

Теория эволюции (2)

Промежуточные этапы развития

Система взглядов на историю мироздания далеко не новая и трудно сказать, что появилось раньше: проблески эволюционного мышления или представление о незыблемости всего сущего. Правда, по мере культурного обогащения человечества число противников эволюционного учения уменьшалось. Однако они есть и в наше время, и не только в среде истинно верующих в религиозные догматы, но и среди материалистически мыслящей части населения. Мы не будем подробно останавливаться на изложении конкретных антиэволюционных теорий. Тем не менее, считаем необходимым перечислить основные наиболее убедительные антиэволюционные аргументы.

1. До сих пор никому не удалось наблюдать появления вновь возникшего вида. Изменчивость видов несомненна, но она не приводит к видообразованию.
2. В палеонтологической летописи, то есть в мировой коллекции ископаемых организмов, нет образцов, которые с полной уверенностью можно бы было отнести к переходным между установленными видами. В порядке доказательства обратного сторонники СТЭ привлекли археоптерикса и сделали его хрестоматийным примером существа, анатомия которого позволяет проследить происхождение одного таксона от другого. Однако убедительность этого примера сомнительна – с археоптериксом пока многое не ясно, не известно даже обладал ли он способностью к активному полету, а не просто планировал. Вполне вероятно, что он являл собой некую терминальную ветвь в мире древних рептилий.

1. Существует много примеров, когда то или иное, наблюдаемое в природе, явление не находит объяснений с позиций эволюционизма. В числе таких примеров возникновение сложных органов у животных (например, глаза насекомых и млекопитающих), возникновение органов, которые не могли формироваться эволюционным путём, то есть постепенно (например, крылья). Не находится объяснения возникновению эукариот (кому не хватило одних прокариотов?). Совершенно непонятно, как возник цветок покрытосеменных. И тому подобное. Теория эволюции не объясняет эти проявления.

Разумеется, приведённых аргументов (на самом деле их значительно больше) всё-таки недостаточно для того, чтобы полностью отвергать эволюционное учение, но и совсем пренебрегать этими аргументами недопустимо. Следует помнить, что любое истинно научное утверждение при необходимости может быть подвергнуто фальсификации, то есть против этого утверждения могут быть выдвинуты контраргументы.

Синтетическая теория эволюции

В настоящее время СТЭ можно считать и наиболее разработанной, и имеющей наибольшее число сторонников эволюционной концепцией во всём мире. Она излагается в школьных учебниках и в учебниках вузов. Правда, что касается числа её сторонников, то здесь преобладают скорее верующие в это учение, принимающие его просто как не вызывающее сомнений, а, вот, число убежденных его приверженцев среди специалистов с течением времени неуклонно сокращается.

В связи со сказанным постараемся охарактеризовать это учение подробнее, тем более, что в дальнейшем изложении материала этой главы, мы очень часто будем возвращаться к существу СТЭ.

Основные постулаты СТЭ по В.И. Назарову

«1. Наименьшей (элементарной) эволюционной единицей является популяция. Сторонники СТЭ ставят в особую заслугу этой теории замену типологического (организмоцентрического) мышления, в котором объектом эволюции выступает особь, на популяционное.»

Рассмотрение эволюционного процесса исключительно на уровне популяции искажает представления Дарвина и делает недоказуемым превращение популяции в новый вид, направляя исследование по ложному пути. Популяционная структура вида – очень важная характеристика, обеспечивающая его стабильность и выживание, но прямой связи с эволюцией она не имеет.

2. *Материалом для эволюции служат мелкие дискретные наследственные изменения – мутации; среди них преимущественное внимание уделяется генным, или точковым, мутациям. Эти мутации ненаправлены и случайны. Из этой характеристики материальной основы эволюции вытекает другое название СТЭ – тихогенез (от греч. tyche — случайность), предложенное Л.С. Бергом.*

Мелкие мутации часто не проявляются на фенотипическом уровне, а те, что проявляются, проходят через «сито» отбора. Кроме мутаций открыты другие типы наследственной изменчивости, с которыми по преимуществу и связана морфологическая эволюция.

3. *Основным или даже единственным движущим фактором эволюции является естественный отбор, производящий сортировку мутаций.*

Отбор внутри вида не существует, поскольку внутривидовой борьбы за существование в природе не наблюдается. Без отбора внутри вида нет и начальных шагов эволюции (т.е. микроэволюции), постулируемых в СТЭ.

Отбор между разными видами, поскольку он имеет дело с более выраженными фенотипическими различиями, – реальное явление природы, но и эта форма отбора носит относительный характер.

4. Эволюция носит дивергентный характер, т.е. от одного таксона могут возникнуть несколько дочерних таксонов. Если говорить о виде, то он берет начало от единственной предковой популяции.

Поскольку отбор на внутривидовом уровне не работает, не может происходить и дивергенция; коль скоро эти механизмы не работают, исчезает и ограничение, в силу которого новый вид должен был бы возникать только за счет одной популяции. Давно установлено также, что эволюция систематических групп, хотя она и бывает дивергентной, чаще отвечает закону параллельного и конвергентного развития.

Многочисленные примеры симгенеза (гибридизация) демонстрируют прямо противоположный путь эволюции.

5. Любой реальный, а не сборный таксон имеет монофилетическое происхождение. Монофилетическое происхождение – обязательное условие самого права таксона на существование.

Этот постулат непосредственно вытекает из предыдущего, и его можно было с ним соединить. В дополнение к вышеприведённому комментарию следует добавить, что любой вид может совмещать в себе признаки нескольких предковых видов, не говоря уже о высших таксонах, которые, как правило, имеют полифилетическое происхождение.

6. Эволюция носит постепенный (градуалистический) характер, и ее результаты могут быть замечены лишь по прошествии длительных отрезков геологического времени. К образованию нового вида ведет поэтапная смена многих (обычно тысяч) поколений популяций.

Видообразование – одномоментный дискретный акт, совершающийся на протяжении одного или нескольких поколений без всякой подготовки. У видов, размножающихся половым путем, наступление репродуктивной изоляции аналогично беременности: она или происходит, или нет.

Представители целого ряда недарвиновских направлений эволюции едины в том, что биологические виды подавляющую часть времени находятся в состоянии стазиса и лишь в самом конце срока своей жизни мутируют, чтобы не прервать нить рода.

7. Обмен генами возможен лишь внутри вида, благодаря чему любой вид представляет собой генетически целостную и замкнутую систему, достаточно надежно отграниченную от систем других видов.

В настоящее время выяснено, что генетическая изоляция видов друг от друга не носит абсолютного характера. Более того, при развитии кризисных ситуаций в экосистемах изолирующие механизмы видов перестают выполнять свою функцию, и в геномы видов поступают чужеродные гены, переносимые различными мобильными генетическими элементами. Такие моменты свободного обмена генами, осуществляющегося неполовым путем, теперь связывают с наиболее революционными событиями в истории биоты.

8. Вид представляет собой сложную полиморфную систему, составленную множеством соподчиненных единиц – подвидов и популяций. Такое понимание организационной структуры вида именуют концепцией широкого политипического биологического вида. Но, как отмечает Воронцов, создатели СТЭ отдавали себе отчет, что существует немало видов, особенно из числа имеющих небольшие ареалы, которые не образуют подвидов. В предельном случае такие мономорфные виды могут быть представлены одной- единственной популяцией, что делает высоковероятной возможность их вымирания.

Данный постулат не вызывает возражений. Разве что справедливо было бы отметить, что он разделяется далеко не одной СТЭ.

9. Поскольку критерием биологического вида является его репродуктивная обособленность, то понятие вида неприменимо к формам, не имеющим полового процесса (агамным, амфимиктичным, партеногенетическим).

По определению этот постулат справедлив. Однако на практике и агамные формы рассматривают как видовые, различая их по морфологическим, физиологическим, генетическим, биохимическим и другим признакам.

10. За рамками концепции биологического вида СТЭ оказалось, таким образом, огромное множество видов прокариот, низших эукариот, а также специализированные формы высших эукариот – животных и растений, утративших способность к половому размножению.

Нам представляется нецелесообразным выделять эту констатацию фактов в отдельный постулат, так как это всего лишь иллюстрация предыдущего постулата. Зато *положение о неприменимости понятия вида к ископаемым формам и, особенно о том, что эволюция на уровне выше вида идет через микроэволюцию*, стоило бы выделить в самостоятельные постулаты.

Тезис о сводимости макроэволюции к микроэволюции – один из кардинальных в СТЭ. Он вызвал напряженные и продолжительные дискуссии как в бывшем Советском Союзе, так и за рубежом. Фактически его отрицательное решение уже должно было привести к полному банкротству. Этого пока не произошло только в силу сознательного намерения её приверженцев сохранить данную доктрину любой ценой, не считаясь с фактами. В.Н. Назаров специально посвятил этому фундаментальному вопросу отдельный труд.

11. *Исходя из всех упомянутых постулатов, можно сделать заключение, что эволюция непредсказуема, не направлена к некоей конечной цели, следовательно, не имеет финалистического характера.*

Этот постулат СТЭ также не выдерживает критики. В свете новейших данных законы индивидуального и исторического развития едины, ибо в обоих случаях их объектом выступает биологическая организация, воплощенная в каждой отдельной особи. Онтогенез строго канализован, направлен к конечной цели, заложенной в программе развития, и финалистичен. Каждый таксон, начиная с вида, обладает запрограммированными потенциями к расцвету, процветанию и имеет ограниченный срок жизни.

Непосредственно наблюдаемые факты целесообразной и коллективной реакции организмов (определенной изменчивости, по Дарвину) на вызов среды дают основание предполагать, что и вся органическая эволюция в целом – целесообразный и направленный процесс. Задача любой теории – его правильно отобразить и, значит, в тех частях, где это логически оправдано, предсказать. Теория, которая не может ни объяснить, ни предсказать, – это плохая теория».

Далее В.И. Назаров высказывает следующую мысль: «Возможно, ... проницательный читатель сможет убедиться, что в объяснении целого ряда закономерностей эволюции и самого феномена жизни лучшие умы человечества исчерпали возможности материалистического подхода и вплотную подошли к признанию верховной власти духовной сферы. После 73-летнего господства в СССР искусственно насаждаемого материализма естествознание робкими шагами постепенно вновь обретает понимание главного источника неслучайности происходящего. И, что самое существенное, можно с удовлетворением констатировать, что это больше не считается антинаучным».



Валентин Абрамович Красилов (1937 - 2015) — советский и российский палеоботаник и эволюционист. Доктор наук, автор около 400 научных публикаций, в том числе 22 монографий по стратиграфии, палеоботанике и различным вопросам эволюционной биологии. В.И. Назаров и В.А. Красилов – учёные эволюционисты, взгляды которых принципиально расходятся с основными позициями СТЭ и в основном соответствуют убеждениям автора данной презентации.

Критика синтетической теории эволюции по В.А. Красилову

СТЭ в большей степени, чем классический дарвинизм, построена по образцу классической физики. Она имеет свои аксиомы (например, «центральная догма» генетики - перенос информации от нуклеиновых кислот к белкам, но и в обратном направлении, утверждение случайности мутаций, неизменности генома в онтогенезе и т. д.), вневременные законы, в том числе выводимые математически (в частности закон Харди – Вайнберга о сохранении количественных отношений генов и генотипов в ряду поколений, который нередко приводят в качестве примера успешной математизации биологии; в действительности этот закон не имеет ничего общего с биологией и может рассматриваться лишь как образец мышления на уровне «мешка с бобами» – bean-bag thinking, свойственного ранней генетике). СТЭ активно пропагандирует такой путь построения биологической теории, наводя на мысль о том, что прогресс в данной области требует более полной аксиоматизации и математизации (крайние сторонники этих взглядов могут даже выступать в роли критиков СТЭ, вменяя ей в вину недостаточную формализацию). Те же убеждения заставляют видеть в массивном вторжении физико-химических методов революцию в биологии, её превращение в подлинно экспериментальную науку, т. е. настоящую науку (широко мыслящий физикалист не отказывает в праве на существование описательным наукам, но разве не ясно, что употребление слова наука здесь требует кавычек?).

Я уже пытался объяснить в предыдущем разделе, почему я не считаю оцепенение науки, скованной аксиомами и законами, прогрессом и почему теории эволюции неэволюционирующие установки особенно противопоказаны. Там же были высказаны некоторые соображения о сближении биологии и физики, которое не обязательно должно заключаться в заимствовании не лучшей части наследия Ньютона. Если же говорить о научных революциях, то их делают в первую очередь идеи. В биологию плодотворные идеи шли в системном смысле «сверху», из социологии (и Дарвин, и Уоллес находились под впечатлением идей Мальтуса, получивших в викторианской Англии широкий резонанс в связи с дебатами вокруг «законов о бедных»; Мальтус полагал, что благотворительствовать бедным не следует: раз народонаселение растет в геометрической прогрессии – в этом он был убежден, хотя и не располагал никакими цифровыми данными, – то и естественный отбор, очевидно, входил в планы создателя, не нам их менять; ранним эволюционистам тоже не чужда была мысль о божественном происхождении естественного отбора). Далее поток идей, в первую очередь эволюционных, проник из биологии в химию и физику. Встречный «восходящий» поток, от физики к биологии, вопреки ожиданиям, не играл существенной роли. Представление о неопределенной изменчивости нередко связывают с физическим индетерминизмом начала XX в., но в биологии оно появилось на несколько десятилетий раньше. Кроме того, плодотворность этой идеи сомнительна.

В СТЭ с её «популяционным мышлением» редукции подвергся в первую очередь организм (отсюда невнимание к индивидуальной истории, отбрасывание «описательных» дисциплин, посвященных собственно организму). Поскольку организм был и остается центральным объектом биологии, его редукция равносильна самоустранению этой науки. Еще одно «достижение» редукционизма — принятие хаотического мутирования в качестве субстрата эволюционного развития. На этом исходном уровне нет ни системности, ни причинности, ни истории, ни, следовательно, эволюционных объяснений — эволюционизм здесь капитулирует.

Но, может быть, при продвижении вглубь подобный уровень — граница причинности — неизбежно должен быть достигнут, и, может быть, угасание классической биологии тоже необходимо следует из ее перехода в новое качество — превращения в настоящую экспериментальную науку? Заметим в этой связи, что границей причинности может быть только божество, поведение которого в принципе неанализируемо («неисповедимо»), представление о неизбежном достижении этой границы относится, следовательно, к области религии. Что же касается экспериментирования, то в биологии оно началось гораздо раньше, чем в какой-либо другой науке, — еще на заре цивилизации, в пору одомашнивания животных и растений. Сознательное экспериментирование шло полным ходом задолго до возникновения молекулярной генетики. Дарвин в своем даунском поместье много экспериментировал с голубями, лошадьми и другими животными. Мендель располагал лишь крошечным монастырским садиком, а позднейшие генетики и того не имели, им поневоле пришлось перейти на малогабаритные виды, требующие меньших производственных площадей и материальных затрат, но принципиальная сторона постановки экспериментов осталась той же.

Какова роль этих экспериментов в развитии биологии и, в частности, теории эволюции? Мне она представляется второстепенной, как и в других науках. Вопреки усердно насаждаемому представлению о ведущей роли эксперимента, самые крупные открытия в физике, от Архимеда и Ньютона до Кюри-Склодовской сделаны в результате незапланированных наблюдений – основного инструмента «описательных» наук. Молекулярная генетика (снова вопреки представлениям, широко распространенным среди людей, неспособных отличить эксперимент от технически оснащенного наблюдения) является наукой на 90% описательной, занимающейся в первую очередь классифицированием компонентов ядерного генома и других биомолекулярных структур.

Источником фундаментального научного знания служит описание грандиозного эксперимента, поставленного самой природой. Научный эксперимент играет подсобную роль, его значение ограничено искажениями, которые вносят в природные процессы действия экспериментатора. Если физики признают неизбежность подобных искажений, то биологи имеют для того еще больше оснований – вспомним хотя бы эксперименты А. Вейсмана, который калечил мышей, чтобы опровергнуть наследование приобретенных признаков и дарвиновский пангенез.

Как и всякая парадигма, СТЭ оказывает практическое влияние на науку, определяя, чем стоит, а чем не стоит заниматься. Сильная парадигма задает направление исследований одному или даже нескольким поколениям ученых. Затем это направление исчерпывается, и ученые обращают взоры к альтернативной теории, которую до сих пор поддерживали лишь отдельные чудаки.

СТЭ принадлежит к числу сверхсильных парадигм, которые столь успешно подавляют конкурирующие теории, что продолжают удерживать свои позиции, несмотря на очевидный застой в направляемых ими исследованиях. Сам факт длительного господства создает впечатление фундаментальности, надежности, успеха усиливающееся достижениями (например, в области биохимии), которые по существу не связаны со СТЭ, но автоматически попадают под ее знамена.

К собственным триумфам СТЭ относятся вошедшие во все учебники объяснения индустриального меланизма у бабочек *Biston betularia*, соотношения однотонных и полосатых форм наземной улитки *Cerpea* и т. п. – почти все они относятся к изучению полиморфизма. В частности, темная окраска оказывается покровительственной на фоне индустриального загрязнения, птицы поедают преимущественно светлые формы. Однако индустриальный меланизм проявляется также у совершенно несъедобных насекомых и даже у кошек. (Далее приводятся другие аналогичные примеры.)

Однако оставим достижения и обратимся к тому, что оказалось за бортом СТЭ. Это в первую очередь то, что называется макроэволюцией, – крупные преобразования органов, возникновение новых категорий признаков, филогенез, происхождение видовых и надвидовых группировок, их вымирание – в общем то ради чего создавалась теория эволюции.

Ничуть не преуменьшая значение индустриального меланизма и отношений между однотонными и полосатыми улитками, отметим, что они все же интересуют нас главным образом как модель исторически более значительных явлений. Но могут ли они служить такой моделью? Позиция СТЭ в отношении макроэволюции определяется общей установкой на экспериментирование как единственный путь подлинно научного исследования. В области макроэволюционных процессов возможности экспериментирования весьма ограничены. Поэтому исследовать их можно лишь с помощью микроэволюционных моделей, полагая, что различия главным образом количественные – в масштабах времени.

И в прошлом (исследования и публикации Филипченко, 1924, 1977), и особенно в последние годы раздавались голоса против этой редуccionистской позиции СТЭ. В противовес ей был выдвинут тезис о несводимости филогенеза к микроэволюционным процессам, необходимости дополнения СТЭ теорией макроэволюции. При этом предполагалось, что микроэволюция удовлетворительно объяснена СТЭ. В действительности ни микро-, ни макропроцессы еще не поняты и говорить об их сводимости или несводимости друг к другу пока преждевременно.

СТЭ, как и классическая эволюционная теория Дарвина, разработана главным образом для процессов, протекающих в устойчивых условиях. Дарвин, принимая униформизм Лайеля в противовес катастрофизму Кювье и его последователей, не интересовался средовыми кризисами. Сейчас они интересуют нас больше, чем что-либо другое, и, кроме того, появилось предположение (проверка которого превратилась в первоочередную задачу), что самые важные эволюционные события происходили в кризисных условиях.

И, наконец, из поля зрения СТЭ почти выпал общий биологический прогресс, сведенный к увеличению численности. Хронологическая последовательность от цианофитов до человека, как бы ее ни называть, представляет собой один из немногих достоверных эволюционных феноменов. Для миллионов людей именно эта последовательность воплощает саму эволюцию. Следовательно, от эволюционной теории в первую очередь требуется ее объяснение. СТЭ дать такового не может, поскольку в решении признаваемых этой теорией эволюционных задач – приспособляемости, выживании, росте численности и разнообразия – цианофиты нисколько не уступают человеку. Поэтому совершенно непонятной оказалась и эволюция человека. Она или совершенно отрывается от предшествующей биологической эволюции, или искусственно вводится в рамки школьного СТЭ-изма.

В силу всех этих обстоятельств современное состояние теории эволюции не вызывает чувства удовлетворения. На этом текст Красилова мы прееваем.

Возникновение Земли и жизни на ней

Формирование Земли

Сведения, содержащиеся в этом разделе, почерпнуты в основном из научно-популярной книги К.Ю. Еськова «Удивительная палеонтология». Автору удалось совместить простоту и лёгкость изложения с научной точностью.

Итак, мы пропускаем историю вопроса, в которой излагаются гипотезы первых шагов формирования нашей планеты, останавливаемся на общепринятом в наше время представлении о холодном образовании Земли. До этого, до начала XX века, считалось, что Земля изначально была горячей. Наиболее существенным для победы «холодной» концепции оказалось то, что был найден убедительный и достаточно простой ответ на вопрос – откуда же берётся тепло, разогревшее недра изначально холодной Земли до столь высоких температур (по современным данным, свыше $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$)? Этих источников тепла, как сейчас полагают, два: энергия распада радиоактивных элементов и гравитационная дифференциация недр. Радиоактивность – источник второстепенный, на него приходится не больше 15 % энергии разогрева. Идея же гравитационной дифференциации недр заключается в следующем.

Усреднённая плотность земного вещества равна 5.5 г/см^3 , а плотность доступных для прямого изучения горных пород вдвое меньше – 2.8 г/см^3 . Отсюда ясно, что вещество в глубоких недрах Земли должно иметь плотность на много выше средней.

Известно, что почти 9/10 массы Земли приходится на долю всего четырёх химических элементов: кислорода, входящего в состав окислов кремния, алюминия и железа. Потому можно утверждать, что более лёгкие наружные слои планеты состоят преимущественно из соединений кремния (алюмо-силикатов), тяжёлые внутренние – из железа.

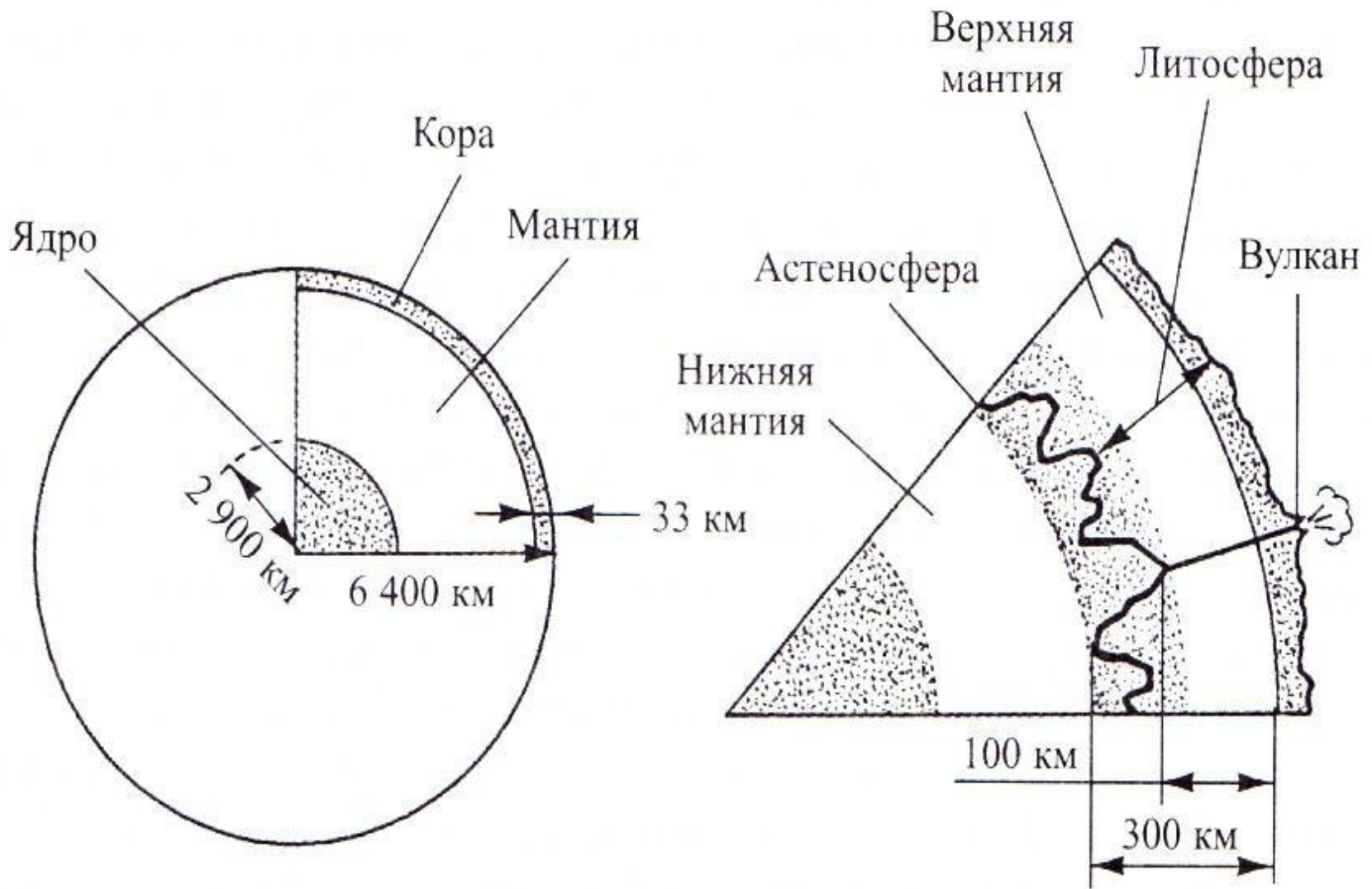
В момент образования Земли «тяжёлые» и «лёгкие» элементы и их соединения не могли не быть полностью перемешаны. Однако дальше начинается их гравитационная дифференциация: под действием силы тяжести «тяжелые» соединения (железо) «тонут» – опускаются к центру планеты, а «легкие» (кремний) – «всплывают» к ее поверхности. Давайте теперь рассмотрим этот процесс в мысленно вырезанном вертикальном столбе земного вещества, основание которого – центр планеты, а вершина – ее поверхность. «Тонущее» железо постоянно смещает центр тяжести этого столба к его основанию. При этом потенциальная энергия столба (пропорциональная произведению массы тела на высоту его подъема, что в нашем случае составляет расстояние между центром Земли и центром тяжести столба) постоянно уменьшается. Суммарная же энергия Земли, в соответствии с законами сохранения, неизменна; следовательно, теряющаяся в процессе гравитационной дифференциации потенциальная энергия может преобразовываться лишь в кинетическую энергию молекул, т. е. выделяться в виде тепла.

Расчеты геофизиков показывают, что эта энергия составляет чудовищную величину 4×10^{30} кал (что эквивалентно триллиону суммарных ядерных боезапасов всех стран мира). Этого вполне достаточно для того, чтобы, даже не прибегая к помощи энергии радиоактивного распада, разогреть недра изначально холодной Земли до расплавленного состояния. Однако, рассчитывая тепловой баланс Земли за всю ее историю, геофизики пришли к выводу, что температура ее недр лишь местами могла достигать до $1\ 600\ ^\circ\text{C}$, в основном составляя около $1\ 200\ ^\circ\text{C}$; а это означает, что наша планета, вопреки бытовавшим ранее представлениям, никогда не была полностью расплавленной. Разумеется, планета постоянно теряет тепловую энергию, остывая с поверхности, но этот расход в значительной степени (если не полностью) компенсируется излучением Солнца.

Итак, Земля на протяжении всей своей истории представляет собой твердое тело (более того, в глубинах, при высоких давлениях – очень твердое тело), которое, однако, парадоксальным образом ведет себя при очень больших постоянных нагрузках как чрезвычайно вязкая жидкость. Сама форма планеты – эллипсоид с чуть выпяченным Северным полюсом и чуть вдавленным Южным – идеально соответствует той, что должна принимать жидкость в состоянии равновесия.

В толще этой «жидкости» постоянно происходят чрезвычайно медленные, но невысказимо мощные движения колоссальных масс вещества, с которыми связаны вулканизм, горообразование, горизонтальные перемещения континентов и т. д. Здесь важно запомнить, что источником энергии для всех этих процессов является в конечном счете все та же гравитационная дифференциация вещества в недрах планеты. Соответственно, когда этот процесс завершится полностью, наша планета станет геологически неактивной, «мертвой» подобно Луне. Согласно расчетам геофизиков, к настоящему моменту уже 85 % имеющегося на Земле железа опустилось в ее ядро, а на «оседание» оставшихся 15 % потребуется еще около 1,5 млрд лет.

В результате гравитационной дифференциации недр планеты оказываются разделенными (как молоко в сепараторе) на три основных слоя: «тяжелый», «промежуточный» и «легкий». Внутренний «тяжелый» слой (с плотностью вещества около 8 г/см^3) – центральное ядро, состоящее из соединений железа и иных металлов; из 6 400 км, составляющих радиус планеты, на ядро приходится 2 900 км. Поверхностный «легкий» слой (плотность его вещества около $2,5 \text{ г/см}^3$) называется корой. Между корой и ядром располагается «промежуточный» слой – мантия; ее породы имеют плотность около $3,5 \text{ г/см}^3$ и находятся в частично расплавленном состоянии.



Структура недр Земли со схематическим вулканом (из Еськов, 2014)

Между корой и ядром располагается «промежуточный» слой – мантия; ее породы имеют плотность около $3,5 \text{ г/см}^3$ и находятся в частично расплавленном состоянии. Верхняя мантия отделена от нижней мантии лежащим в 60-250 км от поверхности расплавленным слоем базальтов – астеносферой; верхняя мантия вместе с корой образует твердую оболочку планеты – литосферу. В астеносфере находятся магматические очаги, питающие вулканы, деятельности которых Земля обязана своей подвижной оболочкой – гидросферой и атмосферой.

Согласно современным представлениям, атмосфера и гидросфера возникли в результате дегазации магмы, выплавляющейся при вулканических процессах из верхней мантии и создающей земную кору. Атмосфера и гидросфера состоят из легких летучих веществ (соединений водорода, углерода и азота), содержание которых на Земле в целом очень мало – примерно в миллион раз меньше, чем в космосе. Причина такого дефицита состоит в том, что эти летучие вещества были «вымыты» еще из протопланетного облака солнечным ветром (т. е. потоками солнечной плазмы) и давлением света. В момент образования Земли из протопланетного облака все элементы ее будущей атмосферы и гидросферы находились в связанном виде, в составе твердых веществ: вода – в гидроокислах, азот – в нитридах (и, возможно, в нитратах), кислород – в окислах металлов, углерод – в графите, карбидах и карбонатах.

Первичная атмосфера была еще очень тонкой, температура на поверхности Земли равнялась температуре лучистого равновесия, получающейся при выравнивании потока солнечного тепла, поглощаемого поверхностью, с потоком тепла, излучаемым ею; для планеты с параметрами Земли температура лучистого равновесия равна примерно 15 °С.

В итоге почти весь водяной пар из состава вулканических газов должен был конденсироваться, формируя гидросферу. В этот первичный океан переходили, растворяясь в воде, и другие компоненты вулканических газов – большая часть углекислого газа, «кислые дымы», окиси серы и часть аммиака. В результате первичная атмосфера (содержащая в равновесии с океаном: водяные пары, CO_2 , CO , CH_4 , NH_3 , H_2S , инертные газы и являющаяся восстановительной) оставалась тонкой и температура на поверхности планеты не отклонялась сколь-нибудь заметно от точки лучистого равновесия, оставаясь в пределах существования жидкой воды. Это и предопределило одно из главных отличий Земли от других планет Солнечной системы – постоянное наличие на ней гидросферы.

Как же изменялся объем гидросферы на протяжении ее истории? В расплавленном базальте (в астеносфере) при температуре 1 000 °С и давлении 5-10 тыс. атмосфер растворено до 7-8 % H₂O: именно столько воды, как установлено вулканологами, дегазируется при излиянии лав. Большая часть этой воды (имеющей, таким образом, мантийное происхождение) пополняла собою гидросферу, но часть ее поглощалась обратно породами океанической коры (этот процесс называется серпентинизацией). Расчеты геофизиков показывают, что в катархее и архее воды в океанских впадинах было мало, и она еще не прикрывала срединно-океанические хребты. В океаническую кору вода поступала не из океанов, а снизу – непосредственно из мантии. В начале протерозоя уровень океанов достиг вершин срединно-океанических хребтов, но на протяжении всего раннего протерозоя практически весь объем поступавшей в океаны воды поглощался породами океанической коры. К началу среднего протерозоя процессы серпентинизации закончились и океаническая кора обрела современный состав. С этого времени объем океанов вновь начал нарастать. Это будет продолжаться (с постепенным замедлением), пока на Земле не прекратятся вулканические процессы.

Если спросить человека: «Отчего море соленое?», он почти наверняка ответит: «Оттого же, отчего солончковые бессточные озера (вроде озера Эльтон, снабжающего нас поваренной солью): впадающие в море реки несут некоторое количество солей, потом вода испаряется, а соль остается». Ответ этот неверен: соленость океана имеет совершенно иную природу, чем соленость внутриконтинентальных конечных водоемов стока. Дело в том, что вода первичного океана имела различные примеси. Одним источником этих примесей были водорастворимые атмосферные газы, другим – горные породы, из которых в результате эрозии (как на суше, так и на морском дне) вымываются различные вещества. «Кислые дымы», растворяясь в воде, давали галогеновые кислоты, которые тут же реагировали с силикатами (основным компонентом горных пород) и извлекали из них эквивалентное количество металлов (прежде всего щелочных и щелочноземельных – Na, Mg, Ca, Sr, K, Li). При этом, во-первых, вода из кислой становилась практически нейтральной, а во-вторых, соли извлеченных из силикатов элементов переходили в раствор; таким образом, вода океана с самого начала была соленой. Концентрация катионов в морской воде совпадает с распространенностью этих металлов в породах земной коры, а вот содержание основных анионов (Cl, Br, SO₄, HCO₃) в морской воде намного выше того их количества, которое может быть извлечено из горных пород. Поэтому геохимики полагают, что все анионы морской воды возникли из продуктов дегазации мантии, а все катионы – из разрушенных горных пород.

Что касается атмосферы, то ее состав стал меняться в протерозое, когда фотосинтезирующие организмы начали вырабатывать (в качестве побочного продукта своей жизнедеятельности) свободный кислород; сейчас считается твердо установленным, что весь свободный кислород планеты имеет биогенное происхождение. Кислород, в отличие от углекислого газа, плохо растворим в воде (соотношение между атмосферным и растворенным в воде CO_2 составляет, как мы видели, 1:60, а для O_2 оно составляет 130:1), и потому почти весь прирост кислорода идет в атмосферу. Там он окисляет CO и CH_4 до CO_2 , H_2S – до S и SO_2 , а NH_3 – до N_2 ; самородная сера, естественно, выпадает на поверхность, углекислый газ и сернистый ангидрид растворяются в океане, и в итоге в атмосфере остаются только химически инертный азот (78 %) и кислород (21 %). Атмосфера из восстановительной становится современной, окислительной; впрочем, подробнее историю кислорода на Земле мы обсудим позднее, там, где речь пойдет о ранней эволюции живых существ.

Помимо кислорода и азота, в атмосфере содержится небольшое количество так называемых парниковых газов – углекислый газ, водяной пар и метан. Составляя ничтожную долю атмосферы (менее 1 %), они, тем не менее, оказывают важное влияние на глобальный климат. Все дело в особых свойствах этих газов: будучи сравнительно прозрачными для коротковолнового излучения, поступающего от Солнца, они в то же время непрозрачны для длинноволнового – излучаемого Землей в космос. По этой причине вариации в количестве атмосферного CO_2 могут вызывать существенные изменения теплового баланса планеты: с ростом концентрации этого газа атмосфера по своим свойствам все более приближается к стеклянной крыше парника, которая обеспечивает нагрев оранжерейного воздуха путем «улавливания» лучистой энергии, – парниковый эффект.

Возникновение жизни на Земле

Следуя далее нити повествования К.Ю. Еськова, мы принимаем, что эволюция биосферы и составляющих её экосистем идёт в целом в сторону возникновения всё более совершенных, то есть более устойчивых и экономных, круговоротов веществ и энергии. Совершенствование направлено на то, чтобы минимизировать безвозвратные потери: экосистема стремится препятствовать вымыванию микроэлементов и захоронению неокисленного углерода, переводить воду из поверхностного стока в подземный (чему особенно способствуют лесные биогеоценозы), аккумулировать солнечную энергию (нагрев поверхности планеты, фотосинтез) и так далее.

Вопрос о происхождении жизни на Земле ещё со времён Э. Геккеля сводят к решению чисто химической задачи: как синтезировать сложные органические макромолекулы (прежде всего белки и нуклеиновые кислоты) из простых (метана, аммиака, сероводорода и пр.), которые составляли первичную атмосферу Земли. Ответ пока не найден.

Авторы данного учебного пособия допускают, что этот ответ и не будет найден до тех пор, пока материалистические и идеалистические воззрения будут восприниматься как не взаимодействующие противоположности. Сама, видимо, абсолютно правильно определённая тенденция к совершенствованию и усложнению экосистем должна быть чем-то обусловлена, а не зависеть от случайных событий стихии.

В 20-е годы прошлого века А.И. Опарин и Дж. Холдейн экспериментально показали, что в растворах высокомолекулярных органических соединений могут возникать зоны повышенной их концентрации – коацерватные капли, которые в определённом смысле ведут себя подобно живым объектам: самопроизвольно растут, делятся и обмениваются веществом с окружающей их жидкостью через уплотнённую поверхность раздела. Затем, в 1953 году С. Миллер воспроизвёл в колбе газовый состав первичной атмосферы Земли (исходя из состава современных вулканических газов) и при помощи электрических разрядов, имитирующих грозы, синтезировал в ней ряд органических соединений, в том числе аминокислоты. Через некоторое время С. Фоксу удалось осуществить безматричный синтез полипептидов (соединить аминокислоты в короткие нерегулярные цепи); подобные полипептидные цепи были потом найдены среди прочей простой органики в метеоритном веществе. Этим и исчерпываются реальные успехи, достигнутые в рамках концепции абиогенеза, если не считать того, что было ясно осознано, по крайней мере, одно фундаментальное ограничение на возможность синтеза «живых» (то есть биологически активных) макромолекул из более простых органических «кирпичиков».

Многие органические соединения представляют собой смесь двух оптических изомеров – веществ, имеющих совершенно одинаковые химические свойства, но различающиеся оптической активностью. Они по-разному отклоняют луч поляризованного света, проходящий через их кристаллы или растворы и в соответствии с направлением этого отклонения называются *право-* или *левоповорачивающими*. Это явление связывают с наличием в молекуле таких веществ асимметричного атома углерода, к четырём валентностям которого могут в разном порядке присоединяться четыре соответствующих радикала.

Сейчас известно, что все белки на нашей планете построены только из левоповорачивающих аминокислот, а нуклеиновые кислоты – из правоповорачивающих сахаров, это свойство, называемое хиральной чистотой, считается одной из фундаментальных характеристик живого. А поскольку при любом абиогенном синтезе (например в аппарате Миллера) образующиеся аминокислоты будут состоять из приблизительно равных (по теории вероятностей) долей право- и левоповорачивающих изомеров. Химически эти изомеры неразделимы. А оптической активностью обладают лишь природные сахара и ни один из синтетических, а упомянутые выше полипептиды из метеоритного вещества состоят из равных долей право- и левоповорачивающих аминокислот.

Между тем даже успешный синтез «живых» макромолекул (до которого еще, как говорится, «семь верст – и все лесом») сам по себе проблемы не решает. Для того чтобы макромолекулы заработали, они должны быть организованы в клетку. Причем никаких возможностей для «промежуточной посадки» в ходе этого немыслимой сложности «перелета» вроде бы не просматривается: все так называемые доклеточные формы жизни (вирусы) являются облигатными (т. е. обязательными) внутриклеточными паразитами, а потому вряд ли могут являться предшественниками клеток. Пропасть, отделяющая полный набор аминокислот и нуклеотидов от простейшей по устройству бактериальной клетки, в свете современных знаний стала казаться еще более непреодолимой, чем это представлялось в XIX веке.

Известна такая аналогия: вероятность случайного возникновения осмысленной аминокислотно-нуклеотидной последовательности соответствует вероятности того, что типографский шрифт, сброшенный с крыши небоскреба, сложится в 105-ю страницу романа «Война и мир».

Абиогенез (в его классическом виде) как раз и предполагал такое «сбрасывание шрифта» – 1 раз, 10 раз, 10100 раз (пока шрифт не сложится в требуемую страницу).

Сейчас всем понятно, что это просто несерьезно: потребное для этого время (его вполне можно рассчитать) намного порядков превосходит время существования всей нашей Вселенной (не более 20 млрд лет). В результате мы оказываемся перед неизбежной необходимостью признать прямое вмешательство в этот случайный процесс Бога (тут можно придумать какие-нибудь эвфемизмы, но суть от этого не изменится); а раз так, то данная проблема, как легко догадаться, вообще не относится к сфере науки. Получается, что, по крайней мере, при чисто химическом подходе проблема зарождения жизни принципиально неразрешима.

В качестве альтернативы абиогенезу выступала концепция панспермии, связанная с именами таких выдающихся ученых, как Г. Гельмгольц, У. Томсон (лорд Кельвин), С. Аррениус, В. И. Вернадский. Эти исследователи полагали, что жизнь столь же вечна и повсеместна, как материя, и зародыши ее постоянно путешествуют по космосу. Аррениус, в частности, доказал путем расчетов принципиальную возможность переноса бактериальных спор с планеты на планету под действием давления света. Предполагалось также, что вещество Земли в момент ее образования из газо-пылевого облака уже было «инфицировано» входившими в состав последнего «зародышами жизни».

Концепцию панспермии обычно упрекают в том, что она не дает принципиального ответа на вопрос о путях происхождения жизни и лишь отодвигает решение этой проблемы на неопределенный срок. При этом молчаливо подразумевается, что жизнь должна была произойти в некой конкретной точке (или в нескольких точках) Вселенной и далее расселяться по космическому пространству – подобно тому, как вновь возникшие виды животных и растений расселяются по Земле из района своего происхождения. В такой интерпретации гипотеза панспермии действительно выглядит просто уходом от решения поставленной задачи. Однако суть этой концепции заключается вовсе не в романтических межпланетных странствиях «зародышей жизни», а в том, что жизнь как таковая просто является одним из фундаментальных свойств материи и вопрос о «происхождении жизни» стоит в том же ряду, что и, например, вопрос о «происхождении гравитации». Легко видеть, что из двух исходных положений концепции панспермии – вечность жизни и повсеместность ее распространения – фальсифицируемым (т. е. проверяемым) является лишь второе. Однако все попытки обнаружить живые существа (или их ископаемые остатки) вне Земли, прежде всего в составе метеоритного вещества, так и не дали положительного результата.

Сам Еськов заключает данный раздел таким образом: «Следует упомянуть еще об одном обстоятельстве. Многие биологические журналы не принимают к публикации статьи по проблеме происхождения жизни (это как с проектами вечного двигателя). А журналы по лингвистике не принимают статьи о «происхождении языка». Наука имеет дело лишь с неединичными, повторяющимися явлениями, вычлняя их общие закономерности и частные особенности. Например, биологическая эволюция является предметом науки лишь постольку, поскольку представлена совокупностью отдельных эволюционных актов, хотя такие явления, как Жизнь и Разум, известны нам как уникальные, возникшие однократно в конкретных условиях Земли. И до тех пор, пока мы не разрушим эту уникальность (например, обнаружив жизнь на других планетах или синтезировав реального гомункулуса), проблема возникновения жизни обречена оставаться предметом философии, богословия, научной фантастики – чего угодно, но только не науки (невозможно строить график по единственной точке). Именно поэтому большинство биологов относится к обсуждению этой проблемы с нескрываемой неприязнью: профессионалу, заботящемуся о своей репутации, всегда претит высказывать суждения в чужой для себя области. Выдающийся генетик Н. В. Тимофеев-Ресовский, к примеру, имел обыкновение на все вопросы о происхождении жизни на Земле отвечать: «Я был тогда очень маленьким и потому ничего не помню. Спросите-ка лучше у академика Опарина»».