

Вместо заключения. О нерешенных проблемах и самоорганизации

1. О нерешенных проблемах в космологии Солнечной системы

В этой книге мы много говорили о различных спорных аспектах и нерешенных проблемах. Особенно их много относительно процессов, которые привели к образованию планет и других тел в Солнечной системе, а также механизмов формирования этих тел (см., например: Ксанфомалити 1997: 5). Поэтому завершить книгу стоит упоминанием некоторых проблем, которые длительное время стоят перед космологами, но остаются нерешенными. Их нужно решать в рамках любой более или менее цельной концепции эволюции Солнечной системы. В частности, существует загадка момента количества движения, который почти весь сосредоточен почему-то в планетах и других малых телах (98 % количества движения Солнечной системы)¹⁰⁵. А на Солнце приходится всего 2 % этой величины, хотя масса Солнца составляет более 99 % всей массы Солнечной системы (Язев 2011: 347–48).

Если момент вращения отнести к единице массы, введя, таким образом, удельный угловой момент, то различие получится в 50 тыс. раз: обладая малой суммарной массой, планеты и другие малые тела обладают огромным угловым моментом. Это факт требует объяснения (Там же).

И. С. Шкловский (1987: гл. 10) дает весьма любопытный комментарий к проблеме момента количества движения. Рассмотрим следующий мысленный эксперимент, предлагает он. Что было бы, если бы все планеты Солнечной системы слились с Солнцем? Так как в изолированной системе момент количества движения должен сохраниться, а масса всех планет ничтожно мала по сравнению с массой Солнца, то Солнце с необходимостью должно было бы вращаться с эк-

¹⁰⁵ Момент количества движения может быть определен как «запас вращения» системы. Это вращение складывается из орбитального движения планет и вращения вокруг своих осей Солнца и планет (Шкловский 1987).

ваториальной скоростью, в 50 раз большей, чем сейчас (так как его вращательный момент должен был бы увеличиться с 2 до 100 % полного момента количества движения Солнечной системы – *поскольку существует закон сохранения количества движения*). Следовательно, экваториальная скорость вращения Солнца стала бы близкой к 100 км/с. Но это как раз нормальная скорость вращения звезд, более массивных и горячих, чем F5. Напрашивается важный вывод: скорость вращения Солнца, которая когда-то была довольно высокой, резко уменьшается (в 50 раз) благодаря тому, что основная часть момента количества движения была передана планетам.

Кроме того, в рамках теории происхождения Солнечной системы необходимо объяснить, почему орбиты всех крупных планет, мало отличающиеся от круговых, лежат практически в одной плоскости, близкой к экваториальной плоскости Солнца? Почему имеется такой вовсе не случайный набор значений радиусов орбит крупных планет?¹⁰⁶ Далее, Земля, Солнце и большинство иных тел вращаются вокруг своей оси против часовой стрелки; планеты вокруг Солнца и спутники вокруг планет – тоже. Значит, положительные и отрицательные МКД (момент количества движения) всех тел, составляющих Солнечную систему, не уравниваются между собой; суммарный МКД этой системы очень велик, и необходимо выяснить его происхождение (Шевченко 2014: 66).

Существует и ряд других сложных фактов и закономерностей Солнечной системы, которые требуют объяснения в рамках общей теории (а не только каждый по отдельности). Это касается различия химического состава Солнца и планет, а также планет между собой, планет и спутников, например Земли и Луны и т. д. (о чем мы уже говорили выше). Это касается также того факта, что обращение планет вокруг Солнца, а для большинства планет и вращение вокруг своих осей осуществляется в одном направлении с вращением Солнца, однако есть важные исключения, например Венера (см. *Главу 8*). Кроме того, хотя большинство спутников планет вращается в том же направлении, что и их планеты, здесь также

¹⁰⁶ Это соотношение описывается эмпирическим правилом Тициуса – Боде.

имеются исключения. Есть и много других нерешенных проблем (см. также: Витязев и др. 1990: 5–6; Язев 2011: 346–350).

2. О самоорганизации, хаосе и порядке в эволюционном аспекте

Завершить книгу хотелось бы гимном самоорганизации, процессу, благодаря которому из хаоса формируется порядок. Самоорганизация, как известно, одно из ключевых понятий кибернетики и синергетики, введенное еще основоположниками этих наук У. Эшби (1959; 1966; 1969; Ashby 1962) и Г. Хакеном (1980; 1985). По Хакену, «самоорганизация – это процесс упорядочения в открытой системе, за счет согласованного взаимодействия множества составляющих ее элементов» (Хакен 1980: 348). Это понятие часто применяют в широком значении, говоря, например, о самоорганизации биосферы или общества (Моисеев 2001). Но в узком смысле слова самоорганизация – это прежде всего процесс спонтанного возникновения порядка и организации, и понятно, что она характерна для систем только в определенных условиях.

Напомним: абсолютное большинство космологов считают, что Солнце и планеты сформировались из единого облака. Это значит, что Солнечная система образовалась именно как система целиком! С точки зрения эволюции это показывает, что системность помогает наиболее эффективному энергетическому функционированию, а способ последнего обнаруживается в процессе самоорганизации и самосохранения материи*.

Самоорганизация, саморегуляция и ход эволюции. Самоорганизацию можно рассматривать как одну из фаз эволюционных процессов. С одной стороны, как завершение определенного процесса, в результате которого из хаотичного состояния возникает некий объект или система, с другой – как начало нового эволюционного витка, в результате которого одно состояние сменяется другим, иногда качественно более высоким. Иными словами, смена состояний беспорядка и порядка, дестабилизация нового порядка в результате каких-то новых факторов или процессов и переход к новому порядку – это важный алгоритм эволюционных процессов. В то же время такой путь способен приводить, в конце концов, к нахождению достаточно длительной и устойчивой системы по-

рядка. В этом случае эволюция замедляется, поскольку системы переходят в режим саморегуляции, который позволяет им сохранять свою структуру. Несомненно, что самоорганизация и саморегуляция – тесно связанные процессы.

Процессы самоорганизации в известной мере можно рассматривать как одну из начальных форм саморегуляции и в то же время самую распространенную во Вселенной. При этом постепенно способность к самосохранению за счет более эффективных механизмов саморегуляции возрастала. В частности, по мере накопления во Вселенной более сложных и тяжелых химических элементов способность звезд к саморегуляции росла, а вместе с появлением новой генерации звезд увеличилась и продолжительность существования этих систем (подробнее см.: Гринин А. Л. 2016б; Гринин Л. Е. 2013). Мы также видели, что по мере того как протопланеты подобрали «бесхозные» куски вещества (планетезимали) и газ, молодые планеты нашли свои наиболее стабильные орбиты, сформировались и смогли создать с помощью конвекции свою структуру, процессы саморегуляции включились на полную мощность*. В результате в Солнечной системе установился в целом тот порядок, который мы наблюдаем и сегодня. Однако эволюция в ней, конечно, не исчезает, она просто замедляет свои процессы на одном уровне. Именно это позволяет ей переходить на другие уровни (в данном случае планетологические/геологические, биологические и социальные). Таким образом, смена чередования хаоса и порядка и переход к саморегуляции на одном уровне может означать, условно говоря, затишье на одном фронте эволюции и переход к ее наступлению – на другом*.

Хаос – понятие достаточно широкое, в частности различают хаос динамический, то есть на микроскопическом уровне, и диссипативный – на макроскопическом. «“Хаос” и “материя” – понятия, тесно взаимосвязанные..., – писали И. Пригожин и И. Стенгерс (2005: 209), – хаос и материя вступают во взаимосвязь еще и на космологическом фронте, т. к. самый процесс обретения материей физического бытия... связан с хаосом и неустойчивостью».

Отметим попутно также очень важное понятие, связанное с рассматриваемыми нами ситуациями хаоса, порядка, перехода в новое состояние, саморегуляции, эволюционных изменений и т. д. – понятие «равновесия системы». В част-

ности в теории синергетики исследуются состояния систем в зависимости от того, как далеко система находится от равновесия (см., например: Пригожин 2005).

Факторы и силы самоорганизации. Самоорганизация – очень распространенный процесс. Но для его запуска необходимо наличие каких-либо объединяющих сил в рамках той массы материи, которая должна упорядочиться. Напомним, кстати, что упорядоченная материя всегда более компактна и определенным образом сформирована. Очень интересно, что для самоорганизации не требуется большого количества «организаторов», то есть сил или правил. В принципе достаточно очень ограниченного их числа^{107*}. В космической эволюции нередко одна лишь гравитация задает параметры самоорганизации, ранжируя объекты, а вкупе с некоторыми другими силами и механизмами (как излучение, электромагнитные силы, конвекция, защитные оболочки и т. п.) определяет ход эволюционных процессов и формообразования объектов. Но, конечно, порядок могут задавать и другие силы, например вращение (впрочем, также связанное с гравитацией).

Вспомним, например, что в процессе быстрого вращения гигантского протопланетного диска в режиме его охлаждения происходила частичная сепарация (концентрация) веществ, различных по свойствам. Вещества диска подразделялись на тугоплавкие, образующие при охлаждении железосиликатную космическую пыль, и легкоплавкие, которые дольше оставались в газообразном состоянии. Они соединялись в молекулы, в ряду которых доминировали водородный (H_2) и водный (H_2O) компоненты. В режиме быстрого вращения диска происходило их разделение – водные компоненты отгонялись на его периферию, а водородные оставались в центральной части (Маракушев, Зиновьева 2013). Отметим также, что Пригожин и Стенгерс назвали тепло соперником гравитации (Пригожин, Стенгерс 2000: 97).

Напомним, что под действием организующих сил в дело включается и отбор. В биологической эволюции также в целом действует ограниченное количество сил и базовых принципов. В том числе это характерно и для ее социального вектора. В частности, иссле-

¹⁰⁷ В ряде случаев необходимо триггерное событие, которое нарушает неустойчивое или даже устойчивое равновесие и может выводить объект (систему) в новое состояние.

дование биосоциальных систем приводит к выводу, что благодаря самоорганизации сложные паттерны поведения могут возникать из очень простых поведенческих правил (Hemelrijk 2005: IX). Так, в отношении живых существ, в том числе людей, это может быть, например, потребность в объединении и совместной защите. Важную роль, конечно, играет и дарвиновский отбор, усиливающий формы объединения и системности на уровне видов, а также способы адаптации к изменяющимся условиям. Стремление к выживанию в сложных условиях, невозможность иначе ответить на вызовы природы или соседей издавна заставляли людей объединяться, при этом социальный отбор выявил наиболее эффективные и устойчивые формы таких объединений, как община, родовые коллективы, племена или государства. В рамках социальной жизни стремление улучшить условия труда или существования, необходимость ограничить произвол заставляли социальные слои организовываться в определенные формы: профессиональные объединения, политические организации и т. п.

Самоорганизация и «цели» системы. Можно даже говорить, конечно, очень условно, о том, что организующие объекты силы задают некоторую цель для системы. А это позволяет говорить об универсальных закономерностях и паттернах, в частности о *стремлении к самосохранению*^{108*}. 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. Такую цель (то есть сохранение себя во времени) можно признать и у кристалла алмаза, который «стремится» сохранить себя, противопоставляя разрушающим факторам среды свою твердость, и у живого организма, который достигает той же цели размножением (Геодакян 2013: 264–65). В. А. Геодакян (2013) связывает стремление к самосохранению с условным понятием «цели» системы. Знание «цели» системы, по его мнению, значительно способствует объяснению и предсказанию ее поведения.

Далее он объясняет, что «цель» четко прослеживается в поведении управляемых, регулируемых или адаптивных систем, но она может быть определена и для всех других. Разница в поведении

¹⁰⁸ А стремление к самосохранению ведет к усилению саморегуляции.

систем, имеющих одинаковую «цель», сводится к разным способам ее достижения. Геодакян приводит следующий пример. И качающийся маятник, и текущая река, и вращающиеся вокруг Солнца планеты, и многое другое определяется гравитацией. И когда мы узнали, что в основе поведения этих систем и объектов лежит одна и та же «цель» – минимум гравитационного потенциала, поведение этих систем стало легкообъяснимо как реализация одной цели разными путями. Таким образом, добавляет Геодакян, если мы ищем сходство между разными системами, то необходимо искать и формулировать общие цели для возможно более широкого круга систем (Геодакян 2013: 264).

О циклах смены хаоса и порядка в эволюции Солнечной системы. В ходе космической (как и любой другой) эволюции мы найдем примеры триумфа самоорганизации бесструктурной материи. Вспомним некоторые фазы эволюции Солнечной системы и рассмотрим их в этом аспекте.

Упрощенно говоря, *формирующаяся Солнечная система пережила три таких цикла смены хаоса и порядка*, не считая аморфного порядка неструктурированного протосолнечного облака, который продолжался довольно долго*. *Первый цикл* был связан с коллапсом облака, когда в результате сжатия последнего и аккреции образовалось протосолнце, а остатки облака превратились в протопланетный диск, то есть установился какой-то промежуточный порядок. *Второй цикл* начался, когда этот порядок был нарушен фрагментацией диска и началом процесса превращения газообразного вещества в твердое. Возник длительный период турбулентного хаоса и ударно-гравитационной «войны» всех против всех, в течение которого множество объектов соперничали друг с другом за рост, ресурсы и выживание*. И только после аккумуляции образовавшегося вещества и газа протопланетами возник новый порядок в Солнечной системе, где помимо Солнца сформировались первичные планеты и их спутники. *Третий цикл* был связан с тем, что и данный порядок оказался неустойчивым. Начался период беспорядочных миграций, катастроф и уничтожений планет первого поколения, массовых «вымираний» оставшихся планетезималей и т. д.

И лишь после этого в нашей Солнечной системе сформировался более или менее устойчивый порядок.

Смена порядка и беспорядка, превращение последнего в порядок, вновь слом порядка перед переходом на новый уровень – неизбежная последовательность многих процессов¹⁰⁹. Как ни странно, формирование государственности весьма напоминает по типу образование Солнечной системы. Сначала перед нами масса варварских образований, которые в результате тех или иных процессов (войн, давления извне, возвышения короля, объединения против сильного соперника) превращаются в варварское государство. После его укрепления часто происходит (в связи со структурной слабостью) его фрагментация на отдельные феодальные территории, в которых наблюдается культурный подъем; эти территории обзаводятся столицами, дворами, прочими атрибутами. Одновременно начинаются усобицы и борьба за влияние в рамках раздробленных территорий. И только после длительного периода борьбы происходит новая централизация (при этом порой процессы идут по кругу).

3. О правиле редкости появления новых правил эволюции

В данной книге мы много раз говорили, что проявления эволюции исключительно разнообразны, но в этом многообразии можно найти немало сходств, причем в самых разных аспектах. Эволюция расточительна в своих «экспериментах» и часто не жалеет объекты, подверженные ей. Но важно отметить, что она довольно скупа в своих механизмах и паттернах. И хотя правил, механизмов и паттернов у нее немало, она всегда предпочитает использовать уже готовые, нежели изобретать новые¹¹⁰. Так, изобретение структуры с

¹⁰⁹ Кстати, добавим и о коллапсах. М. П. Хван (2008: 193–94) пишет, что коллапс под влиянием тяготения превращает материю, время и пространство из бесконечно большого в бесконечно малое. Коллапс в принципе во всех уровнях эволюции ведет к редукции, сокращению вещества и понижению сложности его организации. Не можем здесь с ним согласиться. Коллапс газопылевого облака не ведет к понижению сложности, поскольку практически сразу же начинается формирование новой структуры. Но если говорить о роли коллапса в эволюции, то, возможно, по мере роста уровня организации эта роль сокращается.

¹¹⁰ Например, хотя звезды и планеты – весьма разные структуры, несложно заметить, что в каком-то плане планеты проходят те же этапы формирования, что и Солнце (в частности, аккреция, образование ядра, возможно, гравитационный коллапс и другое).

основным телом в центре и периферийных тел, вращающихся вокруг него либо так или иначе соотносящихся с центром, стало использоваться в самых разных случаях. Изобретение клетки и ДНК позволило пользоваться этими готовыми блоками на всех уровнях жизни¹¹¹. То есть налицо *правило редкости появления новых правил эволюции*, каждое такое новое правило, новый паттерн связаны либо с особенностями заполнения эволюционных ниш, либо с появлением каких-то новых подуровней, уровней или блоков. И эта редкость создания новых правил и паттернов позволяет нам многое понять в основах единства нашего мира*.

* * *

На этом мы заканчиваем изложение ранней истории и эволюции Солнечной системы. Не потому, что не о чем больше писать, напротив, потому, что осталось слишком много, о чем следует сказать. Поэтому мы планируем выпустить еще одну книгу, в которой будут затронуты аспекты истории отдельных планет, особенности планет Солнечной системы и наши эволюционные идеи, связанные с ее историей в целом и историей ее отдельных тел.

¹¹¹ Здесь мы видим пример использования *правила эволюционной блочной сборки**, в результате которой уже опробованные блоки, подсистемы, «узлы» используются при формировании новых систем (организмов) в готовом виде, целиком. Такая «блочная сборка» резко ускоряет темпы эволюции (Гринин и др. 2008: 64). Одними из первых таких «блоков» стали атомы и молекулы, в известной мере такими «блоками» являлись сгустки молекулярных газопылевых облаков, из которых образуются звезды и планетезимали.