, например, создал теорию пассионарности, согласно которой в истории каждого народа (этноса) есть определенный героический период, когда появляется особенно много людей, способных к жертвенности, которых он назвал пассионариями. Именно процент пассионариев в обществе, по Гумилеву, определяет вектор его развития (см., например: Гумилев 1993а; 1993б). Теория, конечно, сомнительная в том смысле, что она в достаточной мере не подтверждается историческими фактами, но определенное рациональное зерно в ней есть.

2. Индивидуальность – способ увеличить эволюционное разнообразие

1) *Онтогенез и филогенез*. Эволюция идет на разных уровнях: в развитии своей определенной ветви эволюции, класса, вида и т. п. и даже иногда на уровне индивидуального организма. Кроме того, выражаясь терминами биологии, на любом уровне эволюции всегда налицо совокупность процессов *онтогенеза и филогенеза*. Конечно, в звездно-галактической эволюции филогенез представлен значительно слабее, чем в эволюции жизни. Тем не менее и тут можно вести речь об истории изменений тех или иных типов галактик и звезд, а значит, в какой-то мере космический филогенез имеет место. В частности, выше мы много говорили о смене нескольких поколений звезд, отличающихся по размерам, строению и составу.

Но, кстати говоря, не исключено, что о филогенезе и онтогенезе можно говорить даже в отношении объектов микромира. В теории струн и других теориях, стремящихся к великому объединению, у некоторых теоретиков встречаются весьма смелые идеи о том, что в ранней Вселенной могли существовать струны (сверхэлементарные частицы), которые за счет расширения Вселенной приобретали макроскопические размеры (выше мы видели эти идеи в отношении теории сталкивающихся *бран*). Расширение Вселенной увеличило их до таких размеров, что сейчас их длина составляет миллионы световых лет. Поиск таких реликтовых струн астрономического размера мог бы помочь проверке истинности теории струн (см.: Смолин 2007). Есть идеи и о влиянии количества энергии на размеры и другие свойства элементарных частиц. Таким образом, размеры элементарных частиц – не исключено – могут зависеть от их бытия, то есть «генотипические» черты элементарных частиц в реальности имеют значимую вариативность, как и фенотип биологических организмов. В истории биологии было немало случаев, когда одно и то же растение в разных природных условиях приобретало внешне столь непохожий вид, что эти растения принимали за разные виды. Также в биологической эволюции существует множество примеров того, как приспособление внешних условий влияло на «выбор» оптимальных размеров организмов определенных видов, так что родственными могут быть лилипуты и великаны. Все это «должно было бы означать, что свойства

элементарных частиц зависят от окружения и могли бы изменяться во времени. Если это так, это должно было бы означать, что физика будет больше похожа на биологию, в которой свойства элементарных частиц должны будут зависеть от истории нашей вселенной» (Смолин 2007).

2) *Индивидуальные судьбы в эволюции.* Индивидуальность звезд, несмотря на то, что параметры, по которым они различаются, ограничены, исключительно велика. Таким образом, можно утверждать, что с появлением звезд (и других небесных тел) в природе появились индивидуальные объекты, «индивиды», с одной стороны, очень похожие между собой, а с другой – их индивидуальные судьбы, в зависимости от многих обстоятельств их рождения и случайностей, весьма различны. Например, звезды небольшой массы, в которых реакции идут достаточно медленно, могут полноценно жить, то есть находиться на главной последовательности многие миллиарды лет, потенциальная длительность жизни некоторых может значительно превысить современный возраст Вселенной. А голубые звезды-гиганты, в которых реакции идут быстро и которые из-за неустойчивости теряют много массы, сгорают в сотни раз быстрее.

Повторим, что судьба звезды после завершения основной фазы ее жизни (так называемой главной последовательности) – то есть та форма, в которую она превратится на закате своего существования – также чаще всего зависит от массы. Но на судьбу звезды влияют и многие другие факторы, в частности одинарная она или двойная¹⁶, а также и различные случайности. Конец звезд также весьма разнообразен. Одни из них, потеряв одну или несколько оболочек, будут медленно остывать, превращаясь в холодное тело (белый карлик), другие сожмутся в десятки раз (нейтронная звезда), третьи в итоге закончат жизнь грандиозным взрывом, чтобы выбросить свои элементы в пространство. Наконец, звезда может стать черной дырой, чтобы никогда не выпускать материю из своих сжатых до чудовищного состояния недр.

3) *Фазы индивидуального развития (онтогенеза) – триллионы разных судеб.* У каждого типа объектов выявляются вполне

¹⁶ Особенность последних такова, что они могут существенно обновляться за счет обмена веществом с партнером и тем продлевать себе жизнь (см. подробнее: Липунов 2008).

закономерные фазы жизни, которые зависят как от внутренних особенностей объекта, так и от внешнего окружения (близости других объектов и т. п.). Выше мы видели, что у звезд в зависимости от массы, состава и других характеристик очень сильно (в сотни и тысячи раз) зависит срок длительности той фазы, которую называют главной последовательностью. Судьба звезд после завершения главной последовательности и следующей фазы (красного гиганта или сверхгиганта) также сильно зависит от их массы и других обстоятельств. Причем судьбы и эволюция двойных звезд, как уже упоминалось, очень сильно отличается от одиночных.

Выясняется и очень интересная закономерность: *чем больше объект, тем меньше он живет*. Это не всегда проявляется в иных фазах эволюции именно в смысле длительности жизни, но в целом, эта звездная закономерность указывает на важный аспект: **величина объекта среди сравнимых по какому-то параметру объектов играет очень важную роль в его образе жизни и судьбе**. Кроме того, на одних фазах своей жизни объекты могут быть сложнее, чем на других, как по структуре, так и по атомному составу (так сознание человека, естественно, сложнее в пожилом возрасте, чем в младенческом). Э. Чейсон (2012) считает, что красные гиганты сложнее, чем звезды главной последовательности. Тут можно сказать, что и зрелые цивилизации, клонящиеся к упадку, более сложны, чем молодые. Вероятно, и старые биологические таксоны сложнее, чем молодые.

4) *Необходимое и избыточное разнообразие – условие поиска новых путей в эволюции*. В этих процессах формируется таксономическое разнообразие объектов и, можно сказать, заполняются эволюционные ниши. Формируются разные типы звезд по массе, светимости (и соответственно спектру/цвету света), температуре, системности (одиночные, планетные системы и системы звезд от двух до семи), периоду вращения, магнитному полю и т. п. То же относится и к галактикам, среди которых выделяют ряд видов (эллиптические, спиральные, линзообразные) с подвидами. Такое разнообразие крайне важно. Только достижение нужного таксономического и иного разнообразия позволяет искать пути к новым уровням эволюции. В связи с этим были сформулированы правила необходимого и избыточного

разнообразия, без которого эволюция не может двигаться вверх (см. подробнее: Гринин и др. 2008: 68–72; см. также: Панов 2008а).

5) *Норма, средние показатели и отклонение от нормы.* Именно при разнообразии появляется понятие нормы и среднего уровня, а также исключений и отклоняющихся от общего ряда объектов (аутлайеры). Ибо, как давно замечено, прорывы к новому идут обычно в стороне от прежних столбовых дорог, на периферии (см. следующий раздел о структуре) и в тех системах, которые отклоняются от общего пути. Выше мы видели примеры исключений. Солнечная система также не является типичной, поскольку

звезд с именно такой планетной системой в процентном отношении очень немного. Хотя, как выясняется, понять, что такое типичная планетная система, в настоящее время представляется весьма затруднительным.

6) *Непрерывность*, а по сути, возникновение континуума форм, размеров, длительности жизни, жизненных стадий объектов характерны для космических объектов. Например, имеется непрерывный ряд все меньших по массе звезд, пока они не становятся уже мало отличимы от планет, их температура уже не позволяет проходить термоядерным реакциям и т. п. Типы планетных систем почти равномерно заполняют очень широкое поле параметров. Есть также континуум стадийных форм от облаков до звезд: сгущения облаков, формирования протозвезд и молодых звезд; от молодых до умерших звезд. Большой спектр (континуум) форм и размеров организмов можно наблюдать на биологической и социальной фазах эволюции.

3. Структурирование, самоорганизация и матрешечная структура. Вся история звездно-галактической фазы космической эволюции – это, по сути, история формирования различных структур разного размера и объединение этих структур в более крупные. При этом налицо способность объектов к самоорганизации на всех стадиях общей и индивидуальной эволюции (см. выше). Стоит, например, выгореть значительной части топлива, как звезда переструктурируется, в результате чего может продолжать светить.

Очень важно, что структурирование идет не только среди звезд и галактик, но и среди молекулярных облаков. Последние можно рассматривать как параллельную ветвь эволюции. Параллельность

в эволюции играет большую роль, резко повышая возможности перехода к новому и создавая поле контактов между разными линиями эволюции (см. об этом ниже).

Гигантские молекулярные облака, как правило, имеют сложную «матрешечную» структуру, когда мелкие и плотные конденсации вложены в более крупные и разреженные (см.: Суркова 2005: 48). Матрешечная структура (существенно напоминающая фрактальную) характерна и для более высоких ступеней эволюции. Так, более мелкие коллективы стадных и социальных животных, которые являются частью более крупных, повторяют в основных чертах структуру крупного объединения. То же можно сказать и о социальной эволюции, в частности для образований, которые не являются централизованными, например о племенного типа объединениях. Составные части последних (линиджи, роды, субплемена) в меньшем масштабе повторяют структуру (и принцип структурирования) племени. Поэтому племена могут относительно легко разделяться и собираться при необходимости. То же характерно для объединений представителей фауны (стай, стад). Впрочем, и в децентрализованных государствах самостоятельные политики стремятся повторить структуру центральной.

4. Объект, среда, соперничество – система развития и самосохранения

1) *Структура-среда*. Многоступенчатые системы (галактика – скопление – сверхскопление галактик) для таких объектов, как звезды, играют роль системы более высокого ранга и одновременно создают окружающую среду, оказывающую на объект огромное влияние. При этом получается, что объект взаимодействует с ближайшей внешней средой (например, с соседними звездами) непосредственно, а с удаленной – через более высокие уровни систем, в которые входит. В космической эволюции роль среды в целом ниже, чем на иных уровнях эволюции, но тем не менее она высока. Например, очень велика роль ближайшего окружения в системе близко расположенных двойных, тройных и более многочисленных звезд. В целом же одиночные звезды разделены большими расстояниями и потому сталкиваются между собой крайне редко – разве что в центре галактик, где плотность звезд существенно выше. Там возможно одно столкновение за миллион лет (Шкловский 1987: гл. 1). Для галактики влияние соседних

галактик может оказаться роковым, если оно приводит к поглощению небольших галактик. Взрыв звезды на близком расстоянии от облаков может, как мы видели, стать причиной интенсивного звездообразования. Огромна роль внешней среды для планет, важнейшей частью этой среды будут особенности звезды и ближайших планет, равно как и влияние спутников, а также опасность столкновений. При описании истории Солнечной системы и Земли мы более подробно остановимся на этих аспектах влияния среды.

Прежде считалось, что наличие планетной системы – достаточно редкое свойство звезд. Но анализ последних данных говорит о том, что оно не столь редкое, как представлялось. В настоящее время существование планет надежно подтверждено прямыми наблюдениями. Уже на начало 2006 г. удалось доказать наличие планетных систем более чем у ста звезд в нашем ближайшем окружении (Савченко, Смагин 2006: 246). В последние годы дополнительно открыто огромное количество планет и планетных систем. Только число надежно открытых планет превышает одну тысячу, а кандидатов – около двадцати тысяч. Судя по всему, планеты есть практически у всех звезд класса F (немного тяжелее Солнца) и более легких, вплоть до самых мелких красных карликов. При этом планеты земного типа вовсе не редкость. Интересно отметить, что типы планетных систем настолько разнообразны, что невозможно ввести понятие типичной планетной системы. Таким образом, они ждут будущего систематизирования. Но пока требуется накопление данных.

По мере развития той или иной формы эволюции собственные ее законы и собственная ее среда начинают оказывать все большее влияние на развитие ее объектов и субъектов. Например, на биологические существа оказывают влияние как неживая природа, так и окружение живых организмов. Причем в сложной экологической среде именно внутривидовая или межвидовая конкуренция может быть сильнее влияния остальной природы, а в сложной социальной среде влияние на отдельных людей или отдельные общества со стороны социального окружения будет сильнее, чем влияние природы (хотя в обществах присваивающего характера роль воздействия природной среды на людей заметно выше).

Таким образом, с образованием звездно-галактической структуры Вселенной появляются макрообъекты, которые начинают полномасштабно взаимодействовать со средой, на многие порядки превышающей их по размерам.

2) *Формирование эволюционных движущих сил развития и «преадапций» как точек будущего роста эволюции.* Таким образом, с образованием звездно-галактической структуры Вселенной появляются макрообъекты, которые начинают полномасштабно взаимодействовать со средой, на многие порядки превышающей их по размерам. В эволюционной теории взаимодействие системы со средой изначально считалось важнейшей движущей силой развития, в результате которой система (объект, организм) подстраивалась под изменения среды и его реакции могли приводить к качественным изменениям. Очень наглядно это было представлено в наивной теории Ламарка, согласно которой «упражнения» животных приводили к изменению их фенотипа, а далее наследовались, но не менее сильно – в теории естественного отбора Дарвина (именно среда отбирает полезные свойства), а также и социального отбора, вытекавшего из теории Г. Спенсера и так называемых социал-дарвинистов. Изучение космической эволюции говорит о том, что такого рода эволюционные силы (хотя и с меньшим по степени влияния на «прогресс» эффектом) появляются уже на этой фазе эволюции. Разумеется, эволюционные изменения опосредуются влиянием физических или химических сил, но они налицо.

Также точки будущего роста эволюции могут присутствовать в виде преадапций. Таково, например, появление органических химических соединений в облаках молекулярного газа. В принципе такого рода сложные соединения для космической эволюции значат мало, но они находятся «в резерве» развития. Интересно, что именно особого рода структура таких облаков, которые защищают молекулы от космического излучения, делает возможным их существование. Другими словами, для преадапций нужны особые условия. Преадаптации в биологии часто возникают в особой среде. Так, предполагается, что преобразование плавников у кистеперых рыб, от которых произошли земноводные, в примитивные лапы происходило в условиях мелководий, часто пересыхающих.

«Борьба» за сохранение форм. Важно отметить, что звезды, галактики и планеты (а равно и другие космические тела) имеют определенную, достаточно структурированную и сохраняемую форму. «Борьба» за сохранение этих форм, способность жить и светить, использование различных оболочек для того, чтобы минимизировать потери энергии и т. п., приводит к хотя и медленному, но очевидному эволюционному развитию. Именно таким образом меняется атомный состав Вселенной, растет многообразие вариаций существования материи и вещества. Взаимный переход вещества в атомное (в горячих телах) или в молекулярное (в остывших структурах, в частности в облаках газа и на внешних оболочках звезд) и обратно при формировании из гигантских облаков звезд – ярчайшее проявление такого рода эволюции, подготовка к формированию ее биохимической и биологической форм.

3) *Стремление к самосохранению и истоки борьбы за ресурсы.* Появление стремящихся сохраниться структур, с одной стороны, создает широкую палитру взаимодействий системы и внешней среды, с другой – обеспечивает базу для «находок» эволюции и ее продвижения вперед.

В. А. Геодакян связывает стремление к самосохранению с условным понятием «цели» системы. Знание «цели» системы, по его мнению, сильно облегчает объяснение и предсказание поведения системы. Цель четко выступает в поведении управляемых, регулируемых или адаптивных систем, но она может быть определена и для всех других. Разница в поведении систем, имеющих одинаковую цель, сводится к разным способам ее достижения. Это важно при выявлении общих закономерностей. Пока мы не знали о законе гравитации, трудно было видеть общее в поведении таких различных систем, как качающийся маятник, текущая река, вращающиеся вокруг Солнца планеты. Но когда узнали, что в основе их поведения лежит одна и та же цель – минимум гравитационного потенциала, – поведение этих систем стало легко объяснимо как реализация одной цели разными путями. Таким образом, если мы ищем сходство между разными системами, то необходимо искать и формулировать общие цели для возможно более широкого круга систем. Такой обобщенной единой целью для всех систем может служить, например, сохранение себя во

времени. Действительно, такую цель можно признать и у кристалла алмаза, который «стремится» сохранить себя, противопоставляя разрушающим факторам среды свою твердость, и у живого организма, который ту же цель достигает размножением (Геодакян 2013: 265).

Таким образом, этот эволюционный парадокс – *борьба за самосохранение есть важнейший источник развития* – виден у звезд и других объектов в полной мере. Но космическая эволюция демонстрирует и появление той движущей силы, которая станет очень важной в биологической эволюции и едва ли не важнейшей в социальной. А именно борьбу за ресурсы, которую мы видим в разных вариантах, например в системе двойных звезд (см.: Липунов 2008) или в поглощениях, приводящих к росту структур. В частности галактики в группах и скоплениях порой сталкиваются между собой, «сдирая» с внешних оболочек звезды. Могут быть случаи, когда столкновение двух галактик приводит в итоге к образованию новой, большей по размеру галактики. Иногда рисуются очень образные картины борьбы за ресурсы, например, что большие галактики «пожирают» маленькие, тем самым занимаясь «каннибализмом» и т. п. (Хван 2008: 305). Мало того, некоторые астрономы даже считают, что наш Млечный путь за миллиарды лет «захватил, разграбил и покорила» сотни мелких галактик, поскольку в нашей галактике наблюдаются явные «переселенцы», и среди них вторая по блеску звезда на северном небе Арктур (Гибсон, Ибата 2007: 30). Довольно часто пишут о том, что появление или расширение черной дыры рядом со звездами и галактиками может вести к тому, что черные дыры станут «пожирать» вещество близлежащих звезд или галактик. Правда, «пожирательная способность» черных дыр в популярной литературе сильно преувеличена, что вполне простительно – очень уж экзотические объекты эти черные дыры. Так или иначе, даже в звездно-галактическом мире борьба за ресурсы может идти в форме ослабления или уничтожения другого объекта

(в виде, например, прямого переноса энергии и вещества от одного тела к другому, то есть аккреции) или в форме «инкорпорации», «пленения», то есть присоединения звезд и групп звезд к более крупной группе. В системах двойных звезд или в звездно-

планетных системах может быть и такая форма взаимодействия, как обмен энергией и ресурсами.

Внешние факторы как триггеры изменений играют большую роль, например прохождение близко от гигантских молекулярных облаков крупного космического тела, взрыв звезды и т. п. могут начать процесс образования звезд и галактик (то есть стать триггером сгущения газа). Столкновения небесных тел могут создавать новые тела: так, предполагается, что столкновение крупного объекта с Землей создало Луну.

5. Многолинейность. Одним из важнейших свойств эволюции является многолинейность. К сожалению, о нем говорят недостаточно, традиционно пытаюсь свести все развитие к одной линии – именно той, которая реализовалась в итоге длительного и сложного синтеза. *Но на каждом этапе развития эволюции сосуществуют несколько ее линий, которые с точки зрения ретроспективы имеют разное будущее.* Иными словами, наряду с главной линией эволюции всегда имеется большее или меньшее число дополнительных. Они позволяют, во-первых, увеличивать разнообразие, во-вторых, сильно расширять фронт поиска возможностей перехода к новым уровням развития, в-третьих, обязательно частично интегрируются в общий эволюционный поток, подготавливая или обогащая главную линию. Нередко имеет место сосуществование двух или более равноправных линий развития, соединение которых впоследствии дает качественный рывок и синергетический эффект. Разные линии развития также могут переходить друг в друга. Мы много писали на эту тему в отношении социальной эволюции (см., например: Гринин 2011а; 2011б; Коротаяев и др. 2012).

1) *Классические формы и их аналоги.* Если рассматривать главную и дополнительные линии эволюции в двух проекциях: 1) горизонтальной, то есть по уровню сложности и функционалу, 2) вертикальной, то есть по тому, какой вариант реализовался в будущем, на более высоких этапах эволюции, то можно говорить о классическом варианте и его аналогах. Так, аналогами многоклеточности служили различные формы объединения и специализации одноклеточных (см.: Еськов 2006), аналогами государства – различные негосударственные, но сложные политии (см. подробнее: Гринин 2011а). Классические варианты и аналоги могут взаимно переходить друг в друга, но, как правило, скорее

аналоги переходят в классические формы, чем наоборот (последний случай можно рассматривать либо как прямой регресс, либо как вынужденное приспособление к резко изменившимся условиям)¹⁷.

2) *Звезды и молекулярные облака: две параллельные формы существования космической материи.* В этом аспекте мы можем рассматривать звезды и галактики как основную линию эволюции, а гигантские облака – как латеральную, первые как классические формы, а вторые – как их аналоги. В самом деле, с одной стороны, как мы видели, из гигантских молекулярных облаков образуются галактики и звезды. С другой стороны, по гравитации и даже структурной сложности эти облака, как мы видели, не уступают звездам и галактикам¹⁸, а также способны участвовать в обмене энергией, концентрироваться и т. п. Они превосходят звезды и по уровню организации элементарных частиц, так как в облаках сосредоточены молекулы, а в звездах – в основном элементарные частицы и ядра атомов¹⁹. Кроме того, звезды при потере вещества, сбросе оболочек и при взрыве в итоге переходят в газопылевое состояние, то есть в межзвездный газ, который опять собирается в молекулярные облака.

«Два основных населения, две формы вещества известны нам сейчас в Галактике: звезды и межзвездная газопылевая среда. Они находятся в постоянном взаимодействии, постоянно обмениваются веществом и энергией. Большая часть современной астрофизики так или иначе посвящена изучению именно этих процессов» (Сурдин, Ламзин 1992). В данной цитате объединены облака и межзвездный газ. Однако с точки зрения эволюции думается, что бесструктурный межзвездный газ – более низкое состояние вещества, чем облака, которое при концентрации формируется в два вида структуры: звезды или газопылевые облака.

6. Формирование разных линий эволюции на элементарном уровне

¹⁷ Так в сложных экологических условиях, например, полупустынь и пустынь, централизованные формы политий – крупные вожества и ранние государства – могут распадаться на систему взаимодействующих обществ и политий, но без централизации (см. подробнее: Grinin, Korotayev 2009; 2011; Коротаев 2000).

¹⁸ На разных уровнях обобщения соответственно облака одного размера есть аналоги звезд, а большего размера – галактик.

¹⁹ Только в периферийных внешних слоях некоторых звезд, там, где сравнительно невысокие температуры, также могут быть молекулы.

1) *Астрофизическая и астрохимическая эволюция.* До сих пор мы в основном говорили о космофизической эволюции и о действии физических сил, как четырех базовых взаимодействий²⁰, так и иных, например давления. Однако с самого начала развития Вселенной, как только температуры достигли уровня в сотни градусов, параллельно начиналась и химическая эволюция. Химическая эволюция шла, конечно, и в звездах по мере выработки там все более тяжелых элементов. Однако это была, так сказать, только база для развития химической эволюции, ведь химия – это прежде всего реакции, в результате которых образуются новые вещества из разных элементов. А это происходило в основном в газопылевых облаках, где формировались молекулы. По количеству преобладали в основном молекулы водорода, однако образовывались также молекулы воды и целого ряда других веществ. Химическая эволюция шла также на планетах (где она сочеталась с геологической, точнее, планетарной эволюцией), и на малых небесных телах (метеоритах, астероидах и прочих). При этом на планетах, там, где за счет вулканизма, давления и других геологических процессов температуры могли быть достаточно высокими, химизм был существенно иной, чем в холодных облаках.

2) *Место химической эволюции в космической эволюции.* Диалектический материализм вслед за Ф. Энгельсом (в его «Диалектике природы») учил (и в целом с этим можно согласиться), что химическая форма организации материи эволюционно выше физической. Однако в отличие от биологической или социальной форм, которые с самого появления знаменовали собой принципиально более высокую форму организации материи, химическая форма, возникнув в довольно скором времени после физической, очень долго не была эволюционно более высокой. То же можно сказать и о геологической, возникшей на планетах очень давно, но ставшей более высокой только после создания в результате нее условий, подходящих для жизни. Нельзя сказать, что химическая эволюция была малозначимой в рамках общей космической эволюции, однако, по крайней мере, до формирования Земли физическую и химическую формы организации материи нужно рассматривать как равнозначные, переходящие друг в друга (см. также: Добротин

²⁰ Сильного, слабого, электромагнитного, гравитационного.

1983: 89)²¹. Химическая форма во многом выступала как преадаптация для новых уровней эволюции. Напомним, что преадаптации (в биологии) обозначают ситуацию, при которой данные достижения не играют важной роли в целом (не беря во внимание конкретный организм) в той обстановке, в которой они возникли. Но без них в определенный момент оказывается невозможным совершить рывок.

В итоге на определенном эволюционном повороте формы, имеющие эти преадаптации, оказываются в колоссальном выигрыше и становятся эволюционно более высокими или ведущими. Они могут дать импульс для образования новых таксонов и занятия новых экологических ниш. В рамках Большой истории принцип «преадаптации» заключается в том, что на том уровне эволюции, на котором «преадаптации» возникли, они в целом не играют важной роли, но зато на новом эволюционном уровне эти «инновации» дают импульс для развития эволюции в целом²².

3) *Органическая преадаптация эволюции*. В еще большей мере преадаптацией можно считать возникновение органических молекул. Процессы формирования молекул, в том числе органических веществ (в частности, в среде газопылевых облаков) уже достигли определенного уровня сложности. В космосе обнаружено более ста молекул органических веществ (в том числе 9–13 атомных), среди которых есть даже такое вещество, как этиловый спирт (см.: Сурдин, Ламзин 1992; Шкловский 1984). Преадаптационность проявляется и в том, что в газопылевых облаках проходят химические реакции особого типа, то есть реакции происходят «не обычным образом, а путем квантовомеханического подбарьерного перехода, для которого участникам реакции не требуется большой кинетической энергии» (Сурдин, Ламзин 1992). Иными словами, многолинейность проявляется и в том, что классические химические реакции (которые уже могли идти на отдельных планетах) имеют свои аналоги.

²¹ В любом случае важно указать, что химическая эволюция галактики вследствие термоядерных реакций идет в одном направлении – от простых элементов к сложным (Сурдин, Ламзин 1992). Это и вообще свойство эволюции.

²² Подробнее о преадаптациях в рамках мегаэволюции см.: Grinin, Korotayev, Markov 2012.

В итоге многолинейность эволюции далее реализуется в синтез достижений разных ее линий (химической и геологической), как это произошло на Земле, что дало возможность перейти на новый эволюционный уровень.

5.4. Развилка мегаэволюции и продолжение космической эволюции

Далее основное наше внимание будет уделено переходу на новый этап эволюции, связанный с образованием около 4,6–4,7 млрд лет назад Солнечной системы, Земли, эволюции последней и жизни на Земле. Однако это совершенно не означает, что космическая эволюция прекратилась. Напротив, основная масса сведений, которыми располагают астрономы, астрофизики и космологи, связана с последними периодами истории Вселенной. Мы больше всего знаем о ближайших к нам молодых звездах и молодых частях галактик, ведь они наиболее яркие. Так, уже упоминалось, что ярчайшая звезда серверного полушария Вега (созвездие Лиры), которая, возможно, имеет планетную систему, возникла примерно 300 млн лет назад (Шкловский 1984: 8), то есть в новейший период космической эволюции. Все описанные и огромное множество неописанных процессов продолжают во Вселенной. В частности, центр нашей галактики был сформирован не так давно и продолжает меняться. Время от времени вспыхивают сверхновые. Одну из них зафиксировали китайские хронисты в XI в. н. э. (1054 г.). По предположениям, в результате этой катастрофы из остатков звезды образовалась так называемая Крабовидная туманность.

Из наблюдаемой скорости расплывания Крабовидной туманности следует, что приблизительно 900 лет назад вся она была сосредоточена в очень малом объеме. В сочетании с тем, что Крабовидная туманность находится как раз в той области неба, где некогда вспыхнула удивительная «звезда-гостья», наблюдаемая скорость расширения доказывает, что эта туманность не что иное, как остаток грандиозной космической катастрофы – вспышки сверхновой, которая произошла в 1054 г. Тут и там по небу разбросаны и другие удивительные, характерной формы туманности – остатки некогда вспыхивавших в нашей звездной системе сверхновых. Все они (за немногими исключениями) «старше» Крабовидной. Так, возраст некоторых исчисляется несколькими десятками тысячелетий (Шкловский 1987: гл.

1). В некоторых туманностях, в том числе и в Крабовидной, обнаружены пульсары, то есть быстро вращающиеся нейтронные звезды. Они образовались в результате все тех же взрывов сверхновых (Шкловский 1987: гл. 4)

Таким образом, в нашей Галактике и Местной группе произошло в последние несколько миллиардов лет и произойдет в ближайшие миллиарды масса событий. В частности есть предположения, что две галактики нашей Местной группы, а именно Млечный Путь и галактика Андромеды в результате постоянного сближения со скоростью 300 км/с могут столкнуться через три миллиарда лет (см.: Мэй и др. 2007: 140)²³.

Вселенная продолжает расширяться. В ней накапливается все больше тяжелых элементов. Так, например, известный радиоисточник Кассиопея А – самый мощный объект своего класса, являющийся остатком взрыва сверхновой, вспыхнувшей около 1680 г. – содержит достаточно пыли для образования десяти тысяч таких планет, как Земля. Выходит, что при взрыве звезды в космос было выброшено весьма значительное количество тяжелого вещества – не менее 3 % массы Солнца (Громов 2012).

Как мы уже говорили, «большие неприятности» гарантированы звезде в случае, если ее масса превышает 70 солнечных. К примеру, звезда эта Киля находится на грани устойчивости и погружена в туманность, состоящую из вещества, выброшенного звездой при вспышке. Как видим, чрезмерно массивная звезда пытается как-то подстроить свою структуру под «общий стандарт», избавляясь от излишков вещества. Кстати, Эта Киля – вероятный кандидат в сверхновые. Не исключено, что она взорвется в течение ближайших одной-двух тысяч лет (Громов 2012).

Постоянно какое-то количество звезд из главной последовательности переходит в стадию красных гигантов. Подобные звезды широко известны, скажем, красный Альдебаран в созвездии Тельца – типичный красный гигант (Громов 2012). А

²³ Впрочем, одни гипотезы противоречат другим или сменяют их, что неудивительно, поскольку так должно быть в науке. Вот что по этому поводу пишет Кристиан Конселис: «Еще несколько лет назад исследователи считали, что соседние с нами галактики, известные как Местная группа, то есть Млечный Путь и его ближайшая соседка Туманность Андромеды со всеми своими спутниками, должны упасть на соседнее скопление в Деве (*Virgo*). Но сейчас представляется, что нам удастся избежать такой судьбы, и наша планета не станет частью большого скопления галактик. Дело в том, что темная энергия увеличивает расстояние между Землей и скоплением в Деве быстрее, чем местная группа движется туда» (Конселис 2007: 27–29). Как бы то ни было, какие-то изменения в галактиках произойдут.

красные гиганты становятся белыми карликами. Ежегодно несколько звезд умирают и рождаются из газопылевых туманностей в каждой из молодых галактик, где звездообразование идет полным ходом. Образовываются рассеянные скопления звезд (а звезды обычно рождаются такими скоплениями), подобно одному из самых известных созвездий – Плеяды, семь звезд которых хорошо видны невооруженным глазом, образуя фигуру в виде маленького ковшика. На самом деле там не менее 300 звезд, погруженных в отражательную туманность, не имеющую генетической связи со скоплением. Плеяды, имея возраст около 100 млн лет, еще остаются довольно компактными, но с течением времени постепенно расходятся, как разошлись звезды созвездия Волосы Вероники, когда-то располагавшиеся гораздо теснее друг к другу. Их уже никто не называет скоплением, слишком уж далеко они разошлись в пространстве (Громов 2012).

Образуются черные дыры или объекты, за них принимаемые, таков, например, первый кандидат в черные дыры в системе Лебедь X-1, образовавшийся в нашу эпоху. Гигантские черные дыры в центрах галактик захватывают вещество и пожирают соседей. Галактики сталкиваются, распадаются и укрупняются. Формируются миллионы различных горячих и холодных космических тел: кометы, метеоры, спутники, планеты и т. п. Образуются новые скопления галактик. Звезды, галактики, их скопления совершают свои орбитальные путешествия в течение миллионов, десятков и сотен миллионов лет. При этом конфигурация их в космосе претерпевает изменения.

Сегодня мало известна история звездно-галактической фазы Вселенной. Слабо представляется и история нашей галактики. Тем не менее, отдельные эпизоды проясняются, либо, по крайней мере, появляются обоснованные гипотезы, основанные на астрономических наблюдениях. Так, основываясь на поведении и движении целого ряда звезд в нашей галактике, астрономы пришли к выводу, что на протяжении своей истории наш Млечный путь присоединил и разрушил (разорвал) сотни мелких галактик, в результате чего их звезды затерялись среди остальных, хотя некоторые из них еще движутся таким образом, что выдают свое инородное происхождение. Агония одной из таких галактик в Стрельце длилась несколько миллиардов лет, и сейчас это рыхлое

тело находится на последней стадии разрушения. Ее звезды рассеиваются по Галактике. Генетическая связь между ними пока еще заметна (они движутся в виде потока), но постепенно будет потеряна, и астрономы будущего не смогут отличить их от коренных «жителей» Галактики (см.: Гибсон, Ибата 2007: 32). Этот поток в Стрельце был обнаружен в 1994 г. Группа содержит примерно 100 млн звезд и соединяется с эллиптической карликовой галактикой в Стрельце – одной из 15–20 мини-галактик, обращающихся вокруг Млечного Пути точно так же, как спутники движутся вокруг планет (Там же). Данный фрагмент свидетельствует о сложности структуры галактик.

Так устанавливаются отдельные ниточки связи между прошлым и будущим космоса. Есть даже надежда, что когда-нибудь мы найдем «родных братьев и сестер» Солнца – звезды, родившиеся в том же облаке, что и наше светило, но теперь разбросанные по всей Галактике (Там же). Таким образом, наша галактика постоянно растет, хотя в прошлом темпы этого роста были выше, чем сегодня. Наблюдения за инкорпорированными звездами в нашей галактике приводят и к гипотезам о происхождении галактик в целом. «Раньше астрономы считали, что все галактики сформировались из слабых уплотнений в почти однородной юной Вселенной, а затем, еще на раннем этапе, пережили бурный рост и быстро обрели нынешнюю форму. Сегодня, отчасти основываясь на наблюдении звездных потоков, ученые считают, что только карликовые галактики (массой до миллиарда масс Солнца) прошли через фазу быстрого формирования, а такие крупные, как Млечный Путь (примерно один триллион масс Солнца), сформировались позже путем аккреции и постепенного слияния с карликовыми галактиками» (Там же: 33). Разумеется, истинная картина происхождения галактик только формируется, но уже понятно, что она может быть создана только вместе с историей отдельных галактик и Вселенной в целом.

Итак, космическая эволюция продолжается. И вовсе не исключено (и хочется на это надеяться), что там, где зарождается и продолжается жизнь, были сформированы или формируются новые эволюционные развилки, которые могут стать даже важнее земной.

Следующая часть будет посвящена истории Солнечной системы, химической и геологической эволюции. Но некоторым

вопросам, рассмотренным в первой части первой книги, будет уделено дополнительное внимание во второй ее части.