

ЧАСТЬ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СИЛЫ И ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ ЭВОЛЮЦИИ

Ядерные и гравитационные силы и их роль двигателя пред-химической эволюции

Представим себе самый примитивный ансамбль микрочастиц. Пусть это будет множество протонов и электронов, равномерно заполняющих пространство и движущихся в этом неограниченном пространстве. Такое множество можно считать упрощенной моделью первозданного состояния всего материального мира.

Данный воображаемый ансамбль частиц примитивен в том смысле, что любая из этих частиц, располагая персонально четырьмя степенями механической свободы (x , y , z и спин), может оказаться где угодно и двигаться куда угодно. Это даже не свобода, а сплошной хаос, вольница, в терминах художественной литературы. Самые слабые и наименее гибкие силы Природы это гравитационные силы (не знают отталкивания, только притяжение). Они способны собрать этот ансамбль в компактное образование, сжать. И сжать очень сильно, когда множество частиц окажутся вблизи друг друга в силу какой-то неустойчивости, неоднородности в первоначальном ансамбле.

Каждая частица ансамбля теряет часть своей свободы, теперь она не может находиться где угодно, хотя формально сохраняет свои четыре степени механической свободы. Принеся эту жертву всему ансамблю, частица приобретает реальную возможность столкнуться с другой частицей, обладая огромной скоростью теплового движения.

На этом этапе видно, что в игру вступили очень слабые универсальные гравитационные силы. Но никакого эволюционного процесса пока не просматривается, происходят лишь количественные изменения, – в гравитационном коллапсе меняется объем ансамбля и его температура. Эволюции противостоят другие силы, электрические. Одноименно заряженные протоны сталкиваются совершенно упруго из-за электрического отталкивания.

Однако при включении в такой сжатый ансамбль огромной массы вещества, скорости отдельных частиц дорастают до такого уровня, что два протона при столкновении преодолевают кулоновский барьер отталкивания и сближаются на расстояние порядка 10^{-13} см. На таком расстоянии в игру вступают очень мощные ядерные силы, против которых электрическое отталкивание уже выглядит слабым.

Случается катастрофический акт ядерного горения. Две частицы с их степенями свободы погибают, а возникает новая, более сложная ядерная частица. В данной микрокатастрофе мы наблюдаем смерть, гибель одной формы вещества, а также, одновременно, рождение новой формы вещества, наделенной новыми эволюционными возможностями. Протон, случайно поймав в сферу своего влияния электрон, был способен к образованию единственной более сложной частицы – атома водорода. (Да, это самое распространенное сложное вещество во Вселенной, способное эволюционировать лишь от атома до молекулы водорода). А вот новые, более сложные ядра, возникающие в пожаре гравитационного коллапса, уже способны эволюционировать до многочисленных изотопных форм известных и неизвестных еще химических элементов.

Обратим внимание на то, что даже в таких примитивных актах деструкции-конструкции Природа действует весьма экономно, бережно обращаясь с ценными эволюционными возможностями вещества. В процессе ядерного горения новые тяжелые ядра появляются не в результате столкновения одновременно десятков протонов. Ядерные реакции синтеза тяжелых ядер проходят в результате бомбардировки уже сложившихся многозарядных ядер сложными же ядрами. Это убедительно показано в экспериментах, которые проводятся на ускорителях многозарядных ионов. В Природе новые тяжелые ядра рождаются в звездах. Солнце с его невысокой по космологическим меркам температурой способно породить ядра гелия, не тяжелее. Более тяжелые ядра рождаются в недрах Сверхновых.

Присмотримся снова к примитивному ансамблю протонов и электронов, а затем к чуть более сложному ансамблю ядер средней массы в недрах Сверхновой. Попробуем сформулировать условия и возможности эволюции этих ансамблей. Мы убедимся, что условия эволюции, необходимые и достаточные, никак нельзя считать простыми. Действительно, одних сил гравитации недостаточно для ансамбля малой плотности. Нужно накопление больших масс вещества. А это в первоначальной картине мира обеспечивается особыми квантовыми закономерностями механического движения частиц. Если бы микрочастицы не проявляли вероятностный характер механического поведения, то в ансамбле малой плотности не могли бы возникать флуктуации плотности и, тем самым, гравитационные неустойчивости. Далее, надо преодолевать анти-эволюционное противодействие, всегда существующее в форме электрического отталкивания одноименно заряженных частиц. Такое преодоление, опять-таки, обеспечивают высокие скорости микрочастиц, развивающиеся в гравитационном коллапсе благодаря возникающим огромным температурам. Отсюда видно, что условия эволюции

рассмотренных примитивных систем отнюдь не примитивны. Но видна и потенциальная склонность этих систем к эволюции. Следовательно, ансамбль микрочастиц даже на такой примитивной стадии развития материи склонен к эволюции и снабжен Природой средствами реализации какой-то эволюции.

Обратим внимание на то, что и на таком большом качественном удалении от химической предбиологической эволюции, как в рассмотренном примере ядерной эволюции, наблюдается хорошее согласие с концепцией эволюции Галимова. Действительно, отдельные микрочастицы рассмотренных ансамблей теряют способность двигаться совершенно свободно и независимо. Частицы самопроизвольно ограничивают свою пространственную свободу. Войдя в состав сложных ядер, они вынуждены совершать лишь совместные движения. Происходит частичное упорядочение материальной системы.

Сделаем небольшое уточнение в плане терминологии. Входя в состав сложного ядра, протон не теряет ни одной из своих четырех степеней свободы. Эти степени свободы переходят во внутренние колебательные степени свободы ядерного вещества. Но при этом резко ограничиваются пространственные рамки существования ранее свободных микрочастиц. А проявления внутренних колебательных степеней свободы становятся малодоступными для наблюдения, если экспериментатор не вооружен высокоэнергичными средствами для зондирования внутренней структуры сложного ядра.

Заметим также, что нуклоны, объединяясь в ядре и порождая для себя качественно новые степени свободы, тем самым переходят от независимых движений к строго согласованным коллективным движениям, колебательным, происходящим в ограниченных пространственных пределах. С этим связаны и изменения в спектрах энергий этих микрочастиц. В свободном движении энергетический спектр частицы является сплошным, а в коллективе он становится дискретным. Это хорошо видно в экспериментах по рассеянию энергичных частиц на ядрах. В таких экспериментах наблюдаются резонансные явления.

Здесь имеется строгая и содержательная аналогия между ядерными и молекулярными колебательными состояниями. Нам известно, что колебательные состояния молекул имеют прямое отношение к процессам химической эволюции. Возможно, и внутриядерные колебания тоже играют какую-то роль в эволюции ядерного вещества.

Дополнения к концепции эволюции Э.М. Галимова

Концепция Галимова [2] такова. Сущность эволюции заключена во всё возрастающем упорядочении вещества. Механизм же упорядочения состоит в последовательном ограничении степеней свободы природных объектов.

Предлагаем первое дополнение к данной формулировке. Это дополнение носит описательный характер и основано на тех качественных и количественных результатах, которые накоплены в работах по молекулярному моделированию. В частности, строгая согласованность внутримолекулярных движений наглядно и предметно показывает проявления искомого закона движущих сил Эволюции. Но уже и на рассмотренном примере ядерной эволюции мы замечаем проявления следующей особенности эволюционного процесса.

Дополнение 1. Эволюция вещества как ансамбля микрочастиц состоит в такой перестройке характера движений частиц, которая приводит к постепенному приобретению ансамблем наследуемых новых свойств. Эти новые свойства отличаются большей сложностью. Но главное, что отличает эволюцию от движений в рамках стагнации либо революции, это приобретение ансамблем новых возможностей для дальнейшего усложнения, благоприятствующего дальнейшей эволюции.

В этом положении нет тавтологии. В биофизике, в отличие от физики, уже принято говорить не только о казуальности, управляющей химическими движениями вещества, но и о финализме, предполагающем цели движения и отбор средств достижения этих целей. Целью жизни как природного феномена является сама жизнь, ее самовоспроизведение. Целью эволюции является эволюция, то есть такое развитие механизмов и форм жизни, которое обеспечивает появление всё более сложных свойств живого вещества, обеспечивающих наилучшие средства достижения целей живого вещества. На том ограниченном отрезке времени, который отпущен Природой живому веществу в пределах Солнечной системы, цель жизни и ее эволюции состоит в появлении и развитии разума. Это единственный способ, которым Природа может познать самоё себя. И если в данной области Вселенной живое и мыслящее вещество обречено, в конце концов, на гибель, то это не трагедия. В какой-то другой области Вселенной эволюция вещества с неизбежностью приведет к возникновению и развитию жизни в тех же фундаментальных химических формах [2]. И Природа будет непрерывно познавать себя и свои возможности. То есть, эволюция ради эволюции это содержательный природный процесс.

Разобранный выше процесс ядерной эволюции позволяет подметить ещё одну особенность эволюции. Мы попытаемся доказать примерами из других ветвей развития материального мира, что эта особенность является универсальной.

Дополнение 2. Достижения эволюции, основанные на включении в развитие определенных форм организации материи, всегда наталкиваются на ограничения. Однако такие ограничения останавливают процесс развития только данных форм организации материи, а получившиеся в данном процессе новые формы начинают новый этап развития материи, основанный на включении в процесс предыдущих форм, остановившихся в своем развитии. Такой непрерывный процесс передачи эстафеты развития основан на включении в игру сил нового порядка малости, не игравших решающей роли на предыдущем этапе развития.

В примере с возникновением новых ядер мы видели, что электрические силы в процессе ядерного горения не играют решающей роли, важно только создать условия мощного гравитационного коллапса, чтобы в тепловом движении сталкивающиеся частицы смогли преодолеть электрический барьер отталкивания. Однако силы отталкивания проявляются и в пределах вновь образованного более тяжелого ядра. С ростом массы новых ядер, с ростом количества положительных частиц в составе новых ядер электрические силы отталкивания начинают быть всё более заметными на фоне мощных ядерных сил притяжения, цементирующих каждое ядро. Тут важно, что ядерные силы являются короткодействующими, а электрические силы – дальнедействующими. И поэтому наступает критический момент, когда силы этих двух типов начинают сравниваться по величине. Ядро большой массы уже неспособно усвоить новую тяжелую частицу, несущую в себе несколько положительно заряженных элементарных частиц. Эволюция на этом этапе развития ядерного вещества останавливается.

Такая остановка касается только результатов макроскопического наблюдения. На микроскопическом уровне процессы столкновений частиц в гравитационном коллапсе продолжают, более крупные массы ядер появляются, но они являются короткоживущими, распадаются. Следы этих макроскопических событий можно наблюдать и в нашем мире, возникшем после взрыва Сверхновой. В начале 20 века физики обнаружили, что радиоактивность проявляют не только актиниды, но и некоторые сравнительно легкие химические элементы. Эта радиоактивность заметно слабее активности урана и тория. Она слабее искусственной радиоактивности тех изотопов, которые к тому времени были получены в лабораториях. Новое явление было названо естественной радиоактивностью некоторых химических элементов. В.И. Вернадский уже

в то время высказал гипотезу, что все известные химические элементы обладают наборами радиоактивных изотопов, только в большинстве случаев слабую активность трудно обнаружить. Теперь мы знаем, что это была гениальная догадка. Справедливость этой догадки объяснена выше – не все неустойчивые продукты ядерного горения после взрыва Сверхновой были способны дожить до наших дней в Солнечной системе.

Таким образом, мы видим, что в процессе эволюции в игру включены все силы Природы, но на определенном этапе развития материи решающую конструктивную роль играет лишь один вид этих сил. Другие же силы способны положить предел развитию на данном этапе. Но эти же силы, на данном этапе деструктивные, начинают играть конструктивную роль на следующем этапе эволюции.

В нашем примере этот следующий этап эволюции есть этап построения химического мира, мира многозарядных атомов. В игру включаются полученные на предыдущем этапе развития многозарядные ядра, электроны, не игравшие особой роли в процессе ядерного горения, и электрические силы. Гравитационные и ядерные силы уходят в тень.

Дальше нетрудно будет увидеть, что как концепция Галимова, так и наши дополнения к ней оказываются работоспособными и на этапе электрического развития материи в форме химического мира. Можно заподозрить, что и на других этапах эволюции, на биологическом и биосферном, выделенные здесь положения окажутся справедливыми и работоспособными. Потому их можно будет считать частью общего закона эволюции. Но не самим законом, поскольку в этих положениях ещё не выполнены все пункты плана, намеченного в разделе постановки общей задачи.

По мере прослеживания эволюции на более высоких уровнях организации материи могут появляться новые дополнения и уточнения. Мы их будем отмечать так же, как в этом разделе, номерами и полужирным шрифтом.

Эволюция по Галимову и по Дарвину

Рассмотренный выше пример преобразования ядерного вещества в недрах звезд и Сверхновых оказывается достаточно содержательным, чтобы усмотреть в нём характерные признаки эволюции по Галимову и эволюции по Дарвину.

Ещё раз напомним, что по Галимову содержанием эволюции является последовательное упорядочение материи за счет наложения ограничений на свободу поведения развивающихся объектов. Все эти признаки проявляются в процессе ядерного

горения очень четко. Легкие ядра уходят из пула хаотически движущихся в пространстве частиц и включаются в состав более сложных и массивных ядер, в которых трансляционные степени свободы исходных частиц преобразуются во внутренние колебательные степени свободы. Хаотические поступательные движения частиц переходят в согласованные колебательные движения. Так что, это вполне эволюция по Галимову.

Проявляются и те признаки, которые были сформулированы нами в виде дополнений к концепции Галимова. В результате усложнения структур ядер возникают новые природные объекты, на которых данный этап эволюции останавливается, но которые приобретают новые способности включаться в качественно иной этап эволюции материи – в химический.

Можно сказать, что эволюция по Галимову это ступенчатый непрерывный процесс движения материи к качественно более высоким уровням организации.

Вспомним, что эволюция по Дарвину заключается в том, что на каком-то определенном этапе развития природные объекты постепенно мутируют. При этом некоторые из объектов случайно приобретают возможность лучше приспособиться к окружающим условиям, а некоторые остаются на том же уровне приспособляемости, либо утрачивают часть таких полезных свойств. В борьбе за ресурсы первые объекты получают преимущества в выживании и размножении. Вторые же оттесняются в разряд отстающих в количественном развитии их популяций. В конце концов, эти последние объекты обречены на вымирание.

Таким образом, **эволюция по Дарвину это исторический процесс выживания выживающих видов и вымирания вымирающих.** При этом совершенно необязательно, что выживающие становятся более сложными и совершенными объектами Природы, обеспечивая ей новые эволюционные перспективы. Яркий пример биологической эволюции по Дарвину это различные паразиты с их прекрасной приспособленностью не тратить сил на борьбу за ресурсы. Эту борьбу ведут за них их хозяева.

А что в этом плане происходит в процессе ядерного горения?

В процессе столкновения двух ядер более массивное ядро может усвоить материал более легкого ядра и, тем самым, изменить свою внутреннюю структуру. Происходит своеобразная мутация. Некоторые из таких мутаций дают удачный результат в том смысле, что новое ядро способно устойчиво существовать как в условиях коллапса (до

следующего продуктивного столкновения), так и в составе мусора, вырвавшегося в свободное пространство при взрыве Сверхновой (там ядро остается устойчивым навсегда). Некоторые же мутации дают неустойчивые ядра, в которых нарушен баланс ядерных и электрических сил. Такое ядро через некоторое время умудряется сбалансировать внутриядерные силы и приобретает новую структуру. Но при этом оно навсегда теряет свою первоначальную идентичность. Наблюдается вымирание неудачно мутировавших объектов. Мы наблюдаем такое вымирание в нашей Солнечной системе, получившейся в результате эволюции бывшего вещества Сверхновой. Мы называем этот процесс естественной радиоактивностью. Однако ясно, что этот процесс начинается еще в недрах Сверхновой. А кинетика формирования ядер с различной степени устойчивости проявляется в распространенности различных элементов и их изотопов в объектах Солнечной системы.

Это похоже на эволюцию по Дарвину. В ядерном горении такая дарвиновская эволюция несколько замедляет кинетику накопления удачных мутаций. Но она не представляет собой главного процесса эволюции. Эволюция по Дарвину оказывается встроенной в эволюцию по Галимову.

Можно ожидать, что и на следующих этапах эволюционного развития материального мира мы столкнемся с подобными наблюдениями, когда можно будет различить роль второго плана, которую играет эволюция по Дарвину на фоне эволюции по Галимову.

Эволюция, революция и стагнация

В разделе **Постановка задачи** сказано, что для выявления общего закона эволюции необходимо найти эмпирические закономерности, связывающие скорости движения по траекториям эволюции с силами, действующими между объектами эволюции и их окружением. Пока мы не умеем этого делать. Однако опыт наблюдения за ходом различных этапов эволюции позволяет высказать некоторые соображения о скоростях эволюционного преобразования материального мира и о причинах изменения этих скоростей. Покажем это сначала на простейшем примере процесса ядерного горения, где на качественном уровне причины протекания процесса выявляются с предельной ясностью. В других разделах работы мы проверим, проявляются ли эти причины и следствия на более сложных ветвях эволюции материи.

Мы видим, что в процессе ядерного горения выявляется не только скорость накопления новых продуктов эволюции, каковыми являются более массивные ядра.

Описать такую скорость было бы несложно по аналогии со скоростью накопления продукта химической реакции. Но в процессе ядерной эволюции выявляется еще и глубина преобразования ядерной материи. И она явно зависит от условий, в которых протекает этот процесс. В одних условиях эволюция ограничивается созданием лёгких ядер (Солнце порождает ядра не тяжелее изотопов гелия, возможно - лития). В других условиях (в недрах Сверхновых) переработка пула протонов доходит до создания тяжелых и сверхтяжелых ядер. Описывать количественно такую кинетику по аналогии с кинетикой химических реакций высокого порядка мы пока не умеем. Однако описательный уровень рассмотрения вполне уместен.

Простейший случай причинно-следственной связи в плане глубины и скорости преобразования ядерной материи дает нам Солнце. Там гравитационный коллапс охватывает сравнительно небольшую массу исходного вещества. В недрах светила и в его короне развиваются сравнительно невысокие температуры. Поэтому энергии хаотического теплового движения хватает только для термоядерных реакций с выходом очень легких ядер. При этом быстро движущиеся продукты ядерных реакций сравнительно легко преодолевают притяжение светила и уходят в пространство Солнечной системы в форме солнечного ветра. Как следствие, мы отмечаем наличие гелия в атмосфере Земли и наличие гелия-3 в реголитах Луны.

Такое состояние сложной системы можно назвать стагнацией в эволюционном плане, поскольку продукты эволюции не используются в системе на данном этапе эволюции, а следующего этапа быть не может, раз высокие температуры препятствуют химическим явлениям. И здесь ясно видно, что можно сформулировать следующее утверждение.

Дополнение 3. Эволюционная стагнация есть один из способов умирания сложной системы.

Астрофизика наблюдает умирание звёзд, подобных Солнцу, и уверенно прогнозирует кончину нашего светила. Думаем, что стагнация более высокоорганизованных форм материи также ведет эти природные системы к смерти.

Если это так, то напрашивается ещё одна характерная черта эволюции.

Дополнение 4. Эволюция как ступенчатый переход материальной системы от одного уровня сложности к другому, более высокому, является необходимым и достаточным условием жизнеспособности такой системы.

Напрашивается аналогия с поведением биологических и даже социальных систем. Однако не будем выходить из рамок данной работы, которая основана на добытых естествознанием надёжных данных о поведении сравнительно простых систем. Оставим ненадежную в прогностическом плане экстраполяцию этих знаний на поведение сложных систем специалистам-гуманитариям. Хотя, делать такие попытки очень соблазнительно. И автору данной работы не удалось удержаться от этого, когда рассматривал процессы в стране на основе термодинамики [5].

Посмотрим теперь на знакомом материале ядерного горения, как сочетаются и как сопоставлены в Природе эволюционные процессы с революционными.

Мы видели, что при малой интенсивности эволюционного процесса и, тем более, в состоянии стагнации системе никакая революция не угрожает.

При высокой интенсивности эволюционного преобразования материи, когда продукты эволюции включаются в дальнейший ход преобразования материи в ходе данного этапа эволюции, может случиться катастрофа. Такие катастрофы случаются в определенных условиях и на определенной стадии развития системы, как в случае со Сверхновой. Система не выдерживает обобщенного давления, развивающегося по мере интенсивного накопления продуктов эволюции. Система взрывается и не только выбрасывает в пространство ценные, способные к дальнейшей эволюции объекты, но и разрушает сложившиеся в системе физические условия своего дальнейшего развития. Напрашивается следующий тезис, дополняющий концепцию эволюции по Галимову.

Дополнение 5. Эволюция, переводя развивающуюся систему на более высокий уровень организации материи, очень бережно относится к исходным продуктам преобразования материи. Она ничего не отменяет из ценных свойств исходных объектов, включая их в состав более упорядоченных объектов, и лишь ограничивает область проявления этих свойств. Эволюция не разрушает структуры объектов, сложившихся на более низком этапе развития системы, когда включает их в структуру нового, высокоорганизованного объекта. Тем самым, эволюция оказывает значительно меньшее энтропийное воздействие на мир, окружающий систему, по сравнению с воздействием, если бы сложные объекты строились из простейшего исходного материала, *ab ovo*. Революция же обязательно уничтожает или изгоняет вовне сложные объекты, способные к дальнейшей эволюции, подрывая эволюционные возможности своей системы.

Заметим, что попадание в окружающий мир любых продуктов распада разрушающейся системы всегда создает излишнюю энтропийную нагрузку. И этим продуктам, выброшенному мусору, очень сильно повезёт, если во внешнем мире сложатся такие физические условия, которые позволят им включиться в новый этап эволюции. Нам, землянам, очень повезло, что ядерно-электронная пыль после взрыва нашей Сверхновой оказалась вдали от опасных соседей во Вселенной. Это позволило части выброшенной материи благополучно пройти этапы химической, биологической и социальной эволюции.

Заметим также, что идентичность исходного материала эволюции, протонов, сохраняется и после включения их в состав более сложных ядер. Это проявляется в экспериментах по зондированию тяжелых ядер частицами высокой энергии. В таких экспериментах выявляются внутренние колебательные уровни системы всех нуклонов, вошедших в ядро. А заряд ядра просто равен сумме зарядов протонов. То есть, протоны, пройдя процесс ядерного горения, либо сохранили полностью свою идентичность, либо превратились в нейтроны ради цементирования ядра. Но и нейтроны являются нуклонами. И если нейтрон в некой ядерной реакции выбит из ядра, то он через некоторое время самопроизвольно превращается в самый обычный протон.

Что же касается судьбы Сверхновой, то она, сверкнув ослепительно в процессе космологической революции, дальше быстро тускнеет и исчезает с видимого небосвода. При этом она не сохраняет своей идентичности.

Снова удержимся от аналогий с социальными революциями. В частности, не будем вспоминать историю «философского парохода» 1922 года.

Промежуточные выводы

Мы закончили осмотр того материала, который нам предоставлен астрофизикой и космогонией. На этом простом материале мы убедились в работоспособности концепции эволюции по Галимову и сформулировали несколько дополнений и уточнений. Во второй части работы мы рассмотрим проявления подмеченных эволюционных закономерностей на материале, предоставленном работами по молекулярному моделированию. А поскольку молекулярное моделирование основано на представлениях молекулярной, атомной физики и биофизики, мы будем привлекать и те материалы и из этих разделов естествознания.

Мы ожидаем, что сформулированные выше закономерности эволюции окажутся работоспособными и на более высоких уровнях организации материи, чем ядерный уровень.

Химический уровень эволюции

Атомная эволюция

После выброса ядерного вещества из недр Сверхновой в космическое пространство ядра случайно встречаются с электронами, превращаясь в атомы. Этот этап эволюции вещества происходит стремительно и почти сразу дает конечные продукты, готовые к новому, молекулярному этапу эволюции. Нам остается лишь перечислить движущие силы эволюции, действующие на этом важном этапе.

Как и на ядерном этапе, здесь не обходится без хаотического движения частиц в развивающейся системе. Без этой формы движения, присущей любому крупному ансамблю микрочастиц, ядра не могли бы встречаться с электронами и развиваться до состояния атомов.

На эволюционную сцену выходят и претендуют на главную роль электрические силы. Это дальнедействующие силы. Поэтому любое ядро рано или поздно найдет себе в Космосе нужное число электронов, как бы далеко ни находились эти изначально свободные электроны.

Внутренняя структура атома, конфигурация его электронной части определяется игрой электрических сил и механических свойств всех частиц атомного ансамбля, ядра и электронов. Никакие другие силы на этом этапе эволюции не проявляются.

Несмотря на отмеченную простоту и стремительность атомного этапа химической эволюции, у него есть своя динамика. В неё имеет смысл всмотреться, поскольку особенности этой динамики сказываются на следующем, молекулярном этапе.

Дальнедействующие электрические силы могут включить в состав атома электрон, находящийся на очень большом расстоянии от ядра. Но такой электрон совершенно не обязательно сразу займёт свое постоянное место на одной из электронных оболочек вблизи ядра, как это предписано ему схемой электронного строения в таблице Менделеева. На большом удалении от ядра электрическая сила притяжения достаточно точно описывается простым законом Кулона, а механическое поведение электрона вполне похоже на поведение классической частицы. И возникает так называемое ридберговское состояние атома. В этом состоянии внешний электрон уже нейтрального атома вращается вокруг атомного центра по круговой траектории очень большого радиуса. Данное экзотическое рыхлое состояние атома, тем не менее, является одним из стационарных состояний всей атомной системы, что проявляется в спектральных свойствах атома.

Астрофизика вполне уверенно регистрирует спектры таких состояний атомов, живущих в почти полной изоляции от соседей.

Нам интересны эволюционные свойства атомов, как они проявляются на следующем, молекулярном этапе. В этом плане, ридберговские атомы не обладают эволюционной ценностью, поскольку два таких атома не в состоянии соединиться и образовать прочную химическую связь. Их поэтому можно считать эволюционно недоделанными. У них неясные эволюционные перспективы.

Замечаем, что на данном этапе эволюции возникающие объекты не сразу получают совершенными в плане эволюционной ценности. Так было и на ядерном этапе, где возникали неустойчивые ядерные системы. Появляется подозрение, что и на следующих этапах эволюция материального мира не обязательно сразу приводит к появлению совершенных и ценных объектов.

Атом становится эволюционно ценным объектом лишь после уплотнения своей электронной структуры, которая по необходимости очень сложна. Сложность этой структуры определяется особенностями электрических сил и волнового поведения электронов. Вблизи ядра электроны вынуждены двигаться быстро. Взаимодействие быстро движущихся заряженных частиц уже не удается полностью описать с помощью закона Кулона. Необходимо либо вводить релятивистские поправки к кулоновским взаимодействиям, либо считать, что между электронами действуют еще и магнитные силы. И обязательно приходится учитывать собственные магнитные моменты электронов и ядра, их спины. Тут для физиков-теоретиков возникают сложности. А для атомов возникают блестящие возможности сложных взаимодействий друг с другом, когда они выходят на следующий этап химической эволюции, на молекулярный уровень.

Обратим снова внимание на особенность эволюционного способа развития материального мира, на его бережность и экономность.

На атомном этапе эволюции полностью сохраняется идентичность ядер. Электроны, безусловно, остаются в атоме теми же частицами, что и в свободном состоянии. На следующем этапе эволюции структуры внешних электронных оболочек атомов подвергаются преобразованиям, однако идентичность каждого атома во многом сохраняется. Иначе мы не имели бы возможности идентифицировать химические элементы с помощью эмиссионного спектрального анализа или с помощью рентгеновских спектров, подчиняющихся закону Мозли. Иначе была бы бесполезна атомная систематика в форме таблицы Менделеева.

Совершенно ясно, почему на атомном уровне развитие объекта быстро заканчивается. Причина заключается в почти совершенном балансе сил притяжения и отталкивания между частицами атомной системы, когда атом набирает из окружающего пространства нужное число электронов и становится электрически нейтральной системой. Индивидуальное развитие конкретного атома на этом заканчивается. Но не исчерпывается его общий эволюционный потенциал. Дело в том, что электрическое поле нейтральной системы зарядов никогда не убывает до нуля на сравнительно небольших расстояниях от поверхности. Чем крупнее система, тем быстрее убывает напряженность переменного электрического поля с расстоянием. Но у поверхности системы напряженность всегда остается заметной. Отсюда следует тенденция нейтральных атомов к сближению в условиях газа. Это позволяет им находить друг друга в пространстве и продолжать развитие материи уже на молекулярном уровне эволюции. Отсюда же следует способность кристаллов катализировать химические реакции на своей поверхности.

Обратим внимание на особенности таких несовершенных атомных систем, как ионы. Если у атома не хватает электрона на внешней оболочке или если к атому присоединился лишний электрон, то электрическое поле такого атома резко возрастает по сравнению с полем нейтрального атома. Естественно, такие несовершенные атомы значительно агрессивнее ведут себя в плане попыток построения новых химических объектов. Возникает следующее подозрение, справедливость которого предстоит проверить на других уровнях эволюции.

Дополнение 6. Совершенные продукты эволюционного развития материи обладают меньшим эволюционным потенциалом, чем несовершенные объекты.

В этом плане хороший пример дают такие совершенные создания химической эволюции, как кристаллы. После формирования кристалла его структурное развитие идёт чрезвычайно медленно и только в том случае, если совершенство кристалла нарушается доменной структурой, поликристалличностью или посторонними включениями. Совершенный крупный кристалл может существовать в неизменном виде неопределённо долго, если внешние условия не приведут его к какой-нибудь катастрофе. Но несовершенный кристалл способен к медленным перестроениям благодаря особенностям колебательных движений в длинных цепочках элементарных ячеек. Такие цепочки передают энергию внешних механических ударов внутрь кристалла. Однако в несовершенных кристаллах механическая энергия не обязательно диссипирует по всему объёму кристалла, а распространяется только вдоль определенных направлений [6]. В работе [7] было выяснено, что в такой ситуации энергия колебательного возбуждения

кристалла может накапливаться в отдельных реакционных центрах и приводить к структурным перестройкам. А источником такой непрерывно поступающей в минерал энергии может служить цепь непрерывно происходящих землетрясений.

Молекулярная эволюция

Эволюционные сценарии этого этапа структурного усложнения материи настолько сложны и разнообразны по сравнению с этапами ядерной и атомной эволюции, что может создаваться ложное впечатление о неожиданном появлении совершенно новых природных сил. В действительности же, движущие силы эволюции остаются теми же самыми, что и на атомном этапе. Это электрические силы взаимодействия между электронами и ядрами, а также силы межэлектронных и межатомных взаимодействий. Это механические свойства всех участвующих в эволюции микрочастиц, как атомов, так и промежуточных молекулярных объектов. Это хаотическое тепловое движение в молекулярных системах.

В чем же тогда причина усложнения сценариев эволюции? Почему одни и те же исходные объекты, атомы и простейшие молекулы, развиваются по столь различным каналам? Одни каналы ведут материю к чисто количественному наращиванию размеров конечных структур и к остановке развития в форме не очень ценных в эволюционном плане кристаллов. Зато кристаллы способны достигать огромных размеров. А другие каналы ведут к почти безграничному наращиванию сложности ценных молекулярных структур, пригодных к включению в творческую работу на биологическом этапе эволюции. Но зато молекулы всегда остаются микроскопическими объектами, даже гигантская молекула ДНК.

Нам кажется, что причина кроется в изначальной сложности электронных структур исходных объектов этого этапа, атомов с числом электронов шесть и более. В жизни свободных атомов эта сложность сказывается мало, разве что в тонкостях их оптических спектров. Но при включении атомов в молекулярные организмы сложность взаимоотношений между электронами их внешних оболочек проявляется в полной мере.

Надо признать, что физика ещё не научилась хорошо анализировать эти сложности на уровне предсказаний всех их проявлений в атомах и молекулах. Ей пока приходится привлекать для этого посторонние феноменологические принципы. Например, считается, что слоистую структуру электронной сферы атома хорошо объясняет принцип Паули. Считается, что этот же принцип хорошо работает при интерпретации зонной структуры электронных энергий в кристаллах металлов и полупроводников. Считается, что он же проявляется в насыщенности ковалентных химических связей в органических молекулах.

Но откуда следует сам принцип Паули? Почему в сложном квантовом ансамбле не может существовать двух электронов с одинаковыми наборами из четырех квантовых чисел? И почему на одном и том же энергетическом уровне может находиться два электрона с противоположными спинами?

Несмотря на уже длительную историю квантовой физики и квантовой электродинамики физика пока не смогла дать ясных ответов на данные вопросы. Прогресс здесь наметился лишь в самое последнее время в работе Б.К. Новосадова [8]. В кратком изложении идеи Новосадова могут быть представлены следующим образом.

Природа не знает никаких принципов, в частности, принципа Паули. В Природе микрочастицы знают лишь, что они способны либо притягиваться друг к другу, либо отталкиваться. Силы электрического притяжения и отталкивания в Природе проявляются значительно сложнее, чем это предписано фундаментальными законами электродинамики (например, любые две электрически нейтральные микросистемы на больших расстояниях слабо притягиваются, а на малых – сильно отталкиваются). Построение теории таких сил наталкивается на большие трудности. Потому и приходится вводить в эти теории феноменологические элементы. Но если удастся правильно учесть все сложности формирования таких сил, то в теории автоматически получаются найденные на опыте закономерности электронных структур. Так, например, в атоме все электроны притягиваются к ядру. Но ближайшие к ядру электроны непосредственно «видят» заряд ядра, а более удаленные «видят» экранированное ядро. Все электроны отталкиваются друг от друга, и эти силы отталкивания ничем не экранированы. Поэтому электроны никак не могут собраться в одном сферическом слое. Возникает слоистая электронная структура. Но электроны обладают собственным магнитным моментом, и при удачной пространственной ориентации два электрона испытывают сравнительно слабое притяжение друг к другу. Поэтому в одном и том же слое два электрона могут путешествовать вокруг положительного центра на почтительном расстоянии друг от друга, но обладать при этом одинаковой энергией. Так возникают условия для того, чтобы в спектральных и других экспериментах обнаружился факт принадлежности системы электронов статистике Ферми-Дирака. А это эквивалентно проявлению в опыте принципа Паули. К сожалению, провести правильный учет всех особенностей сил взаимодействия электронов в сложных квантовых системах пока удается крайне редко.

Однако на уровне рассмотрения движущих сил эволюции нам будет достаточно понимания указанных причин усложнения путей молекулярной эволюции по сравнению с атомной и ядерной эволюцией.

Далее, в молекулярном мире усложняются черты механического поведения микрочастиц. Известно, что с ростом массы частицы длина волны де Бройля для свободной частицы уменьшается. Поэтому тяжелые атомы и многоатомные молекулы перестают проявлять в эксперименте свои волновые свойства и начинают вполне точно подчиняться законам классической механики. И это во многих задачах молекулярной физики облегчает жизнь физикам-теоретикам. Но в самой молекулярной механике, в описании и анализе движений фрагментов сложных органических молекул приходится иметь дело с частицами промежуточных масс. И тогда возникают проблемы понимания и предсказания их поведения.

Далее, даже хаотическое тепловое движение молекул в газе и в жидкости выглядит не так просто, как в горячей или в холодной плазме. Там, где происходит ядерное или атомное развитие материи, частицы представляются вполне круглыми, обладающими предельно высокой симметрией, что упрощает их описание. Молекулы и их многоатомные заготовки редко обладают высокой симметрией, поэтому их механическое поведение в процессе случайных столкновений оказывается весьма сложным. Мы покажем это в соответствующих разделах данной работы на материале компьютерных имитационных экспериментов. Сейчас же достаточно сделать замечание, что все без исключения движущие силы молекулярной эволюции наделены сложными чертами. Это и вызывает сложности в анализе поведения вещества в различных каналах данного этапа эволюции.

В целом же, несмотря на все отмеченные сложности, молекулярная эволюция вполне охотно являет те общие свойства, которые были отмечены выше в концепции эволюции Галимова и в наших дополнениях и уточнениях. Специфика же этого этапа эволюции состоит в том, что по любому из каналов развитие сложности структуры вещества здесь осуществляется через химические реакции. Поэтому всё последующее изложение особенностей химической эволюции нам следует вести на языке описания физических механизмов химических реакций.

К сожалению, физические представления о механизмах химических реакций пока совершенно недостаточны, чтобы дать полный прогноз всей картины событий в сложной системе объектов, способных к химическому развитию. Тем менее физика готова проследить всю кинетику химических событий в такой системе, а не только механику элементарного акта перескока атомного ядра из одной молекулярной потенциальной ямы в другую. К такому акту сводится механика реакции, когда встретившиеся в хаотическом

движении молекулярные объекты образуют способный к реакции промежуточный комплекс.

В последовательной квантовой теории дальше всех продвинулись Л.А. Грибов и В.И. Баранов [9]. Их представление о механике элементарного акта химического превращения касается случая, когда две столкнувшиеся молекулы расположились в пустом пространстве друг относительно друга наиболее благоприятным для структурной перестройки образом. Либо когда в одиночной молекуле случается перестройка, ведущая к реакции разложения. Либо случается изомерное превращение.

Однако для понимания причин и путей эволюции необходима полная картина событий, происходящих в больших ансамблях исходных молекул, в газе или в жидкости. Нужно понимание всех физических факторов кинетики в конкретной химической системе. Задача прогнозирования всей кинетики сложной системы реакций, приводящих к структурному усложнению органического вещества, лишь недавно перед нами поставлена. На пути её решения возникают большие сложности, и пока получены только предварительные результаты, дающие надежду на успех. Эти результаты будут изложены в отдельной части данной работы. Там же будут на конкретном материале показаны механизмы проявления уже упомянутых свойств эволюционного процесса в молекулярном мире.

Супрамолекулярная эволюция

Выше было замечено, что развитие химических систем по молекулярному каналу эволюции не приводит к рождению макроскопических органических молекул. На этом этапе эволюция наталкивается на свой предел. В специальной части работы мы увидим, игра каких сил эволюции останавливает рост размеров молекул. А сейчас отметим особенности развития химических систем по новому каналу, – супрамолекулярному.

Супрамолекула это набор из двух или более сравнительно крупных органических молекул, связанных разного рода нехимическими силами, к которым принято относить и водородные связи.

Мы уже видели, почему у молекул имеется принципиальная возможность присоединять к себе другие молекулы, не вступая с ними в химические реакции. У поверхности молекулы всегда существуют сильные электрические поля, создающие дисперсионные возмущения в соседних молекулах, если они обладают поверхностями, согласующимися геометрически с поверхностью исходной молекулы. Создаются неглубокие потенциальные ямы для периферийных протонов. Эти потенциальные ямы

являются общими для соседних молекул, и попавшие туда протоны образуют водородные связи. Ещё более слабые силы связывают поверхностные атомы по типу связей ван дер Ваальса.

Таким образом, в этом канале начинается уже новый этап эволюции, поскольку электрические силы здесь ослабляются по сравнению с внутримолекулярными и приобретают новую форму. Эта форма отражается законами, уже совершенно не похожими на закон Кулона, даже с учетом релятивистских поправок.

Для понимания особенностей этого канала химической эволюции важно учесть две характерные черты продукта эволюции. Супрамолекулы являются собой очень устойчивые ансамбли из настоящих органических молекул. И они способны к самосборке в условиях хаотического теплового движения. Это уже напоминает простейший генетический код. Поэтому академик А.И. Коновалов назвал супрамолекулы мостиком между живой и неживой материей.

В остальном же супрамолекулярный канал ярко демонстрирует все отмеченные выше общие черты эволюции материи.

Эволюция здесь довольно быстро наталкивается на препятствие безграничному наращиванию размеров и сложности новых структур. Это вполне объясняется особенностями электрических сил, проявляющих себя вблизи от поверхности крупного нейтрального ансамбля микрочастиц.

Эволюция здесь дает очень ценные в эволюционном плане объекты. Достаточно сказать, что молекула ДНК в живой клетке это особо крупная супрамолекула.

Супрамолекула не получается настолько совершенной, чтобы замкнуться самой в себе. У супрамолекулы обязательно имеется не заблокированный достаточно протяженный участок поверхности, на котором происходят химические превращения с участием других сложных молекул. Именно поэтому супрамолекулы обладают очень ценными реакционными свойствами. настолько ценными, что именно по этому каналу материя устремилась к предбиологическому этапу эволюции – к самопроизвольному возникновению примитивного генетического кода. Под первичным генетическим кодом Э.М. Галимов понимает такие химические структуры, которые способны воспроизводить в будущем заключенную в них структурную информацию, несмотря на разрушающее воздействие различных природных факторов, например, хаотического теплового движения.

В специальной части данной работы мы будем обсуждать конкретные механизмы этого важного эволюционного процесса.

Биологический уровень эволюции

Даже на столь сложном этапе эволюции материя проявляет те же самые общие черты и закономерности своего структурного развития.

Исходными объектами ни в коей мере не являются атомы, из которых состоит живое вещество. Мы упоминаем этот факт, поскольку в литературе бытуют концепции комбинаторной сложности продуктов эволюции. Опытные факты показывают, что заготовками для развивающихся биологических объектов являются готовые супрамолекулы и крупные органические молекулы.

Действующими силами, понуждающими эти объекты к дальнейшей самосборке являются дисперсионные силы исключительно электрического происхождения. Они еще слабее сил, приводящих к самосборке супрамолекул. Однако в актах структурной перестройки молекул снова участвуют те электрические силы, которые принято называть химическими. А с физической точки зрения все эти силы являются различными проявлениями электрических взаимодействий атомов и их устойчивых конгломератов.

Со всеми объектами, исходными, промежуточными и конечными, биологическая эволюция обращается особенно бережно и экономно. Ни одна возникающая химическая структура не отменяется, все они включаются в следующие по сложности структуры. Точно также ни одна форма самостоятельно живших микроскопических организмов не уничтожается. Все эти примитивные формы включены в структуру современной живой клетки в статусе органелл.

Биологическая эволюция на своих различных этапах всегда наталкивается на некие пределы развития. Молекулярные структуры, независимо от их сложности, всегда остаются микрочастицами. На клеточном этапе животные и растительные круглые клетки никогда не выходят за микроскопические размеры. Это ограничение объясняется уже новыми фундаментальными силами Природы. В физике эти силы называют термодинамическими законами.

На уровне органов силы, цементирующие клеточные конгломераты, становятся вовсе слабыми. Клетки просто прилипают друг к другу.

Особую роль в биологической эволюции играет хаотическое тепловое движение. Здесь это не только механический поставщик возможностей встретиться в пространстве

различным исходным объектам. Как мы показали в работе [10], без разрушающего воздействия теплового движения эти механизмы неработоспособны. Таким образом, хаос теплового движения здесь превращается в творческую силу Природы. А вся эволюционная предыстория живой материи подготовила почву для такого проявления хаоса. Мы видели, что с каждым предыдущим этапом эволюции физические силы, цементирующие ансамбли микрочастиц, всё уменьшались и уменьшались. И, наконец, достигли такой величины малости, что запаса тепловой энергии у окружения некоего объекта биологической эволюции оказывается достаточно для разрушения этого объекта. И, в конце концов, достаточно для окончательного уничтожения целого биологического объекта, будь это орган или весь живой организм. Случается смерть. И, как выясняется, смерть является совершенно необходимым условием продолжения существования всего живого вещества нашей планеты, нашей биосферы.

Раз живые объекты доступны тепловому разрушению, то продукты биологической эволюции никогда не создаются совершенными. Совершенство природного объекта всегда связано с его очень высокой симметрией. А симметричные объекты, как известно из физики и из теории групп, тщательно прячут большинство своих физических свойств. Следовательно, они становятся нейтральными в плане внутренних превращений и внешних проявлений. Таковы, например, истинные кристаллы. Потому биологическая эволюция не включает в свои механизмы кристаллические тела.

В следующей части работы мы разберемся, почему и как разрушаются сложные биологически важные молекулы и супрамолекулы. А пока отметим самые яркие факты таких разрушений и их следствий.

Одно из самых совершенных созданий биологической эволюции это глаз крупного животного. Биологическая эволюция изобрела компартментацию, частичную изоляцию одних живых структур от других. Так вот, с конструкцией глаза эволюция немного перестаралась. Самая важная деталь оптической системы глаза, хрусталик, оказалась в почти полной изоляции от организма. В результате даже без патогенных воздействий белковые тела хрусталика постепенно разрушаются, и главная линза глаза становится мутной, а затем непрозрачной. Катаракта была известна ещё древним грекам, давшим ей это название (катаракта = под водой = глаз ныряльщика видит смутно). Слепнет с возрастом человек, и ему это очень неудобно. Нужен поводырь. Кит слепнет по той же причине. И порой без видимой причины выбрасывается на океанский пляж, будучи ещё полон сил.

Автору статьи посчастливилось беседовать с действующими врачами. Им был предложен следующий тезис для обсуждения.

Здоровьем можно назвать лишь полную работоспособность всех длинных биохимических циклов в организме. Поскольку эволюция неспособна создавать совершенные творения, ни в каком индивидуальном организме не может быть одновременно всех совершенных механизмов, выполняющих эти циклы. Следовательно, здоровья нет ни у кого. Изменить это положение невозможно, ибо его настроила и запустила сама Природа. Остается лишь помогать индивидууму справляться с нормальным нездоровьем. Это и есть задача и смысл медицины.

Врачи выслушали и согласились.