

ХРЕСТОМАТИЯ

В данном разделе представлены избранные фрагменты оригинальных публикаций, для понимания которых достаточно знаний, полученных при работе с курсом КСЕ.

К введению

Сноу Ч.П. *Две культуры**

...Попытки разделить что бы то ни было на две части, естественно, должны внушать самые серьезные опасения. Одно время я думал внести какие-то добавления, но потом отказался от этой мысли. Я хотел найти нечто большее, чем выразительная метафора, но значительно меньшее, чем точная схема культурной жизни. Для этих целей понятие «две культуры» подходит как нельзя лучше; любые дальнейшие уточнения принесли бы больше вреда, чем пользы.

...На одном полюсе – культура, созданная наукой. Она действительно существует как определенная культура не только в интеллектуальном, но и в антропологическом смысле. Это значит, что те, кто к ней причастен, не нуждаются в том, чтобы полностью понимать друг друга, что и случается довольно часто. Биологи, например, сплошь и рядом не имеют ни малейшего представления о современной физике. Но биологов и физиков объединяет общее отношение к миру; у них одинаковый стиль и одинаковые нормы поведения, аналогичные подходы к проблемам и родственные исходные позиции. Эта общность удивительно широка и глубока. Она прокладывает себе путь наперекор всем другим внутренним связям: религиозным, политическим, классовым... По характеру работы и по общему складу духовной жизни они гораздо ближе друг к другу, чем к другим интеллигентам, придерживающимся тех же религиозных и политических взглядов или вышедшим из той же среды. На другом полюсе отношение к жизни гораздо более разнообразно. Совершенно очевидно, что, если кто-нибудь захочет совершить путешествие в мир интеллигенции, проделав путь от физиков к писателям, он встретит множество различных мнений и чувств.

* При составлении хрестоматии частично использованы материалы издания: *Концепции современного естествознания: хрестоматия / сост. А.Ю. Чмыхало. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 103 с.*

Но я думаю, что полюс абсолютного непонимания науки не может не влиять на всю сферу своего притяжения. Абсолютное непонимание, распространенное гораздо шире, чем мы думаем, – в силу привычки мы просто этого не замечаем, – придает привкус ненаучности всей «традиционной» культуре, и чаще, чем мы предполагаем, эта ненаучность едва удерживается на грани антинаучности.

Устремления одного полюса порождают на другом своих антиподов. Если ученые несут будущее в своей крови, то представители традиционной культуры стремятся к тому, чтобы будущего вообще не существовало. Западный мир руководствуется традиционной культурой, и вторжение науки лишь в ничтожной степени поколебало ее господство.

...Поистине удивительно, насколько поверхностным оказалось влияние науки XX века на современное искусство. От случая к случаю попадаются стихи, в которых поэты сознательно используют научные термины, причем обычно неправильно. Одно время в поэзии вошло в моду слово «рефракция», получившее совершенно фантастический смысл. Потом появилось выражение «поляризованный свет»; из контекста, в котором оно употребляется, можно понять, что писатели считают, будто это какой-то особенно красивый свет.

Совершенно ясно, что в таком виде наука вряд ли может принести искусству какую-нибудь пользу. Она должна быть воспринята искусством как неотъемлемая часть всего нашего интеллектуального опыта и использоваться так же непринужденно, как всякий другой материал.

...Результат научной деятельности, любое по-настоящему законченное научное произведение само по себе также имеет эстетическую ценность. Суждения ученых о такого рода работах чаще всего выражаются в эстетических терминах: «Это прекрасно!» или «Это действительно очень красиво!» (как обычно говорят более сдержанные англичане). Эстетические достоинства научных открытий, так же как эстетические достоинства произведений искусства, весьма разнообразны. Мы считаем прекрасными всеобъемлющие теории типа ньютоновской теории всемирного тяготения, потому что нас поражает их классическая простота, но мы ценим и другой род красоты, свойственный релятивистскому обобщению волнового уравнения или описанию структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты, прежде всего из-за их неожиданности. Ученые безошибочно распознают такого рода красоту, когда она встречается на их пути. Наоборот, «некрасивость» возбуждает подозрения ученых, и история показывает, что подозрения эти обычно оправданы. Большинство физиков, например, инстинктивно чувствует, что причуд-

ливый набор известных сейчас элементарных частиц, пестрый, как коллекция марок, вряд ли надолго останется последним словом науки.

Эстетическую ценность имеет не только «чистая» наука. В прикладной науке есть своя красота, которая, как мне кажется, по характеру ничем не отличается от красоты «чистой» науки. Магнетрон оказался крайне полезным прибором и в то же время очень красивым, причем его красота была прямым следствием его рабочих качеств, ибо этот прибор наиболее экономно делал в точности то, для чего он был предназначен. Инженеры, занятые совершенствованием техники, ценят эстетические достоинства не меньше ученых. Когда они пренебрегают эстетикой и конструируют неуклюжее оборудование, вдвое более тяжелое, чем это необходимо, они первыми понимают, что изменяют своим принципам.

Таким образом, совершенно ясно, что наука доставляет эстетическое удовольствие как в процессе творчества, так и по достижении определенных результатов.

...Ученые знают, что истина – в том смысле, в котором они и все мы употребляем это слово в повседневной речи, есть то, во имя чего существует наука. Этого для них вполне достаточно. На этом покоится величественное здание современной науки. Как бы то ни было, истина, в прямом понимании самих ученых, – это то, что они пытаются узнать.

А узнать им нужно, что же находится там. Без этого стремления наука не существует. В нем заключена та движущая сила, которая вызывает к жизни научную деятельность. Это стремление внушает ученым непререкаемое уважение к истине на каждом этапе их работы. Иными словами, если вы хотите узнать, что находится там, вы не должны обманывать ни самих себя, ни других. Вы не должны лгать самому себе. Или еще грубее, вы не должны подтасовывать экспериментальные данные...

...Стремление найти истину само по себе является моральным импульсом или, во всяком случае, содержит моральный импульс. Методы, которыми ученые пользуются, чтобы отыскать истину, обязывают их к строгой моральной дисциплине.

Наука – саморегулирующаяся система. Это означает, что никакая подделка (или чистосердечное заблуждение) не может остаться незамеченной в течение длительного времени. Ни в какой критике извне наука не нуждается, потому что критицизм свойствен самому научному процессу. Так что единственный вред, который приносит научное жульничество, состоит в том, что ученые теряют время на изобличение мошенников.

Грядущие революции в фундаментальной физике

...Теория струн представляет собой теорию нового типа, олицетворяющую разрыв физики со своей прошлой историей. Традиционно мы добивались прогресса в фундаментальной физике за счет зондирования материи на всё меньших расстояниях и обнаружения там всё более фундаментальных ее составляющих. За века мы узнали, что материя состоит из атомов, а атомы из плотных ядер, окруженных электронами, которые даже сегодня представляются нам неделимыми точечными частицами. Однако само ядро имеет структуру. Заглянув внутрь атомного ядра, мы выяснили, что оно состоит из нуклонов – протонов и нейтронов. В прошлом столетии мы прондировали протон и нейтрон и открыли, что они состоят из кварков – по-настоящему точечных частиц. Стандартная модель как раз и основана на кварках и лептонах в качестве точечных элементарных частиц. Казалось бы, следующая стадия объединения будет связана с выявлением еще более мелких точечных частиц, неких субкварков и сублептонов. Однако на этот счет теория струн однозначно отвечает «нет». Если бы у вас был некий идеальный микроскоп с разрешением на уровне длины Планка, то вместо точечных частиц вы бы увидели в него протяженные струны.

Согласно теории струн, базовыми составляющими материи являются не точечные частицы, а протяженные одномерные струны. Это важный разрыв с исторической традицией, складывавшейся в течение двух тысячелетий.

Идея, что все частицы на самом деле представляют собой струны, обладает хорошим потенциалом стать объединяющей, поскольку струна может принимать множество различных конфигураций и представляет собой значительно более усложненный объект, нежели точка. Может статься, что все наблюдаемые нами частицы – суть просто различные гармоника, различные моды колебаний одной и той же струны. Именно такой подход постулируется теорией струн. Струна может вибрировать бесконечным числом образов, и каждая из мод ее вибрации представляется нам на большом удалении точечной частицей.

Итак, теория струн видоизменяет подход к теории строения материи, заменяя фундаментальные частицы в роли первичных составляющих материи различными модами колебаний единственной протяженной струны. Однако во всём остальном теория струн не вносит радикальных изменений в начала физики. И это мудро. Принципиально

изменить фундаментальный каркас физической науки очень непросто. Такие изменения – крайне редкое явление в истории физики. Со времен Ньютона до эпохи Эйнштейна и Гейзенберга радикальных изменений в физике было крайне мало. Большинство попыток изменить концепции и модифицировать фундаментальные законы физики противоречат либо экспериментальным данным, либо здравой логике. Любое видоизменение фундаментальных физических законов требует предельной осторожности. Следует видоизменять как можно меньшее число принципов. И теория струн, пока что, изменила концептуальную модель фундаментальной физики лишь в том смысле, что вместо точечных частиц в качестве первоэлементов мы теперь имеем струны.

Вообще говоря, теория струн развивалась на протяжении последних 37 лет путем сохранения всех проверенных физических принципов, кроме одного, согласно которому материя состоит из точечных частиц. Мы придерживаемся традиционных правил релятивистской квантовой механики, только вместо частиц теперь квантуем струны. Для выведения законов, описывающих динамику струн, мы просто обобщаем, весьма прямолинейным и естественным образом, законы, которым подчиняется динамика частиц. Скажем, вы хотите обсудить движение частицы. Одним из способов описания движения свободной частицы в пространстве определенной геометрии является формулировка, согласно которой частица движется по некоей траектории в пространстве-времени. Это так называемая «мировая линия» частицы. Затем мы переходим к построению так называемого «действия», в роли которого, в случае свободной частицы, выступает инвариантная длина мировой линии в пространстве-времени.

Динамика свободной частицы определяется заявлением, что свободная частица движется вдоль мировой линии с наименьшим суммарным действием на всем ее протяжении. Из этого динамического принципа наименьшего действия следует, что свободные частицы движутся по прямой в неискривленном пространстве-времени и вдоль геодезических линий в искривленном. Строя теорию струн, мы постулируем то же самое. Мы утверждаем, что струна движется в пространстве вдоль мирового листа или по мировой трубе.

Для расчета траектории движения струн мы, опять же, минимизируем естественный аналог длины пути – площадь трубы. Итак, мы просто заменяем частицы струнами, линии трубами, а длины площадями, – только и всего. Основные правила (пертурбативной) теории струн очень просты. Математический аппарат несколько усложняется, но концепту-

ально мы изменяем очень немного. Лет через сто, возможно, теорию струн будут преподавать в высшей школе.

...Мы исследуем и развиваем теорию струн уже многие годы, и она, совершенно определенно, выглядит полностью согласованной. Возможно, она не описывает реального физического мира; возможно, она неполна; но она определенно является согласованным логическим расширением физики.

Некоторые из нас полагают, однако, что она обернется гораздо большим: что теория струн приведет к настоящей революции в физике, сопоставимой с революционными изменениями, приведшими к возникновению теории относительности квантовой механики в начале XX столетия. Вышеназванные предыдущие революции в понятиях имели прямое отношение к двум ранее названным мною фундаментальным размерным константам: скорости света c и планковскому кванту действия h . Они расширили представления классической физики, однако релятивистские теории сводятся к классической физике при низких скоростях, а квантовая механика – к классической механике в системах, где действие достаточно велико по сравнению с h .

Многие из нас полагают, что теория струн окажется столь же революционной, если не более, в отношении третьей универсальной размерной константы – постоянной Ньютона G или длины Планка l_p . В то же время на расстояниях много больше l_p теория струн сведется к классической квантовой теории поля, а струны будут выглядеть как частицы.

Два других достижения теории струн – это то, что она, во-первых, дает нам согласованную, конечномерную, хорошо определенную теорию квантовой гравитации, а во-вторых, оказывается очень богатой структурой, включающей, помимо гравитации, и все прочие элементы, необходимые нам для построения Стандартной модели, – калибровочные взаимодействия Янга–Миллса, кварки, лептоны и тому подобное. Вполне возможно, что в рамках теории струн мы даже сможем добиться искомого объединения.

elementy.ru/lib/43017

К главе 4

А. Эйнштейн

*Развитие идей от первоначальных понятий до теории относительности и квантов **

...Не входя в формальную структуру теории, мы охарактеризуем некоторые черты новой теории тяготения для сравнения со старой. Не слишком трудно будет понять природу различий обеих теорий после всего, что было ранее сказано.

1. Гравитационные уравнения общей теории относительности могут быть применены к любой системе координат. Выбрать какую-либо особую систему координат в специальном случае – дело лишь удобства. Теоретически допустимы все системы координат. Игнорируя тяготение, мы автоматически возвращаемся к инерциальной системе специальной теории относительности.

2. Ньютонов закон тяготения связывает движение тела здесь и теперь с действием другого тела в то же самое время на далеком расстоянии. Этот закон стал образцом для всего механистического мировоззрения. Но механистическое мировоззрение потерпело крах. В уравнениях Максвелла мы создали новый образец для законов природы. Уравнения Максвелла суть структурные законы. Они связывают события, которые происходят теперь и здесь, с событиями, которые происходят немного позднее и в непосредственном соседстве. Они суть законы, описывающие электромагнитное поле. Наши новые гравитационные уравнения суть также структурные законы, описывающие изменение поля тяготения. Мы можем сказать, что переход от ньютонова закона тяготения к общей теории относительности до некоторой степени аналогичен переходу от теории электрических жидкостей и закона Кулона к теории Максвелла.

3. Наш мир неевклидов. Геометрическая природа его образована массами тел и их скоростями. Гравитационные уравнения общей теории относительности позволяют раскрыть геометрические свойства нашего мира.

Предположим на минуту, что нам удалось последовательно выполнить программу общей теории относительности. Но не грозит ли нам опасность увлечения спекуляциями, слишком далекими от реальности? Мы знаем, как хорошо старая теория объясняет астрономические наблюдения. Можно ли построить мост между новой теорией и наблюдением? Каждое рассуждение должно проверяться экспериментом, и любые выводы, как бы привлекательны они ни были, должны

отбрасываться, если не соответствуют фактам. Как выдержала новая теория тяготения экспериментальную проверку? Ответ на этот вопрос можно дать в следующем предложении: старая теория есть особый предельный случай новой. Если силы тяготения сравнительно слабы, прежний ньютонов закон оказывается хорошим приближением к новым законам тяготения. Таким образом, все наблюдения, подтверждающие классическую теорию, подтверждают и общую теорию относительности. Мы вновь приходим к старой теории от более высокого уровня новой.

Даже если бы нельзя было указать дополнительных наблюдений в пользу новой теории, если бы ее объяснения были лишь столь же хороши, как и объяснения старой теории, представляя тем самым свободный выбор между обеими теориями, мы должны были бы отдать предпочтение новой. Уравнения новой теории с формальной точки зрения сложнее, но их предпосылки, с точки зрения основных принципов, гораздо проще. Исчезли два страшных привидения – абсолютное время и инерциальная система.

...Из новых гравитационных законов могут быть сделаны и новые выводы, не содержащиеся в законах тяготения Ньютона. Один вывод, а именно отклонение светового луча в поле тяготения, уже указывался. Приведем еще два других следствия.

Если старые законы вытекают из новых, когда силы тяготения слабы, то отклонения от ньютонова закона тяготения можно ожидать только для сравнительно больших сил тяготения. Возьмем нашу Солнечную систему. Планеты, и среди них наша Земля, движутся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. Меркурий – планета, наиболее близкая к Солнцу. Притяжение между Солнцем и Меркурием сильнее, чем между Солнцем и любой другой планетой, так как расстояние его от Солнца меньше. Если имеется какая-либо надежда найти отклонение от закона Ньютона, то наибольший шанс – движение Меркурия. Из классической теории следует, что путь, описываемый Меркурием, того же вида, как и путь любой другой планеты, и отличается лишь тем, что он ближе к Солнцу. Согласно общей теории относительности движение должно немного отличаться. Не только Меркурий должен вращаться вокруг Солнца, но и эллипс, который он описывает, должен очень медленно вращаться относительно системы координат, связанной с Солнцем. Это вращение эллипса выражает новый эффект общей теории относительности. Новая теория предсказывает величину этого эффекта. Эллипс Меркурия осуществлял бы полное вращение в три миллиона лет! Мы видим, как незначителен этот эффект и как безнадежно было

бы искать его в отношении планет, обращающихся на более далеком расстоянии от Солнца.

Отклонение орбиты планеты Меркурий от эллиптической было известно прежде, чем была сформулирована общая теория относительности, но никакого объяснения этому нельзя было найти. С другой стороны, общая теория относительности развивалась без всякого внимания к этой специальной проблеме. Заключение о вращении эллипса при движении планеты вокруг Солнца было сделано позднее из новых гравитационных уравнений. Теория успешно объяснила отклонение действительно происходящего движения Меркурия от движения, предписываемого законом Ньютона.

К главе 6

Слабая и сильная формулировки Антропного принципа

Этот принцип был сформулирован впервые американским физиком Р.Х. Дайком в 1961 г. Известны различные, отличающиеся своей полнотой, формулировки этого принципа.

В его слабой форме, по Клифтону, он гласит:

Физическая Вселенная, которую мы наблюдаем, представляет собой структуру, допускающую наше присутствие как наблюдателей.

Каков теоретически-познавательный статус Антропного принципа (далее в тексте АП)? Во-первых, он напоминает о том, что при разработке теорий следует изначально учитывать наблюдателя. Каждая космологическая теория должна быть совместима с наличием наблюдателя. Применительно к космическим теориям это означает, что не следует создавать теорий, вообще не допускающих существования наблюдателя. АП играет, таким образом, роль «фильтра» для возможных теорий...

Во-вторых, АП обращает внимание на то, что возможности для жизни тесно связаны с законами природы и общекосмическим развитием и их не следует рассматривать и понимать независимо от последних.

...Существуют формулировки АП, которые говорят больше, чем слабый антропный принцип. Например: *Законы и построение Вселенной должны быть таковы, что она непременно когда-нибудь должна породить наблюдателя.*

Эту и подобные формулировки называют Сильным антропным принципом. Они восходят к работам Б. Картера. Возникновение жизни декларируется здесь как необходимое свойство Вселенной.

- Сознание предполагает, что существует жизнь.

- Для своего возникновения жизнь нуждается в химических элементах и прежде всего в таких, которые тяжелее водорода и гелия.
- Тяжелые элементы возникают только в результате термоядерного сгорания легких элементов, то есть при слиянии ядер атомов.
- Слияние ядер происходит только в глубинах звезд и требует по крайней мере нескольких миллиардов лет для того, чтобы возникло значительное количество тяжелых элементов.
- Временные интервалы порядка нескольких миллиардов лет возможны лишь во вселенной, которая сама существует по крайней мере несколько миллиардов лет и имеет, таким образом, протяженность в несколько миллиардов световых лет.

Поэтому ответ на вопрос – почему наблюдаемая нами Вселенная так стара и так велика – может только гласить: потому что в противном случае человечества вообще не было бы.

*Питер К. Хегеле. Рассчитан ли космос на человека?//
Поиск. – 2001. – №5 (611). – С. 1–13.*

Столкновение галактик

Столкновение галактик – огромных космических объектов – происходит с немыслимой силой: высвобождается энергия и перемещаются массы в количествах, превосходящих любое воображение.

Очень мала вероятность того, что при этом будут сталкиваться, соударяться отдельные звезды, поскольку, как правило, они удалены друг от друга на расстояния, в сотни миллионов раз превышающие их диаметр, в то время как промежутки между галактиками превосходят размеры этих звездных островов лишь в десятки и сотни раз. Поэтому столкновение галактик во много раз вероятнее, чем отдельных звезд.

...Иногда карликовая галактика просто пронзает большую звездную спираль. Вторгшаяся галактика, проходя сквозь спираль, притягивает к себе ее отдельные звезды. В результате, когда карлик покидает большую спираль, часть ее звезд образует что-то вроде кольцевого коридора. В нем остаются газовые облака, которые служат материалом для зарождения новых светил. Самый знаменитый из таких объектов – галактика под названием «Каретное колесо» в созвездии Скульптора.

Самая близкая к нам пара сталкивающихся звездных островов находится в созвездии Ворона на расстоянии 63 млн световых лет. Это пара – NGC 4038 и NGC 4039, но больше они известны астрономам и любителям астрономии как «Антенные галактики». Такое название галактики заслужили потому, что тяготение вырвало из них длинные ленты,

состоящие из газа и звезд и напоминающие по форме усики-антенны насекомых. Что произойдет при столкновении галактик, зависит и от геометрии удара, и от скорости, с которой он совершается. Результаты компьютерного моделирования (рис. 159) показали, что при скорости сближения 200 км/с системы чаще всего сливаются, при 600 км/с они проходят сквозь друг друга, как два привидения. А если сближение идет со скоростью до 1000 км/с, галактики разлетаются в клочья...

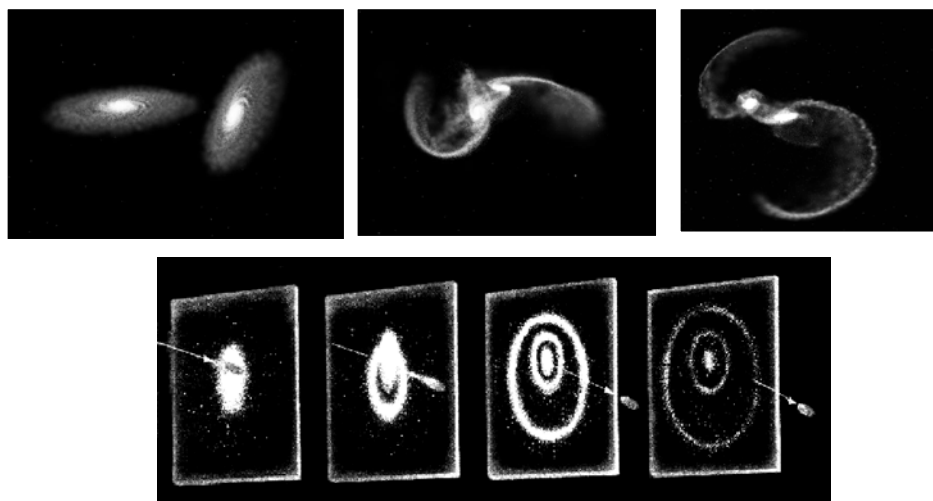


Рис. 159. Результаты компьютерного моделирования. На верхних кадрах показаны этапы слияния галактик, на нижних – пролета карликовой галактики через более крупную

Приливные силы не только искажают формы галактик, они приводят в движение облака газа и пыли, которые, например, в спиральных системах составляют до 20 % их видимой массы. Эти облака, уплотняясь во время действия приливных сил, дают жизнь новым звездам. Процесс рождения небесных тел идет очень быстро. Поэтому светимость галактики за немногие миллионы лет многократно усиливается.

Получается, что космические столкновения не ведут к уничтожению обитателей неба, а, наоборот, служат источником вечной юности космоса, омолаживают его.

Николаев Г. Столкновение галактик // Наука и Жизнь. – 1999 –1. – С. 61–64.

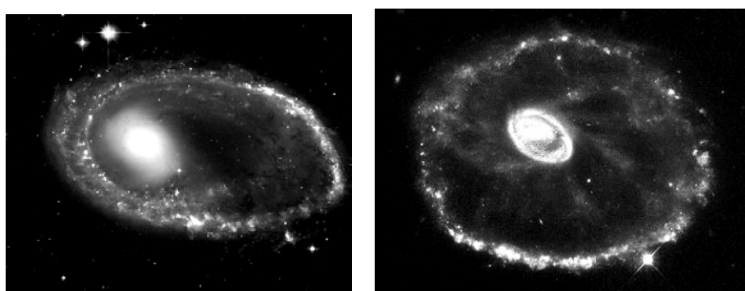


Рис. 160. Фотографии галактик необычной формы

На рис. 160 приведены документальные фотографии кольцевых структур, образование которых связывают с результатом пролета через галактики других галактик. Качественно это согласуется с результатами компьютерного моделирования. Справа показана давно известная галактика Колесо телеги (галактика Картвелы, по имени первооткрывателя). Слева приведена фотография, полученная телескопом «Хаббл» в 2004 г.

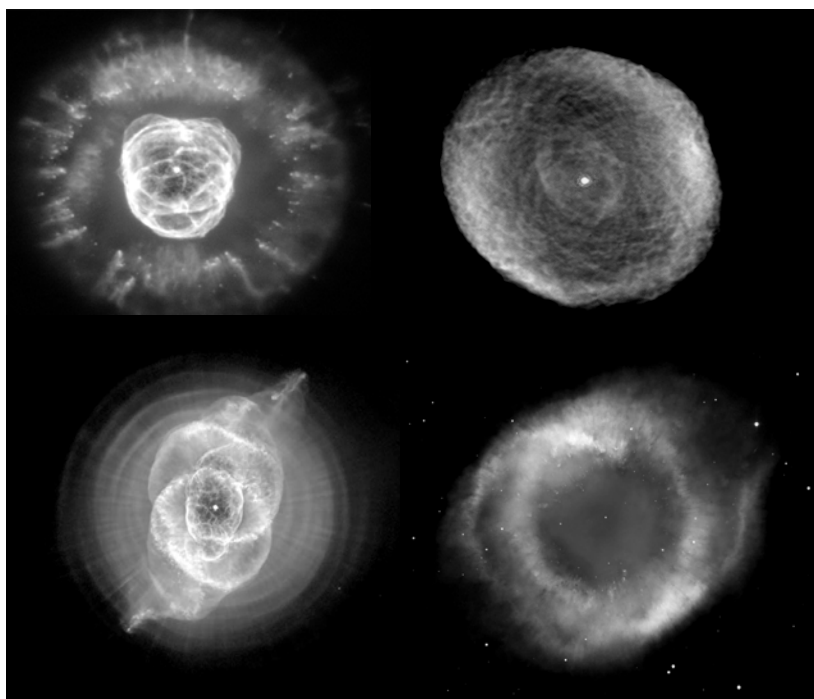


Рис. 161. Фотографии планетарных туманностей

На документальных фотографиях, полученных с помощью космического телескопа «Хаббл» (рис. 161), представлены различные формы планетарных туманностей. Симметричная форма свидетельствует о проявлении закона сохранения импульса в мегамире. Яркая звездочка в центре планетарной туманности представляет собой Белый карлик.

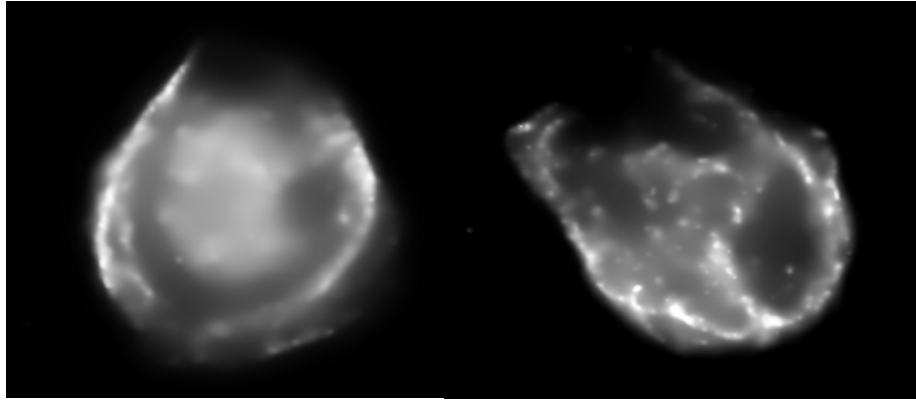


Рис. 162. Фотографии оболочек сверхновых

Фотографии ударных волн от взрыва сверхновых звезд (рис. 162) получены с помощью рентгеновского телескопа «Чандра» (Чандрасекар). Говорят образно, что «в капле воды отражается Океан». Здесь разлетающиеся оболочки взорвавшихся звезд (Красных сверхгигантов) похожи на капли воды...

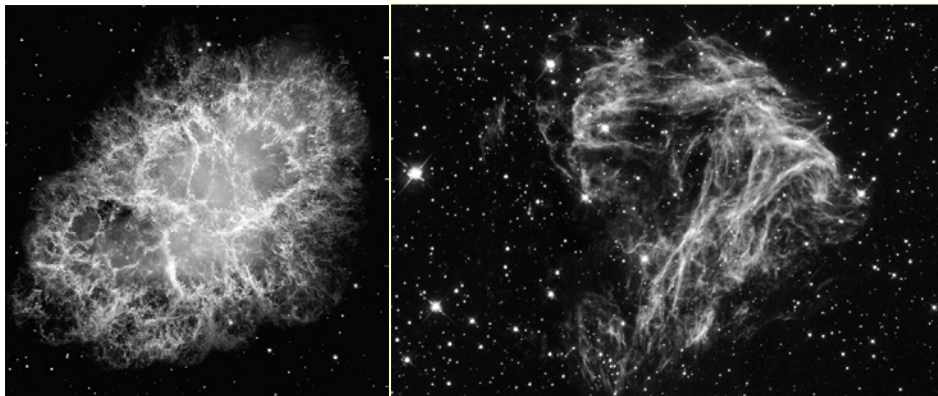


Рис. 163. Фотографии остатков оболочек сверхновых звезд

Остатки оболочек сверхновых звезд на разных этапах их эволюции представлены на рис.163. Слева представлена фотография Крабовидной туманности, полученная наложением отдельных снимков, сделанных в различных диапазонах электромагнитных волн, от инфракрасной области спектра до ультрафиолетового.

Справа показан вид туманности, носящей название Волосы ведьмы. Действительно, есть сходство с париком.

Роберт Шапиро
У истоков жизни

Все теории возникновения жизни можно свести к двум категориям (рис. 164). Одни предполагают, что вначале случайно образовался репликатор – крупная молекула, способная к самовоспроизведению (например, РНК).

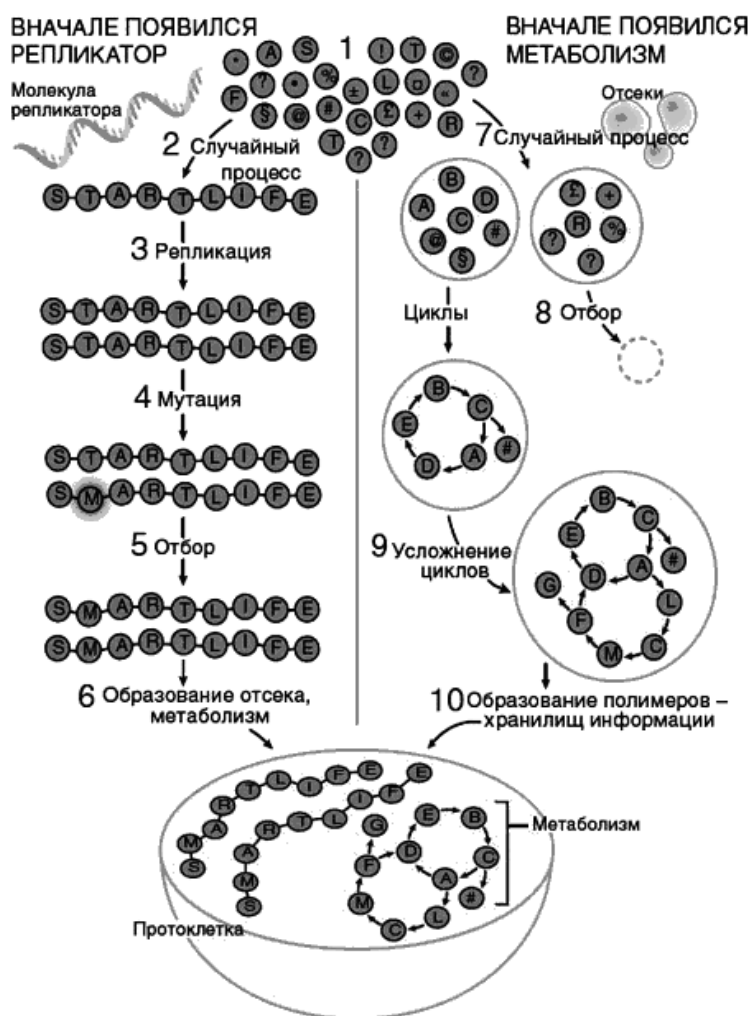


Рис. 164. Схема конкурирующих процессов

Согласно другим, сначала появился метаболизм, в процессе которого малые молекулы образовали сеть химических реакций. Теории, предполагающие, что «вначале был репликатор», должны объяснить, как столь сложная молекула могла возникнуть безо всякого воздействия естественного отбора.

Версии, утверждающие, что «вначале был метаболизм», должны доказать, что на первобытной Земле существовали предпосылки для

образования и поддержания химических сетей, способных к расширению и эволюции.

...Мы полагаем, что ни ДНК, ни РНК, ни белки, ни другие крупные молекулы не могли находиться у истоков жизни. Остается предположить, что первоосновой были небольшие молекулы. Подобные гипотезы восходят к идеям советского биохимика А.И. Опарина. Они различаются лишь в деталях и удовлетворяют нескольким общим принципам.

1. Для разграничения живого и неживого нужна поверхность раздела. Отличительной особенностью живых систем является их высокая упорядоченность. В то же время, согласно второму закону термодинамики, Вселенная изменяется в направлении, при котором ее неупорядоченность (энтропия) возрастает. Однако есть небольшая уловка, с помощью которой можно понизить энтропию в ограниченном объеме при условии, что вне его она повысится на большую величину. В ходе роста и размножения живых клеток происходит превращение химической или радиационной энергии в тепло, под воздействием которого энтропия среды повышается, компенсируя ее понижение в клетках. Границы раздела обеспечивают изоляцию «жилых помещений» от окружения, в котором они образовались.

Нынешние живые клетки отделены от среды и друг от друга бислойной липидной мембраной. Когда жизнь только зарождалась, роль мембраны, вероятно, играли какие-то естественные перегородки. Так, Дэвид Дример (David W. Dreame) из Калифорнийского университета в г. Санта-Крус обнаружил в составе упавших на Землю метеоритов мембраноподобные структуры. Возможно, перегородками служили мембраны из сульфида железа, поверхности каких-либо широко распространенных минералов (на них могли избирательно адсорбироваться заряженные молекулы), аэрозоли и т. д.

2. Процесс упорядочения невозможен без притока энергии. Наш организм получает энергию, сжигая углеводы и жиры в ходе химического взаимодействия с кислородом, который мы вдыхаем. Микроорганизмы менее «привередливы» и могут использовать в качестве питательных веществ минералы. Однако в обоих случаях биохимические превращения по сути представляют собой окислительно-восстановительные реакции.

3. Высвобождение энергии должно быть сопряжено с процессами упорядочения системы. Ежедневно клетки нашего организма расщепляют огромное количество высокоэнергетического соединения аденозинтрифосфата (АТФ). Высвобождаемая энергия служит движущей силой процессов, без которых биохимические реакции невозможны.

Одно из допущений теории возникновения жизни из малых молекул состоит в том, что сопряженных реакций и примитивных катализаторов достаточно для зарождения жизни.

4. Адаптация и эволюция невозможны без цепи химических реакций. Предположим, что некая энергетически выгодная окислительно-восстановительная реакция с участием минерала обеспечивает превращение органического вещества А в другое вещество, В, причем весь процесс протекает в замкнутом пространстве. Назовем такое ключевое превращение «движущей реакцией», поскольку оно играет роль двигателя для упорядочения системы. Если В просто вновь превращается в А или покидает «место действия», то никакого повышения упорядоченности не произойдет. Но если существует многоступенчатый путь, например, В преобразуется в С, С – в D, а D снова в А, то мы получаем замкнутый цикл. Он обеспечивает непрерывность превращений, поскольку пополняет запасы А и поставляет энергию, необходимую для самоподдержания. Цепочка может иметь ответвления. Например, возможно преобразование D в другое химическое соединение, E, но чтобы такое отклонение не привело к обрыву цикла, равновесие реакции должно быть смещено в сторону формирования D.

Если колебание кислотности среды или какие-то другие обстоятельства «перекроют дорогу» от В к А, то поток вещества будет изменять направление, пока не отыщется другой путь к цели. Последовательно вводя аналогичные изменения, мы получим не замкнутый цикл, а сеть. Такое освоение химического ландшафта методом проб и ошибок может привести к появлению веществ, катализирующих важные этапы цикла, благодаря чему повысится эффективность использования энергии.

5. Сеть должна разрастаться и воспроизводиться. Для сохранения и роста сети необходимо, чтобы питательные вещества поступали быстрее, чем расходовались. Частично они диффундируют из замкнутого пространства в окружающую среду, что выгодно с точки зрения энтропии. В ходе одних реакций могут образовываться улетучивающиеся газообразные вещества, в ходе других – частицы, выпадающие в осадок, и т. д. Если в результате система будет больше терять вещества, чем получать, то она перестанет существовать.

К такому же результату приведет и истощение запасов «горючего». Вполне возможно, что в древности на Земле происходило нечто подобное: появлялись альтернативные «движущие реакции» и внешние источники энергии. В конце концов, устанавливался какой-то один, оп-

тимальный жесткий порядок вещей, обеспечивающий самоподдержание.

И наконец, должен был возникнуть механизм репродукции. Предположим, что система находилась в какой-либо полости внутри горной породы. Расширяясь, она занимала соседние пространства. Такое распределение по отдельным отсекам предотвращало полное исчезновение системы в целом под влиянием каких-то локальных деструктивных событий. Независимые подсистемы могли эволюционировать каждая по своему и конкурировать за сырье. Дальше должен был произойти переход от жизни, возникшей абиогенным путем при участии какого-то имевшегося в те давние времена источника энергии, к форме, приспособившейся к окружению в соответствии с дарвиновскими законами эволюции.

...«Дорог жизни» может быть множество, выбор одной из них определяется локальным окружением, и вовсе не обязательно, что путь в конце концов приведет к цепочке ДНК–РНК–белок, основе функционирования современных организмов. Известно, что эволюция не предопределяет будущих событий, и нуклеотиды, впервые появившиеся в метаболической системе, возможно, предназначались для иных целей.

Например, они могли играть роль катализаторов или энергетических депо (именно такую функцию сегодня выполняет нуклеотид АТФ). Не исключено, что какие-то случайные события или обстоятельства привели к соединению нуклеотидов друг с другом и образованию РНК. В настоящее время эти молекулы, помимо всего прочего, выполняют одну очень важную функцию: они участвуют в образовании химических связей между аминокислотами во время синтеза белков.

Возможно, первые РНК делали то же самое, но не отдавали никакого предпочтения специфическим аминокислотам. До «изобретения» механизмов репликации и трансляции, свойственных всем современным организмам, эволюции предстояло пройти большой путь.

...Если парадигма зарождения жизни в мире малых молекул получит подтверждение, нам придется изменить укоренившиеся представления о собственной уникальности. Сценарий «вначале была РНК» в силу чрезвычайно малой вероятности своего осуществления скорее всего означал, что мы одни во всем мире. По словам биохимика Жака Моно, «во Вселенной не было никаких предпосылок к появлению жизни и биосферы вместе с человеком. Мы – что-то вроде выигрышной карты в азартной игре».

Альтернативная же парадигма, по мнению Стюарта Кауфмана, предполагает, что «возникновение жизни – вовсе не такое уникальное

событие, как мы ранее считали. Вселенная – не индивидуальное жилище, скорее всего в ней есть и другие, пока не известные нам обитатели».

plantclon.ru/article500.html

А.М. Хазен

***Первые принципы работы мозга,
гарантирующие познаваемость природы***

...Память может быть долговременной или кратковременной потому, что существуют биохимические временные или необратимые реакции на действие нейромедиаторов. Объекты в мозге есть самоорганизация хаоса состояний и связей нейронов. По принципам формирования они тождественны природным объектам. Однако образуют их переменные элементы (нейроны и их связи), несопоставимые с элементами оригинала – объекты и процессы в мозге *неоднозначно* отображают оригиналы вне его.

...Связи между нейронами, как быстрый обратимый процесс, управляются нейромедиаторами в синаптических щелях. Они изменяют пороги срабатывания при передаче нервных импульсов через синапс и этим для нейронов в целом. Нейромедиаторы также могут действовать в синапсах необратимо. Это создаёт запоминаемые изменения нейронов и их связей как элементов, образующих хаос. В системе со многими случайными синаптическими связями эти два эффекта действия нейромедиаторов изменяют её энтропию-информацию.

...Воздействия нейромедиаторов являются внешними по отношению ко многим нейронам и их синапсам. Они формируют в системе нейронов экстремумы энтропии-информации и её производства. С участием зависящих от нейромедиаторов необратимых процессов они могут запоминаться. Этим мозг создаёт внутри себя эквивалент объекта природы. Он (как комбинация состояний и связей нейронов) сочетает в себе однозначность и детерминизм экстремумов энтропии-информации с физико-химической несопоставимостью объекта в мозге и в природе. При осреднении по разным реализациям состояний и связей нейронов в этом участвует детерминизм, заданный существованием порогов. Наглядным выражением этого является способность человека (и многих высших животных) узнать, например, вишню по её рисунку (в том числе и схематизированному).

Однако этот физический процесс происходит в системе элементов, не существующих в неживой природе. Новое качество элементов

создаёт результат (запоминаемые объекты и процессы), который существует только в нервной системе, мозге.

...Нервные системы и мозг возникли на той же самой основе, как и всё в неживой природе. Но они есть новая иерархическая ступень синтеза информации. Её качественное отличие: на ней объекты природы могут существовать в виде *фантомных объектов, физико-химически несопоставимых с реальными внешними телами и процессами*. Такие *фантомы* сохраняют главную особенность процессов и объектов природы – они являются результатами иерархического синтеза информации. Несопоставимое можно в мозге сопоставить объектам и процессам природы потому, что оно построено в нём на основе общих с неживой природой принципов самопроизвольности роста энтропии, и потому, что это коррелирует с принципами анатомического образования форм жизни и человека в ней.

...По мере увеличения коры головного мозга (в наибольшей степени у человека) возникает новое качество в её работе – способность фантомов взаимодействовать между собой – опять-таки несопоставимо по физико-химическим деталям, но на основе общих принципов.

Биохимические, биофизические, двигательные результаты работы мозга становятся тем, что называют мыслью – абстрактными объектами. Они непосредственно не поставляют организму ничего физико-химического, подобного, например, пище. Поэтому цепочка познания природы приобретает новое свойство – её завершают абстрактные «нематериальные процессы». Тут кавычки обязательны, так как на работу нервных систем и мозга организм человека тратит до 30 % энергии завтраков, обедов и ужинов, что отнести к нематериальному никак нельзя. «Нематериальность» творческих продуктов мозга человека в том, что превращает их в еду (и другое физиологически необходимое) – процесс, несопоставимый с признаками этого необходимого.

...Фантомы взаимодействуют в мозге с другими фантомами так, что результату можно сопоставить фантом нового реального объекта в природе. Это возможно потому, что, в частности, в мозге человека работают тождественно те же самые первые принципы, что и во всей природе. Реакция на нейромедиаторы – это и есть физическая основа тех образов (энграмм) в нервных системах и мозге, которые запоминаются с участием метаболизма.

<http://www.kirsoft.com.ru/intell>

Биохимия памяти и обучения

В одной нервной клетке содержится более сотни тысяч видов белков и молекул РНК. При запоминании информации возрастает число синапсов, возрастает число рецепторов в синаптической щели, усиливается синтез нейропептидов, РНК и белков в нейронах. Схема действующих при этом процессов представлена на рис 165.

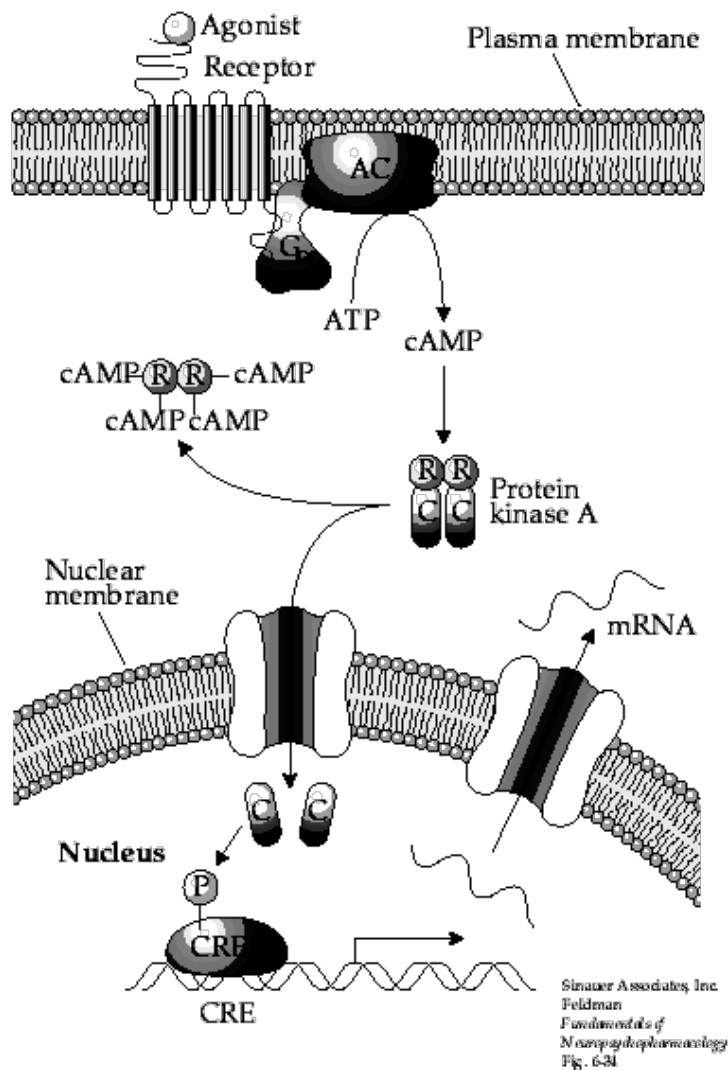


Рис. 165. Схема процессов в нейроне

Первый этап – это связывание нейропептида с рецептором, переход *G*-белка к эффектору и усиление сигнала за счет превращения АТФ в циклический монофосфат цАМФ. Он активирует протеинкиназу А, освобождая ее активную часть, которая теперь может пройти через канал в мембране внутрь ядра нейрона. Здесь каталитическая часть киназы А активирует фактор транскрипции *CREB* и происходит избиратель-

ный синтез матричной мРНК на цепи ДНК. Затем, как обычно, мРНК выходит в цитозоль клетки и происходит синтез специфического белка. Подобные процессы происходят во всех нейронах, по которым циркулирует возбуждение, вызванное поступлением сигналов от рецепторов.

...Обучение – это, в конечном счете, изменения состава, структуры и свойств сети нейронов мозга, в которой запоминается информация.

wsyachina.narod.ru/biology

РНК-интерференция

Нобелевскую премию 2006 г. по физиологии и медицине за открытие механизма РНК-интерференции разделили Эндрю Файр и Крейг Мело. В 1997 году они обнаружили, что РНК очень эффективно отключает гены, если ее вводить короткими фрагментами, причем не одноцепочечными, а двухцепочечными! Это наблюдение было сделано почти что случайно – исследователи вовсе не предполагали, что такие фрагменты будут работать лучше одноцепочечных, они вводили их просто для контроля. Поначалу это явление казалось совершенно загадочным, поскольку двухцепочечная РНК сама по себе не может связаться с матричной, ей сперва надо расплестись на две нити.

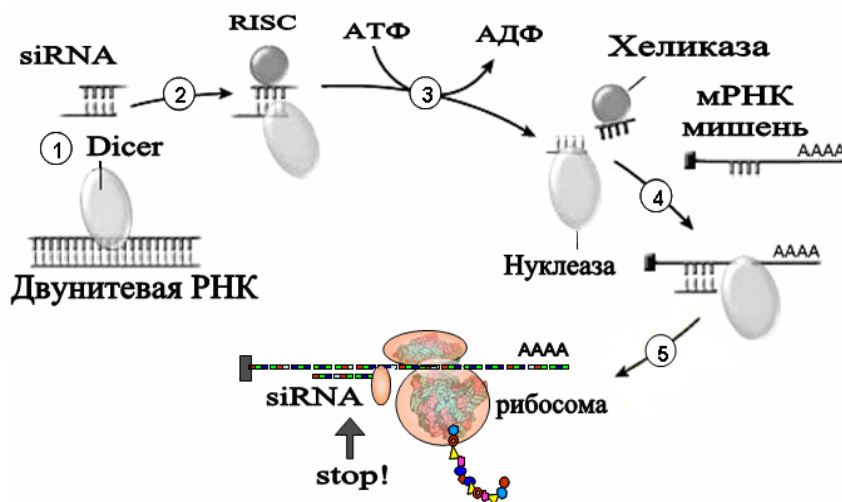


Рис. 166. Блокирование синтеза белка короткими интерференционными РНК (siRNA)

Позднее было показано (рис. 166), что двухнитевую РНК в цитозоле клетки разрезает на короткие участки фермент *Dicer* (этап 1), после чего *siRNA* (далее в тексте кРНК, т. е. короткая интерференционная РНК) связывается с белковым комплексом *RISC*. За счет энергии гидролиза АТФ–АДФ двухцепочечная РНК разделяется на одноцепочечные фрагменты (этап 3). Затем нуклеаза (этап 4) помогает связаться кРНК

с одной из мРНК, которой она оказывается комплементарной (т. е. связь может быть образована только адресно, с РНК-мишенью). Если на комплексе рибосомы начинается синтез белка, то он прекращается (блокируется), когда на очередном шаге к рибосоме передвинется участок мРНК с присоединенной кРНК и нуклеазой (этап 5).

С помощью кРНК клетка разрушает генетический материал атаковавших ее вирусов, а также блокирует подвижные элементы ее генома, которые могут давать начало опасным мутациям.

nature.web.ru/db/msg.html?mid=1192041,
vivovoco.rsl.ru/.../NATURE/01_07/MEDICINE.HTM

Геном человек: сенсации 2001 года

В специальном выпуске *Nature* от 12 февраля 2001 г. и в специальном номере *Science* от 16 февраля 2001 г. содержатся результаты работ двух групп исследователей (руководители Крэг Вентер и Френсис Коллинз) по расшифровке генома человека. Обобщая выводы исследователей, выделим необычное.

1. Число генов в организме человека составляет около 30–35 тыс. (ранее считали его близким к 80 тыс.). Для сравнения: в геноме мухи дрозофилы имеется 13 600 генов, у круглого червя нематоды – 19 100 генов. Следовательно, по числу генов мы ушли не так уж далеко от простейших организмов, хотя считаем себя «царями природы» и «венцом эволюции». Подтверждено, что гены человека устроены таким образом, что не менее трети из них умеют кодировать в своей структуре не один белок, а несколько. Достигается это за счет того, что подавляющее большинство генов высших организмов, включая человека, состоят из мозаики кодирующих областей (их называют экзонами) и некодирующих вставок (интронов). Благодаря такому строению генов возникают огромные комбинаторные возможности, когда разные белки кодируются разными сочетаниями экзонов одного и того же гена. Поэтому старая классическая догма «один ген – один белок» справедлива только для определенной группы генов, а многие (возможно, большинство) гены кодируют семейство родственных, но существенно различных по свойствам белков, то есть действует принцип «Один ген – группа белков».

2. В геноме человека обнаружены свыше 200 генов, заимствованных нами у бактерий. Конечно, давно известно, что в нашем кишечнике живет много разных видов неболезнетворных бактерий, которые не только для нас не вредны, но, наоборот, полезны. Например, они служат поставщиками некоторых витаминов, которые наш организм не умеет

синтезировать. По-видимому, наше длительное сожительство с бактериями привело к тому, что при некоторых случайных заболеваниях гены бактерий попали в геном человека и там закрепились. Такого рода перенос генов «по горизонтали» был известен для бактерий. То, что он столь масштабно выражен между геномом человека и геномом бактерий, безусловно, новость и неожиданность.

3. Геном человека оказался «молекулярным кладбищем». Давно известны так называемые интегративные инфекции, при которых геном вируса встраивается в геном хозяина и там остается навсегда. ...Такой же процесс интеграции геномов вируса и клетки происходит у человека при гепатите В, при некоторых видах папиллом и рака шейки матки.

Следы внутригеномных (эндогенных) вирусов находили в геномах высших организмов давно, но у человека на их долю приходится заметная доля всего генома! Это следы вирусных заболеваний, которыми болели наши пращуры миллионы лет назад. На геномном кладбище большинство вирусных генов «молчит», не функционирует, однако при некоторых воздействиях на геном они могут «ожить» и внести неразбериху в стройные генные ансамбли, то есть представляют потенциальную опасность. С другой стороны, от этих молекулярных останков может быть и потенциальная польза как от неких «заготовок», которые можно привлечь в случае необходимости при залечивании «ран», которые может получить геном, и для использования в ходе эволюции.

4. Те примерно 32 000 генов, которые удалось на сегодняшний день идентифицировать в геноме, составляют только 5 % по объему, а 95 % приходится на то, что называют (пока) «мусором» – повторы разных типов, испорченные гены (псевдогены), молекулярные останки вирусов, перемещающиеся геномные элементы и т. п. Полученную цифру – 19/20 от всего генома – можно считать определенным сюрпризом. Такого геномного мусора нет ни у бактерий, ни у дрожжей. Что это значит? Или мы должны признать, что наш геном, в отличие от геномов примитивных организмов, не умеет выводить «мусор» или что это совсем не «мусор», а ценное эволюционное приобретение, которое дало человеку некие преимущества. Поэтому и эволюция от такого «мусора» не спешит избавиться.

Теперь изучение генов и генома получило прочную молекулярную основу, химический базис. Поэтому можно ожидать очень быстрого прогресса в этой области, которую специалисты называют функциональной геномикой. На ближайшие 20 лет это будет основной путь раз-

вития новой биологии, которая будет бесспорным лидером в естествознании первой четверти нового века.

Киселев Л. Прислупить к опознанию. Расшифровка генома человека преподносит сюрпризы // Поиск. – 2001. – №8 (614). 23 февраля.

В.В. Вельков

Смысл эволюции и эволюция смысла

(оценка 2008 г.)

... Действительно, 99 % генома человека не кодирует белков, эти не кодирующие последовательности представлены не только интронами и межгенными областями, но, преимущественно, разными типами многократно повторяющихся генетических последовательностей длиной примерно в 10, 100, 1000 и более нуклеотидов. Эти повторы могут быть расположены непрерывно друг за другом (локализованные), или быть рассеяны по геному по одиночке (диспергированные).

Согласно механизмам происхождения этих повторов, их разделяют на сателлитную ДНК (которая может образовываться при определённых ошибках репликации) и на т. н. ретропозоны, которые образуются из-за ошибок обратной транскрипции, когда происходит случайный и ошибочный синтез ДНК на матрице РНК. После массового увеличения количества копий такого случайно образовавшегося из РНК «бессмысленного гена» происходит случайное встраивание множества его копий в случайные участки генома. И, более того, ретропозоны, находящиеся в геноме, являются мобильными генетическими элементами, они могут перемещаться по геному.

Если при этом нарушаются жизненно важные функции – организм погибает, если нет – то выживает с грузом «бессмысленной» или «мусорной ДНК». Именно так её и называют – *junk DNA*, другое её название имеет оттенок нравственной оценки – «эгоистическая» – *selfish DNA*, она существует (размножается вместе с функциональными генами) только для себя и организму ничего полезного не даёт. Ещё одно её название – *parasitic DNA*, говорит само за себя. Действительно, клеткам приходится тратить значительные ресурсы для воспроизведения бессмысленной ДНК, доля которой иногда может достигать более чем 90 %.

Для того чтобы, по крайней мере, минимизировать возможное вредное влияние этой паразитической ДНК, она плотно запрятана (сконденсирована) в неактивных зонах хромосом (в гетерохроматине). Похоже, что гетерохроматин в основном и нужен для предотвращения

вредного влияния паразитической ДНК. Из этого следует, что принцип «максимум эффективности (жизнеспособности) при минимуме затрат» для эукариотных организмов не справедлив. Они, согласно текущим представлениям, без видимых вредных для себя последствий выдерживают огромный груз присутствия в своем геноме бессмысленных последовательностей ДНК.

Но так ли они бессмысленны?

Много фактов говорят о том, что множество молекул РНК, являющихся копиями «бессмысленной ДНК», выполняют регулирующую роль – они управляют работой генов, в частности, при развитии организмов (при дифференцировке клеток). Недавно появились данные, что некоторые изменения в «бессмысленной ДНК» приводят к так называемым *эпигенетическим* эффектам, т. е. к модификации функции генов, не сопровождающейся изменением их нуклеотидной последовательности.

В данный момент с уверенностью можно сказать, что только от 1 до 10 % ДНК эукариот имеют (понятный нам) смысл. Остальная ДНК, видимо, во-первых, не несёт существенных функций, во-вторых, не нарушает (по крайней мере, существенно) жизнеспособности организма. Она «бессмысленна», но не смертельна. И в-третьих, тем не менее, как это ни парадоксально, именно «эгоистическая и бессмысленная» ДНК существенно определяют пути «прогрессивных» эволюционных изменений. Да может ли это быть, чтобы изменения «бессмысленной ДНК» направляли эволюцию жизни? В чём же тогда её, Жизни, смысл?

При случайной вспышке массового образования «бессмысленной ДНК» (а это может произойти или из-за случайной многократной репликации одного и того же участка ДНК, или при случайной многократной обратной транскрипции РНК и интеграции множества образовавшихся ретропозонов в геном) происходит столь коренное изменение генома, что если оно не приводит к летальному исходу, то приводит к образованию нового биологического вида.

Основная характеристика биологического вида – репродуктивная изоляция – способность продуктивно скрещиваться только с особями своего вида и неспособность давать плодовитое потомство при скрещивании (если оно всё же происходит) с представителями других видов. Один из многих механизмов репродуктивной изоляции основан на отсутствии необходимого довольно высокого уровня сходства (гомологии) между геномами (хромосомами) скрещивающихся особей. При образовании оплодотворённой зиготы, пары хромосом, ка-

ждая из которых исходно принадлежала одному из родителей, должны быть гомологичными и способными к рекомбинации (обмену участками ДНК между собой). Если этого нет, например, из-за того что в хромосоме (или хромосомах) половых клеток одного из родителей произошли крупные блочные перестройки – то нормального развития зиготы чаще всего не происходит. В весьма редких случаях, в результате геномных перестроек, произошедших в зиготе и вызванных несходством родительских хромосом, всё же могут образовываться жизнеспособные потомки, которые наиболее эффективно скрещиваться смогут только со своими братьями и сёстрами, имеющими сходные хромосомы.

Похоже, что именно так и происходит видообразование. Близкородственные виды почти не отличаются между собой по «смысловым», кодирующим участкам ДНК, но весьма различаются именно по «не смысловым». Формирование крупных блочных перестроек генома, вызванное массовым образованием повторяющихся последовательностей ДНК, иногда называют форматированием генома.

Скрещиваться могут только организмы с геномами одного и того же формата. И эволюция, образно говоря, это совместимое с жизнью переформатирование геномов за счёт случайного изменения качества, количества и расположения «пробелов» бессмысленной ДНК. Естественный отбор после этого сначала удаляет нежизнеспособные варианты, а выжившие переформатированные подгоняет к более эффективному существованию в конкретных условиях окружающей среды.

А в целом похоже, что эволюция – это процесс:

- случайных дупликации генов, приводящий из-за возникновения мутаций к их субфункционализации, т. е. к дифференциации их функций и, в итоге, к усложнению;
- случайного массового образования не кодирующей «бессмысленной» ДНК, приводящий к видообразованию;
- естественный отбор, нежизнеспособные формы удаляющий, а жизнеспособным благоприятствующий.

Но почему естественный отбор не удаляет те варианты, у которых много паразитической ДНК? Ведь без неё у клеток (организмов) были бы куда меньшие затраты на поддержание «бессмысленной ДНК» и куда большие шансы на эффективное размножение?

Ответ совершенно неожиданный. Естественному отбору для удаления «бессмысленной ДНК» просто не хватает времени, а популяции, её несущей, – астрономической численности. Случайное образование множественных копий «бессмысленной ДНК» – событие

хотя и крайне редкое, но «одномоментное». В результате единичного события в геноме могут возникнуть десятки тысяч мутаций (новых копий паразитической ДНК), а их удаление (путём делеций) может происходить только постепенно, каждая копия может удаляться индивидуально и независимо от других.

Если предположить, что вероятность утраты каждой из, например, 1000 копий «бессмысленной ДНК» 1×10^{-7} , то вероятность утраты всех копий равна 1×10^{-7000} . Иначе говоря, чтобы в популяции случайно возник вариант, утративший всю «бессмысленную ДНК», её численность должна составлять 10^{7000} особей. Число атомов во Вселенной – примерно 10^{77} . Понятно, что времени существования Вселенной не будет достаточно для избавления от «молекулярного мусора» в геноме человека.

В общем, эукариоты обречены на прогрессивную эволюцию из-за того, что вероятность образования множественной «бессмысленной ДНК» несоизмеримо выше, чем вероятность её утраты. А «осмысленной» ДНК приходится изменяться, чтобы сосуществовать вместе с «бессмысленной», и не погибнуть вместе. По нашему мнению, смысл эволюции в том, что она происходит за счёт случайных малых изменений смысловой информации, направленных на поддержание её сосуществования с возрастающим количеством информации «бессмысленной».

...Одним из самых существенных факторов прогрессивной эволюции является половое размножение. В чём смысл этого изобретения эволюции? Ведь самовоспроизводиться можно и простым удвоением (делением). А смысл в том, что при половом размножении размножается, строго говоря, только женская особь, хотя ей для этого необходимо получить от мужского организма копию его гаплоидного генома, чтобы присоединить её к своему гаплоидному геному. Если смысл жизни в воспроизведении – то половое размножение, по сравнению с бесполом, понижает репродуктивный выход на 50 %. Однако очевидно, что его преимущества намного превышают его недостатки.

...Это приводит к весьма важному и новому для теории эволюции выводу: прогрессивная дивергентная эволюция происходит без изменения условий среды, а в результате постоянно идущих случайных мутационных процессов, главную роль в которых играют спонтанные дубликации генов (и геномов).

Прогрессивная эволюция, сопровождающаяся усложнением, не имеет адаптивного (по отношению к окружающей среде) характера. Это весьма неожиданное и принципиальное положение было сформулировано совсем недавно.

Отбор, который при этом действует, является ни направляющим, ни дизруптивным, но *очищающим* (*purifying*) от вредных мутаций (от шума).

Разумеется, такое усложнение должно быть совместимым с жизнью. О тех случаях, когда оно было летальным, мы не узнаем никогда. И, разумеется, после такого «усложнения» направляющий или дизруптивный отбор подгоняет (адаптирует) организмы к конкретным условиям окружающей среды.

Примечание. Направляющий отбор – это отбор, при котором преимущество в размножении получают те особи популяции, которые имеют крайние (максимальные или минимальные) характеристики признаков. Дизруптивный отбор – это отбор, при котором преимущество в размножении получают и те особи популяции, которые имеют максимальные и минимальные характеристики признаков. При длительном дизруптивном отборе популяция расщепляется на две субпопуляции, что может приводить к дивергентному видообразованию. Стабилизирующий отбор – это отбор, действующий при неизменяющихся условиях среды, создаёт преимущество для особей со средними значениями характеристик.

<http://wsyachina.narod.ru/>

К главе 8

П.Кемп, К.Армс

Введение в биологию *

...Система классификации живых организмов, которой мы пользуемся, была создана в XVIII в. шведским ученым Карлом Линнеем. Он присвоил каждому виду организмов бинаминальное название, т. е. название, состоящее из двух слов, а также распределил разные виды организмов по все более крупным и широким категориям. Система классификации Линнея была основана на сходстве строения, т. е. на объединении в одну группу форм, сходных друг с другом, например деревьев с похожими листьями и корой, затем появилась теория эволюции, и биологи поняли, что организмы, по всей вероятности, происходят от одной или от нескольких ранних форм жизни.

Поэтому представлялось более естественным классифицировать организмы на основе их эволюционного родства. На практике при этом опять-таки большое значение придается сходству строения, как свидетельству о родственных связях, поэтому многие группы, выделяемые по старой и по новой системе, совпадают. Основной единицей класси-

кации служит вид – группа организмов, связанных достаточно близким родством, чтобы скрещиваться между собой.

...Каждый вид относят к тому или иному роду, который может содержать также другие виды, сходные с данным. Роды объединяют в семейства, а семейства – в отряды и т. д. В большинстве случаев каждая последующая группа более высокого ранга содержит большее число видов, связанных более отдаленным родством.

Упомянув о том или ином виде, следует указывать его родовое и видовое названия, например *Homo sapiens*. Это связано с тем, что видовое название часто бывает банальным, причем многие организмы могут иметь одинаковые видовые названия. Ниже показано положение в системе одного представителя царства животных – человека:

Царство	<i>Animalia</i>
Тип	<i>Chordata</i>
Класс	<i>Mammalia</i>
Отряд (порядок)	<i>Primates</i>
Семейство	<i>Hominidae</i>
Род	<i>Homo</i>
Вид	<i>Sapiens</i>

Присваивая организмам названия, необходимо соблюдать определенные правила, потому что иначе разные лица могут пользоваться различными названиями (для одного и того же растения или животного, и наоборот, одно и то же название будет применяться к разным организмам в разных странах). Это может приводить к недоразумениям, как в повседневной жизни, так и в лаборатории.

В настоящее время существуют три международные комиссии по номенклатуре – одна для растений, другая для животных и третья для бактерий, регламентирующие присвоение научных названий объектов в каждой из этих групп.

...По мнению биологов, на свете существует до 10 млн разных видов живых существ, из которых формально открыто и описано всего лишь около 15 %. Однако в настоящее время естественные местообитания так быстро разрушаются в результате загрязнения среды, взрыва численности населения, уничтожения лесов, обмеления рек и разрушения пахотных земель, что большая часть не описанных видов может вымереть, не дождавшись своего описания.

В.И. Вернадский

*Живое вещество и биосфера**

...Все минералы верхних частей земной коры – свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси железа и алюминия (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других – непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни. Если бы жизнь прекратилась, их элементы быстро приняли бы новые химические группировки, отвечающие новым условиям, старые нам известные тела безвозвратно исчезли бы.

С исчезновением жизни не оказалось бы на земной поверхности силы, которая могла бы давать непрерывно начало новым химическим соединениям. На ней неизбежно установилось бы химическое равновесие, химическое спокойствие, которое временами и местами нарушалось бы привнесением веществ из земных глубин – газовыми струями, термами или вулканическими извержениями. Но вновь вносимые этим путем вещества более или менее быстро приняли бы устойчивые формы молекулярных систем, свойственные условиям безжизненной земной коры, и дальше не изменялись бы.

...Таким образом, жизнь является великим, постоянным и непрерывным нарушителем химической косности нашей планеты. Ею в действительности определяется не только картина окружающей нас природы, создаваемая красками, формами, сообществами растительных и животных организмов, трудом и творчеством культурного человечества, но ее влияние идет глубже, проникает в более грандиозные химические процессы земной коры.

Нет ни одного крупного химического равновесия в земной коре, в котором не проявилось бы основным образом влияние жизни, накладывающей неизгладимую печать на всю химию земной коры.

Жизнь не является, таким образом, внешним случайным явлением на земной поверхности. Она теснейшим образом связана со строением земной коры, входит в ее механизм и в этом механизме исполняет величайшей важности функции, без которых он не мог бы существовать.

...Можно говорить о всей жизни, о всем живом веществе как о едином целом в механизме биосферы, хотя только часть его – зеленая, содержащая хлорофилл растительность – непосредственно использует световой солнечный луч, создает через него фотосинтезом химические соединения, неустойчивые в термодинамическом поле биосферы при умирании организма или при выходе из него.

С этой зеленой частью непосредственно и неразрывно связан весь остальной живой мир. Дальнейшую переработку созданных ею химических соединений представляет все вещество животных и бесхлорофильных растений. Может быть, только автотрофные бактерии, в своем прошлом, не являются придатком зеленой растительности, но и они генетически так или иначе с ней связаны.

Можно рассматривать всю эту часть живой природы как дальнейшее развитие одного и того же процесса превращения солнечной световой энергии в действенную энергию Земли. Животные и грибы накапливают такие богатые азотом формы, которые являются еще более могучими агентами изменения, центрами свободной химической энергии, когда они – при смерти и разрушении организмов или при выходе из них – выходят из термодинамического поля, где они устойчивы, и попадают в биосферу, в иное термодинамическое поле, где распадаются с выделением энергии.

Можно, следовательно, брать все живое вещество в целом, т. е. совокупность всех живых организмов без исключения, как единую особую область накопления свободной химической энергии в биосфере, превращения в нее световых излучений Солнца.

...Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете.

В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом, по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более широкие творческие возможности. И может быть, поколение наших внуков уже приблизится к полноте их расцвета.

Здесь перед нами встала новая загадка. Мысль не есть форма энергии. Как же может она изменять материальные процессы? Вопрос этот до сих пор научно не разрешен.

...Что касается наступления ноосферы, то эмпирические результаты такого «непонятного» процесса мы видим кругом нас на каждом шагу. Минералогическая редкость – самородное железо – вырабатывается теперь в миллиардах тонн. Никогда не существовавший на нашей планете самородный алюминий производится теперь в любых количествах. То же самое имеет место по отношению к почти бесчисленному множеству вновь создаваемых на нашей планете искусственных химических соединений (биогенных «культурных» минералов). Масса таких искусственных минералов непрерывно возрастает. Сюда относится все стратегическое сырье. Лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно и, главным образом, бессознательно.

Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды. В результате роста человеческой культуры в XX в. все более резко стали меняться прибрежные моря и части океана. Человек должен теперь принимать все большие и большие меры к тому, чтобы сохранить для будущих поколений никому не принадлежащие морские богатства. Сверх того человеком создаются новые виды животных и растений.

...Ноосфера – последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории – состояние наших дней. Ход этого процесса мы только начинаем выяснять через изучение её геологического прошлого в некоторых своих аспектах.

Тектоника плит (мобилизм)

Это современная геологическая теория о движении литосферы. Она утверждает, что земная кора состоит из относительно целостных блоков – плит, которые находятся в постоянном движении друг относительно друга. При этом в зонах расширения (срединно-океанических хребтах и континентальных рифтах) в результате спрединга образуется новая океаническая кора, а старая поглощается в зонах субдукции. Теория объясняет землетрясения, вулканическую деятельность и горообразование, большая часть которых приурочена к границам плит.

Впервые идея о движении блоков коры была высказана в теории дрейфа континентов, предложенной Альфредом Вегенером в 1920 г. Эта теория была первоначально отвергнута. Возрождение идеи о движениях в твёрдой оболочке Земли («мобилизм») произошло в 1960-х годах, когда в результате исследований рельефа и геологии океанического дна были получены данные, свидетельствующие о процессах расширения (спрединга) океанической коры и пододвигания одних частей коры под другие (субдукции). Объединение этих представлений со старой теорией дрейфа материков породило современную теорию тектоники плит, которая вскоре стала общепринятой концепцией в науках о Земле.

К началу 60-х годов была составлена карта рельефа дна Мирового океана, которая показала, что в центре океанов расположены срединно-океанические хребты, которые возвышаются на 1,5–2 км над абиссальными равнинами, покрытыми осадками. Эти данные позволили Р. Дицу и Г. Хессу в 1962–1963 годах выдвинуть гипотезу спрединга.

Согласно этой гипотезе, в мантии происходит конвекция со скоростью около 1 см/год. Восходящие ветви конвекционных ячеек выносят под срединно-океаническими хребтами мантийный материал, который обновляет океаническое дно в осевой части хребта каждые 300–

400 лет. Континенты не плывут по океанической коре, а перемещаются по мантии, будучи пассивно «впаяны» в литосферные плиты. Согласно концепции спрединга, океанические бассейны структуры непостоянные, неустойчивые, континенты же – устойчивые.

В 1963 г. гипотеза спрединга получает мощную поддержку в связи с открытием полосовых магнитных аномалий океанического дна. Они были интерпретированы как запись инверсий магнитного поля Земли, зафиксированная в намагниченности базальтов дна океана. После этого тектоника плит начала победное шествие в науках о Земле. За прошедшие десятилетия тектоника плит значительно изменила свои основные положения. Ныне их можно сформулировать следующим образом:

1. Верхняя часть твёрдой Земли делится на хрупкую литосферу и пластичную астеносферу. Конвекция в астеносфере – главная причина движения плит.
2. Литосфера делится на 8 крупных плит, десятки средних плит и множество мелких. Мелкие плиты расположены в поясах между крупными плитами. Сейсмическая, тектоническая и магматическая активность сосредоточена на границах плит.
3. Литосферные плиты в первом приближении описываются как твёрдые тела, и их движение подчиняется теореме вращения Эйлера.
4. Спрединг в океанах компенсируется субдукцией и коллизией по их периферии, причём радиус и объём Земли постоянны (это утверждение обсуждается, но оно так достоверно и не опровергнуто).
5. Перемещение литосферных плит вызвано их увлечением конвективными течениями в астеносфере.

Сейчас уже нет сомнений, что движение плит происходит за счёт мантийных теплогравитационных течений – конвекции. Источником энергии для этих течений служит перенос тепла из центральных частей Земли, которые имеют очень высокую температуру (по оценкам, температура ядра составляет порядка 5000 °К). Нагретые породы испытывают термическое расширение, плотность их уменьшается, и они всплывают, уступая место более холодным породам. Эти течения могут замыкаться и образовывать устойчивые конвективные ячейки. При этом в верхней части ячейки течение вещества происходит в горизонтальной плоскости и именно эта её часть переносит плиты.

Таким образом, движение плит – следствие остывания Земли, при котором часть тепловой энергии превращается в механическую работу.

Из анализа перемещений континентов было сделано эмпирическое наблюдение, что континенты каждые 400–600 млн лет собираются в огромный материк, содержащий в себе почти всю континентальную кору – суперконтинент.

Современные континенты образовались 200–150 млн лет назад, в результате раскола суперконтинента Пангеи. Сейчас континенты находятся на этапе почти максимального разъединения.

wiki.web.ru/wiki/

Была ли жизнь на Марсе?

На этот вопрос дан ответ исследовательской группой НАСА. Они сопоставили комбинации минералов, входящих в метеорит *ALH 84001*, с тем, что в свое время доставил с Марса космический зонд «Викинг», собравший там образцы горных пород. Сравнение убедило: во льдах Антарктики был найден камень действительно марсианского происхождения. (Кстати, это исследование проводилось под большим секретом.)



Рис. 167. Фотография необычного объекта в марсианском метеорите

Оповещая об открытии, ученые показали приглашенным специалистам снимки, сделанные с помощью электронного микроскопа. Увеличение достигало 10 000 раз (рис. 167).

Изображение на экране выглядело как горный ландшафт с расщелинами, бороздами и скалами. Но в этой картине были и малопонятные элементы, похожие на удлинненные яйца некоторых насекомых или гофрированные трубы.

На другом кадре всю половину экрана заняла проекция сечения марсианской окаменелости (она в 100 раз меньше, чем сечение человеческого волоса). Выстроились шарообразные коричневые включения, которые оторочены черными и белыми минералами. Ученые обстреляли эти включения инфракрасным лазером. Они расплавились и выделили облачка – полициклические ароматические углеводороды. Эти же вещества выделяются при горении органических материалов, например свечей, но также и при сжигании останков бактерий.

То, что эти органические включения произошли не на Земле, а на Марсе, доказывает их местоположение: они внедрены в сердцевину марсианского камня. Современные земные бактерии могли бы попасть только на поверхность камня.

Белая и черная оторочка оказалась собранием сульфитов железа и кристаллов магнетита. Эти соединения, как бы окантовывающие бактерии, так незначительны, что на кончике иглы поместятся окантовки, собранные с миллиарда бактерий. Земные бактерии, как уже говорилось, окружают такие же выделения.

После этих удивительных открытий ученые НАСА просветили марсианский камень трансмиссионным электронным микроскопом. Этот прибор показал некоторые включения, которые свойственны примитивным земным бактериям. Таким образом, исследователи выделяют три основных признака.

1. Крошечные структуры, обнаруженные в марсианском камне, напоминают окаменевшие бактерии, имеющиеся в земных горных породах. Возраст этих обитателей Земли – более трех миллиардов лет.

2. Окружают марсианские «бактерии» включения – магнетиты и сульфиты железа; точно так же окантованы и земные древние бактерии.

3. С помощью масс-спектрометра удалось распознать наличие в марсианских существах так называемых полиароматических углеводов, которые присутствуют в скоплениях земных примитивных ископаемых.

«Каждое из этих доказательств, взятое в отдельности, может быть объяснено небиологическими причинами, – говорят авторы открытия в одной из публикаций, – но, рассматривая три факта вместе, мы получаем надежное доказательство того, что на молодом Марсе была жизнь».

Однако на этой сенсационной пресс-конференции прозвучали и критические замечания: стенки клеток марсианских бактерий неразличимы, включение углеродистых соединений возможно только при температуре не ниже 450°, что делает жизнь невозможной. Дебаты по этим и другим вопросам продлятся, наверное, долго.

*Николаев Г. Есть ли жизнь на Марсе? – Да. Была ...
//Наука и жизнь. – 1996. – №12. – С. 22–30.*

К главе 9

В.А. Гусев

Принципы самоорганизации живых систем

...Трудно представить, что найденные Румером и Щербаком соотношения в структуре генетического кода не имеют отношения к физико-химическим свойствам аминокислот и нуклеотидов. Однако, численные соотношения Щербака получены фактически путем анализа нуклонного состава ядер химических элементов, входящих в аминокисло-

ты, в сопоставлении с формальной, т. е. семантической, а не с физико-химической структурой генетического кода.

Напрашивается следующий вывод: генетический код не является продуктом ни химической, ни предбиологической эволюций – химические структуры четырех нуклеотидов, 20 канонических аминокислот и отображение множества триплетов на множество аминокислот детерминированы, так же как набор элементарных частиц и химических элементов самым актом рождения наблюдаемой Вселенной. Следовательно, проблема происхождения генетического кода является не биологической проблемой, а принадлежит к классу мировоззренческих проблем, связанных с происхождением Вселенной.

...Все структурные элементы живой системы, отвечающие за ее воспроизводство, представлены хиральными (зеркально-симметричными) изомерами: нуклеиновыми кислотами, *содержащими только D-сахара*, и белками, *содержащими только L-аминокислоты*. В бактериальных клетках эти молекулы составляют три четверти всего органического материала. Напротив, в неживой природе зеркальные изомеры молекул всегда представлены в виде рацемической смеси. *Таким образом, живые системы формально игнорируют принцип равноправия правых и левых форм и в этом смысле нарушают закон сохранения пространственной четности*. Во всяком случае, до сих пор в земных условиях не найдены клетки с инвертированными изомерами L-сахаров и D-аминокислот, входящих в состав нуклеиновых кислот и белков, соответственно.

Отсутствие таких объектов в природе нельзя объяснить случайным выбором для конструирования L-аминокислот и D-сахаров на ранних этапах эволюции живых систем. Последнее утверждение основывается на том факте, что в неживой природе «правые и левые» молекулярные формы могут сосуществовать внутри одного ареала (например, кристаллы кварца в правой и левой модификациях встречаются в пределах одного месторождения), но интегрально смесь, по-прежнему, является рацемичной. Поэтому, предполагая, что возникновение живых систем есть закономерное явление в ходе химической и предбиологической эволюции, мы не имеем оснований отдавать предпочтение тому или иному энантиоморфу.

Гипотеза о вытеснении существующими формами живых систем своих зеркальных аналогов в процессе биологической эволюции и неизбежной конкуренции за химические источники энергии также является несостоятельной. На ранних этапах биологической эволюции такой конкуренции просто не могло быть ввиду несоизмеримости масс живой

и неживой материи. На более поздних этапах, когда выделились экологические ниши и сформировались трофические уровни, когда разные классы живых систем получили возможность использовать для своего развития уже готовую биомассу, зеркальные энантиоморфы вообще не могли использовать друг друга в качестве субстратов. Так, например, из рацемической смеси сахаров микроорганизмы утилизируют лишь *D*-сахара, а соответствующие им *L*-формы остаются в растворе.

Таким образом, на основании принятых на сегодня моделей возникновения и эволюции живых систем невозможно отдать предпочтение какой-либо из двух зеркальных форм молекул. Экспериментальный факт абсолютного доминирования в живых системах изомеров только одной энантиоморфной конфигурации следует принимать как аксиому. Для того чтобы перевести ее в разряд интерпретируемых категорий, необходим анализ пространственно временных взаимоотношений, т. е. структуры и функции живых систем.

С точки зрения молекулярной биологии хиральность информационных макромолекул является естественной и очевидной. Действительно, атом углерода, на основе которого построены все полимеры живых систем, имеет четыре идентичных ковалентных связи, направленные по углам тетраэдра так, что может формировать зеркальные энантиоморфы, если каждая из них задействована на разные заместители. Полимер, сформированный из таких блоков, термодинамически более устойчив, если они одной симметрии (безразлично *D*- или *L*-конфигурации), а не представлены рацемической смесью. Этот фактор чрезвычайно важен для тепловой устойчивости молекул ДНК и РНК – хранителей информации.

Процесс считывания информации, так как он сегодня представляется молекулярным биологам, чрезвычайно усложнился бы, если блоки, из которых построены считываемые и считывающие молекулы (т. е. нуклеиновые кислоты и белки, соответственно), были представлены рацемическими смесями своих мономеров. Механический образ этого явления: гайка с правой резьбой может навинтиться на винт с правой (но не с левой!) резьбой. В данной модели нить ДНК (двойная спираль) играет роль винта, а считывающий белковый комплекс – роль гайки. Т. е. сам феномен хиральности информационных молекул является естественным следствием их состава и строения. Конкретный же вид хиральности молекул не играет роли. Таким образом, и в рамках молекулярно-биологических представлений невозможно сформулировать критерий выбора *D*- или *L*- энантиоморфов.

Необходимо отметить, что в 50-е гг. прошлого века экспериментальная физика также столкнулась с проблемой пространственной анизотропии электронов в процессе бета-распада ядер. Однако, теоретики достаточно быстро «залатали возникшую брешь», обратившись к одной из фундаментальных теорем, так называемой *CPT*-теореме. Суть рассматриваемых здесь дискретных преобразований такова: инверсия физической системы или какого-либо процесса, протекающего в системе, относительно одного из этих преобразований влечет также инверсию относительно одного из двух оставшихся, так чтобы их произведение, по-прежнему, оставалось инвариантным. Таким образом, несохранение *P*-четности в процессах, связанных с бета-распадом, требует инвариантности комбинаций *PT* либо *PC*, последнее было экспериментально подтверждено. Не вдаваясь в подробности экспериментальных и теоретических коллизий в сфере элементарных частиц, попытаемся использовать эту методологию для анализа пространственной анизотропии живых систем.

Сомножитель *C* для живых объектов, существующих на Земле, очевидно, нужно считать инвариантом, так как все живое состоит из частиц, но не из античастиц. В этом случае произведение *TP* обязано быть инвариантным. Отсюда следует, что для живых объектов, зеркальных по отношению к существующим на Земле, для которых пространство инвертировано, то есть $P \rightarrow -P$, время должно иметь также противоположный знак, то есть $T \rightarrow -T$. Только в этом случае возможно выполнение условия $(-P)(-T) = PT$.

Устойчивое существование живой системы возможно при условии строгого соблюдения причинно-следственных взаимоотношений между биохимическими процессами, протекающими в ней. Реализация генетической информации в виде функциональных белковых единиц может происходить только в строго определенной временной последовательности: белок не может быть синтезирован раньше, чем произойдет синтез РНК. Жесткая причинно-следственная детерминированность процессов предъявляет требование к однонаправленности времени, что, в свою очередь, согласно *CPT*-теореме, требует хиральности макромолекул, участвующих в хранении и переносе информации. В противном случае, допустив независимость процессов, протекающих в живой системе, относительно смены знака времени, мы автоматически допускаем наличие в клетках рацемичности состава информационных макромолекул.

...Таким образом, требование временной однонаправленности, т. е. причинно-следственной согласованности процессов в живой систе-

ме, предъявляет требование к ее структурным элементам: *информационные макромолекулы должны состоять из атомов, допускающих формирование хиральных полимеров*. Отсюда следует, что выбор углерода в качестве химической основы жизни в некотором смысле предопределен. Итак, мы приходим к заключению, что в живых системах пространство, а точнее пространственное распределение атомов, и время, т. е. направление развития молекулярных процессов, не независимы.

Выбор углерода и других химических элементов, хиральность информационных молекул ДНК и белков, а также структура генетического кода не являются продуктами химической и предбиологической эволюции, но изначально детерминированы пространственно-временными свойствами Вселенной. Существование в наблюдаемой Вселенной живых систем с зеркально инвертированными макромолекулами принципиально невозможно. Таким образом, вопрос о том, почему в живых системах присутствуют молекулы наблюдаемой хиральности, эквивалентен вопросу о том, почему наш мир состоит из частиц, а не из античастиц.

Живая система, являясь абсолютно неравновесной системой, формирует пространство и время со своими собственными произвольными дробными размерностями, однако сумма их является мировым инвариантом, численно равным размерности $3+1 = 4$ пространственно-временного континуума Вселенной.

<http://www.bionet.nsc.ru/chair/cib/lectures/2002spetckurs/html>

И. Р. Пригожин

Порядок из хаоса*

...В окружающем нас мире некоторые простые фундаментальные симметрии нарушены. Кто не замечал, например, что большинство раковин закручено преимущественно в одну сторону? Пастер пошел дальше и усмотрел в дисимметрии, т. е. в нарушении симметрии, характерную особенность жизни. Как теперь известно, молекула самой важной нуклеиновой кислоты ДНК имеет форму винтовой линии, закрученной влево (плоскость поляризации света она вращает вправо). Как возникает такая дисимметрия? Один из распространенных ответов на этот вопрос гласит: дисимметрия обусловлена единичным событием, случайным образом отдавшим предпочтение одному из двух возможных исходов. После того как выбор произведен, в дело вступает автокаталитический процесс и левосторонняя структура порождает новые левосторонние структуры. Другой ответ предполагает «войну» между

лево- и правосторонними структурами, в результате которой одни структуры уничтожают другие. Удовлетворительным ответом на этот вопрос мы пока не располагаем. Говорить о единичных событиях вряд ли уместно. Необходимо более «систематическое» объяснение.

Недавно был открыт еще один пример принципиально новых свойств, приобретаемых системами в сильно неравновесных условиях: системы начинают «воспринимать» внешние поля, например гравитационное поле, в результате чего появляется возможность отбора конфигураций.

...Важно отметить, что в зависимости от химического процесса, ответственного за бифуркацию, описанный выше механизм может обладать необычайной чувствительностью. Как уже отмечалось, вещество обретает способность «воспринимать» различия, неощутимые в равновесных условиях. Столь высокая чувствительность наводит на мысль о простейших организмах, например о бактериях, способных, как известно, реагировать на электрические или магнитные поля. В более общем плане это означает, что в сильно неравновесной химии возможна «адаптация» химических процессов к внешним условиям. Этим сильно неравновесная область разительно отличается от равновесной, где для перехода от одной структуры к другой требуются сильные возмущения или изменения граничных условий.

Еще одним примером спонтанной «адаптивной организации» системы, ее «подстройки» к окружающей среде, может служить чувствительность сильно неравновесных состояний к внешним флуктуациям. В таких положениях случайная флуктуация во внешнем потоке, часто называемая шумом, отнюдь не досадная помеха: она порождает качественно новые типы режимов, для осуществления которых при детерминистических потоках потребовались бы несравненно более сложные схемы реакций.

Важно помнить и о том, что случайный шум неизбежно присутствует в потоках в любой «естественной системе». Например, в биологических или экологических системах параметры, определяющие взаимодействие с окружающей средой, как правило, недопустимо считать постоянными. И клетка, и экологическая ниша черпают все необходимое для себя из окружающей среды; влага, pH , концентрация солей, свет и концентрация питательных веществ образуют непрестанно флуктуирующую среду. Чувствительность неравновесных состояний не только к флуктуациям, обусловленным их внутренней активностью, но и к флуктуациям, поступающим из окружающей среды, открывает перед биологическими исследованиями новые перспективы.

...Мы уже неоднократно подчеркивали роль флуктуаций. Перечислим кратко наиболее характерные особенности их воздействия на систему. Когда система, эволюционируя, достигает точки бифуркации, детерминистическое описание становится непригодным. Флуктуация вынуждает систему выбрать ту ветвь, по которой будет происходить дальнейшая эволюция системы. Переход через бифуркацию – такой же случайный процесс, как бросание монеты. Другим примером может служить химический хаос. Достигнув хаоса, мы не можем более проследить отдельную траекторию химической системы. Не можем мы и предсказывать детали временного развития. И в этом случае, как и в предыдущем, возможно только статистическое описание. Существование неустойчивости можно рассматривать как результат флуктуации, которая сначала была локализована в малой части системы, а затем распространилась и привела к новому макроскопическому состоянию...

...Флуктуации определяют глобальный исход эволюции системы. Вместо того чтобы оставаться малыми поправками к средним значениям, флуктуации существенно изменяют средние значения. Желая подчеркнуть ее новизну, мы предлагаем назвать ситуацию, возникающую после воздействия флуктуации на систему, специальным термином – порядком через флуктуацию. Прежде чем приводить примеры порядка через флуктуацию, нам бы хотелось сделать несколько общих замечаний, чтобы подчеркнуть концептуальную новизну той ситуации, с которой мы столкнулись.

Некоторым читателям, должно быть, известны соотношения неопределенностей Гейзенберга, выражающие несколько неожиданным образом вероятностный аспект квантовой теории. Возможность одновременного измерения координат и импульса в квантовой теории отпадает, тем самым нарушается и классический детерминизм. Считалось, однако, что это никак не сказывается на описании таких макроскопических объектов, как живые системы. Но роль флуктуаций в сильно неравновесных системах показывает, что это не так.

Случайность остается весьма существенной и на макроскопическом уровне. Интересно отметить еще одну аналогию с квантовой механикой, приписывающей волновой характер всем элементарным частицам. Как нам уже известно, сильно неравновесные химические системы также могут обладать когерентным волновым поведением: таковы, например, химические часы. И снова некоторые из особенностей квантовой механики, открытые на микроскопическом уровне, проявляются теперь и на макроскопическом уровне!

...Одним из наиболее неожиданных результатов недавних исследований состоял в том, что в неравновесной области ситуация резко изменяется. Во-первых, при подходе вплотную к точкам бифуркации флуктуации становятся аномально сильными. Амплитуды флуктуаций имеют такой же порядок величины, как и средние макроскопические значения. Следовательно, различие между ними стирается.

...Когда новая структура возникает в результате конечного возмущения, флуктуация, приводящая к смене режимов, не может сразу «одолеть» начальное состояние. Она должна сначала установиться в некоторой конечной области и лишь затем распространиться и «заполнить» все пространство. Иначе говоря, существует механизм нуклеации. В зависимости от того, лежат ли размеры начальной области флуктуации ниже или выше критического значения (в случае химических диссипативных структур этот порог зависит, в частности, от кинетических констант и коэффициента диффузии), флуктуация либо затухает, либо распространяется на всю систему. Явления нуклеации хорошо известны из классической теории фазового перехода: в газе, например, непрерывно образуются и затем испаряются капельки конденсата. Когда же температура и давление достигают точки, в которой становится устойчивым жидкое состояние, может образоваться капля критических размеров (тем меньших, чем ниже температура и чем выше давление). Если размеры капли превышают порог нуклеации, газ почти мгновенно превращается в жидкость.

Как показывают теоретические исследования и численное моделирование, критические размеры ядра возрастают с эффективностью механизмов диффузии, связывающих между собой все области системы. Иначе говоря, чем быстрее передается сигнал по «каналам связи» внутри системы, тем выше процент безрезультатных флуктуаций и, следовательно, тем устойчивее система. Этот аспект проблемы критического размера означает, что в подобных ситуациях «внешний мир», т. е. все, что окружает флуктуирующую область, всегда стремится погасить флуктуации. Затухнут ли флуктуации или усилятся, зависит от эффективности «канала связи» между флуктуирующей областью и внешним миром. Таким образом, критические размеры определяются конкуренцией между «интегративной силой» системы и химическими механизмами, приводящими к усилению флуктуаций...

...Вопрос о пределах сложности системы поднимался довольно часто. Действительно, чем сложнее система, тем более многочисленны типы флуктуаций, угрожающих ее устойчивости. Позволительно, однако, спросить, как же в таком случае существуют такие сложные систе-

мы, какими является экологическая или социальная структура человеческого общества? Каким образом им удастся избежать перманентного хаоса?

Частичным ответом на подобные вопросы может быть ссылка на стабилизирующее влияние связи между частями систем, процессов диффузии. В сложных системах, где отдельные виды растений, животных и индивиды вступают между собой в многочисленные и разнообразные взаимодействия, связь между различными частями системы не может не быть достаточно эффективной. Между устойчивостью, обеспечиваемой связью, и неустойчивостью из-за флуктуаций имеется конкуренция. От исхода этой конкуренции зависит порог устойчивости.

...Вводимые в небольшом количестве в систему новые составляющие приводят к возникновению новой сети реакций между ее компонентами. Новая сеть реакций начинает конкурировать со старым способом функционирования системы. Если система структурно устойчива относительно вторжения новых единиц, то новый режим функционирования не устанавливается, а сами новые единицы погибают. Но если структурные флуктуации успешно «приживаются» (например, если новые единицы размножаются достаточно быстро и успевают «захватить» систему до того, как погибнут), то вся система перестраивается на новый режим функционирования: ее активность подчиняется новому «синтаксису».

Основные понятия синергетики

Термин «синергетика» возник сравнительно недавно, однако уже стал общепризнанным: скажем, в физическом энциклопедическом словаре им обозначена *новая область научных исследований, цель которой – выявление общих закономерностей в формировании структур*. Тем не менее, до сих пор идут споры: синергетика – это особое направление в науке или метод?

Говорят, что синергетика даже ни то и ни другое, а просто лозунг, призывающий применять методы, разработанные в одних областях, к исследованию явлений в других. Думается, это все же не так. Множество одних и тех же математических методов применяется представителями разных наук, но никаких споров относительно их роли и места под «научным солнцем» не возникает. С синергетикой же все сложнее и интереснее: это не просто научное направление, а определенная система взглядов на окружающий мир, позволяющая получать нетривиальные конкретные результаты. Важный отличительный признак систем, под-

падающих под действие немногих, но фундаментальных принципов синергетики, – нелинейность.

Кроме того, это системы открытые, то есть через их границы происходит обмен веществом и энергией с другими системами. Наконец, они диссипативны: в них, например, механическая энергия превращается в тепло, а также происходят другие превращения, из-за которых процессы в таких системах оказываются необратимыми. Можно сказать, что синергетика – это теория самоорганизации открытых диссипативных нелинейных систем.

Все сложные природные системы – от галактики до клетки, от циклона в атмосфере до водоворота в ручье – открытые и диссипативные, а большая их часть нелинейна. Так, Мировой океан суть открытая, диссипативная и нелинейная система. Климатическая система Земли, включающая атмосферу, гидросферу и криосферу (лед и снеговой покров) и функционирующая благодаря притоку солнечной радиации, относится к объектам такого же рода. В таких системах неизбежно должны происходить процессы самоорганизации. Вопрос, однако, не в том, происходит ли самоорганизация (организованность геофизических систем очевидна), а в том, происходит ли она так, что у нас есть надежда разобраться в цепи ее причинно-следственных связей.

Среди основных принципов синергетики одним из самых важных является принцип подчинения, введенный Г. Хакеном (отцом термина «синергетика») в качестве фундаментального теоретического способа описания процессов самоорганизации. Обычно сложная система характеризуется большим числом переменных, для каждой из которых необходимо выписать уравнения, задать начальные и граничные условия и т. п. Принцип подчинения довольно часто позволяет избежать этого и свести решение сложной задачи к решению небольшого числа уравнений для сильно укороченного набора переменных, называемых параметрами порядка.

Принцип подчинения состоит в утверждении, что в самоорганизующихся системах у некоторых переменных время релаксации много больше, чем у других. Медленно меняющиеся переменные как раз и описывают реальное поведение системы во времени, тогда как «быстрые» определяются их значениями. Получается так, будто одни переменные приспособливаются к другим, «подчиняются» им. В этом случае число уравнений, которые нужно решать, резко уменьшается. Поведение становится когерентным: по определенным законам меняется во времени лишь небольшое число переменных – параметры порядка, другие же, почти мгновенно приспособившись, просто следуют за ними.

Другой важный принцип синергетики – принцип конкуренции мод. Вообще говоря, любое движение в пространстве можно представить в виде суперпозиции большого (иногда очень большого, формально бесконечного) числа так называемых нормальных мод (или волн с различными длинами и частотами), распространяющихся вдоль осей координат. Идея разложения любого движения на элементарные волны представляет собой главное положение известного метода фурье-анализа, который основан на том, что любую функцию можно разложить в ряд Фурье по другой системе функций.

В синергетике метод нормальных мод пришелся очень кстати. Оказалось, что в нелинейных системах некоторые моды усиливаются намного быстрее других, в то время как эти другие либо растут медленно, либо вообще сразу затухают. Важно, что среди растущих мод самые быстрые оказываются наиболее долгоживущими и подчиняют себе остальные, в том числе даже неустойчивые, но медленнее растущие. Возникает упорядоченное поведение, и формируются когерентные структуры из небольшого числа мод. Такое поведение напоминает динамику предприятий в условиях свободного предпринимательства, когда в конкурентной борьбе выживают сильнейшие из них, подавляя или поглощая более слабые. Такая иллюстрация позволяет более наглядно представить значение терминов «конкуренция движений» и «конкуренция мод».

Прежде чем обсуждать самоорганизацию в конкретных геофизических системах, необходимо рассказать о таких ключевых понятиях синергетики, как термодинамическая ветвь и диссипативные структуры.

Уравнения модели некоторой системы могут давать при определенных значениях ее параметров стационарное устойчивое решение. В этом случае говорят, что система находится на термодинамической ветви. Однако при превышении каким-то параметром критического значения такое состояние может смениться совсем другим, при котором под влиянием тех же самых внешних воздействий образуются новые структуры в пространстве и времени. Подобные процессы возможны только в открытых, диссипативных системах, поэтому сами эти структуры называют диссипативными.

Сейчас понятие диссипативных структур расширилось: кроме стационарных, говорят о нестационарных диссипативных структурах – спиральных автоволнах, волнах в транспортных потоках и многих других.

Систему называют агрегированной, если ее можно описать сосредоточенными параметрами, едиными для всей системы (скажем, средней кинетической энергией или количеством вещества в реакторе).

Такая система может находиться на термодинамической ветви, и тогда ее параметры остаются неизменными, а может произойти самоорганизация во времени, и эти параметры будут эволюционировать. Вообще говоря, самоорганизация иногда выражается в довольно сложной форме, приводя даже к стохастизации или хаотизации процессов. Состояние агрегированной системы в каждый момент времени обычно изображают точкой в фазовом пространстве – условном многомерном пространстве, по осям которого отложены значения характеризующих систему параметров, а изменение ее состояния соответствует движению этой точки вдоль некоторой фазовой траектории.

Важно, что для большинства систем существуют аттракторы – выделенные фигуры в фазовом пространстве, к которым стремятся фазовые траектории. Если же в агрегированной системе удастся выделить всего два параметра порядка (скажем, количество льда и температуру океана, кинетическую и потенциальную энергию, численность двух видов микроорганизмов, расходы и доходы), то в таком двумерном мире единственной формой самоорганизации, уводящей систему с термодинамической ветви, является переход в автоколебательный режим с простейшим аттрактором – так называемым предельным циклом. Модель мира в таком случае становится как бы черно-белой, лишенной оттенков.

Большая часть колебательных режимов в сильно неравновесных системах – осцилляции Эль-Ниньо, колебания оледенения в плейстоцене, образование меандров в струйных течениях – имеет четко выраженный релаксационный характер. Это означает, что в какой-то момент система становится неустойчивой и одна или несколько характеристик начинают быстро расти, черпая ресурсы для такого роста у других переменных. Например, при возбуждении механических автоколебаний кинетическая энергия растет, а потенциальная – убывает (обычно неустойчивость развивается настолько быстро, что поступлением энергии из окружающей среды можно пренебречь и рост кинетической энергии полностью обеспечивается расходом потенциальной). Аналогично, если в результате реакции в химической системе содержание одного вещества растет, количество других реагирующих веществ должно убывать. Естественно, в таких процессах рост переменных ограничивается ресурсами, обеспечивающими ход процессов. Когда ресурсы исчерпаны, рост обрывается, переменная вследствие диссипации быстро принимает прежнее значение и начинается новая фаза накопления ресурсов.

В случае релаксационных колебаний графики зависимости от времени переменной, потребляющей ресурс, и самого ресурса различаются: для переменной характерны острые пики, разделенные длительными

интервалами низких значений, в то время как ресурс в эти длительные интервалы медленно растёт, а в моменты пиков резко убывает. Конечно, в природе и технике встречаются совершенно разные колебательные режимы: от практически гармонических, синусоидальных до релаксационных, импульсных. Как гармонические, так и релаксационные колебания характерны и для процессов в экономике, например колебания спроса и предложения. Тем не менее, чаще встречается именно такая ситуация, когда времена накопления и расхода ресурсов различны и колебания имеют «несимметричный» вид.

Сеидов Д.Г. Синергетика геофизических процессов // Природа. – 1989. – № 9. – С.25–32.

История возникновения синергетики

В классической науке до конца XIX в. господствовал жестко детерминированный стиль мышления. Идеалами научного знания служили простота, линейность, полное исключение неопределенности и случайности. Многих пугал хаос. Существовало стремление всюду установить однозначные динамические законы, которым подчинялись бы все явления действительности. Случайность изгонялась из научных теорий, а неравновесность и неустойчивость воспринимались как досадные неприятности. Эта картина мира (лапласовский детерминизм) осознается в современном естествознании как чрезмерно упрощенная теоретическая схема. Вместе с бурным развитием статистических теорий в XIX в. (теория азартных игр, теория ошибок измерений, статистическая физика, демографические исследования, статистика преступлений и т.д.) происходил переход к вероятностному стилю научного мышления. Возникновение и развитие квантовой механики в первой трети XX в. завершило коренной переворот к новой картине мира, в которой вероятность и категории случайности заняли прочное и почетное место. Переход к неклассической науке сопровождался, таким образом, развенчанием наивного убеждения классической науки, что случайность есть лишь неполнота нашего знания исследуемых явлений. Наоборот, когда статистические теории получили окончательное признание, появилась иная крайность – тенденция рассматривать статистические закономерности как более фундаментальные, дающие более глубокое знание, чем динамические.

Наконец, интенсивное развитие системных исследований и кибернетики, происходившее в течение последних десятилетий, ведет к очередному изменению в стиле научного мышления. Новый, системный стиль мышления не отменяет вероятностного видения мира, но допол-

няет его такими важнейшими категориями, как сложность, системность, синергетичность.

Основателями синергетики стали И. Пригожин и Г. Хакен. Другие известные зарубежные и отечественные исследователи феноменов самоорганизации: Н.Н. Моисеев, М. Эйген, В.И. Арнольд, А.В. Гапонов-Грехов, А.А. Самарский, Я.Г. Синай, В. Волькенштейн, Г.Р. Иваницкий, М.И. Рабинович, Ю.А. Данилов, А.С. Михайлов, Ю.Л. Климонтович, В.И. Кринский, С.В. Петухов, Ю.М. Романовский, Д.С. Чернавский, В.В. Осипов, Б.С. Кернер и многие другие.

Синергетика является наукой о самоорганизации в потоках. Ее наиболее характерные черты: открытость систем, нелинейность сред (в которых эти системы существуют), самоорганизация и самодостраивание структур, неоднозначность путей эволюции и их выбор через бифуркации, наличие катастрофических изменений в результате малых случайных воздействий, порядок через флуктуации и широкий диапазон изучаемых систем. Краткая характеристика синергетики как новой научной парадигмы может быть выражена по трем ключевым идеям: открытые системы, нелинейность и самоорганизация. Другими важными понятиями являются параметры порядка и аттракторы.

Под аттрактором понимают относительно устойчивое состояние системы, которое как бы притягивает к себе множество траекторий эволюции системы, определяемых разными начальными условиями. За этим термином стоят визуальные образы неких «воронок», «конусов», «каналов», которые свертывают, втягивают в себя множество траекторий и определяют ход эволюции системы на участках, даже отдаленных от непосредственного «жерла» таких «воронок». Следует уточнить, что аттракторы – это области фазового пространства, куда в конечном итоге попадают фазовые траектории процессов, да так там и остаются. В целом аттракторы характеризуются, как правило, их фазовыми портретами.

Фазовый портрет странного аттрактора – это уже не точка или кривая, а некоторая область, по которой происходят случайные блуждания траектории состояния системы. Иногда под аттракторами понимают также реальные структуры в реальном пространстве и времени, на которые «выходят» процессы самоорганизации в открытых нелинейных системах. Структуры-аттракторы выглядят как цели эволюции системы, и в качестве таких целей могут выступать как хаотические состояния, так и различные типы структур, имеющих симметричную, правильную, упорядоченную архитектуру.

Структура в синергетике – это локализованный в определенном участке среды процесс, а не застывший объект наблюдения (точка, тело и т. д.). Такой процесс имеет свою физическую природу, геометрическую форму и способность перемещаться в среде. Пока структуры находятся на квазистационарной стадии развития, из них могут образовываться другие структуры, из тех – третьи и так далее.

В том, какие структуры могут получаться, большое значение имеют характеристики исходных элементов. Далее, когда структуры перешли порог медленного роста, они начинают развиваться сверхбыстро в режиме обострения (реализуемого с помощью положительной обратной связи). Вблизи момента обострения сложные локализованные структуры становятся неустойчивыми и распадаются даже под действием малых флуктуаций. Неизбежный распад сложных и быстроразвивающихся структур – это одна из объективных закономерностей мироустройства с точки зрения современного естествознания.

Характеристики среды задают спектр возможных структур, которые могут образоваться в открытой системе. Граничные условия здесь играют подчиненную роль. Идею о спектре возможных структур можно пояснить рядом конкретных следствий:

1. Даже в относительно простой нелинейной среде потенциально существует множество типов структур или путей эволюции. Даже в относительно простой среде может скрываться целый «зоопарк» возможных потенциально структур.

2. Не все будет поддерживаться в данной среде (или в системе). Могут возникать только те структуры, которые в ней потенциально заложены и отвечают собственным тенденциям процессов в данной нелинейной среде. И ничего иного в качестве метастабильного устойчивого состояния не может быть самопроизвольно сконструировано на этой среде. Это своего рода эволюционные правила запрета.

3. Спектр структур, скрытый в нелинейной среде структур-аттракторов, предстает как нечто идеальное, как спектр гипотетических целей эволюции. Отсюда вытекает связь с проблемой предопределенности. Если система попала в конус притяжения аттрактора, то существует жесткая установка на определенное будущее состояние.

4. Моменты поворота к тому или иному аттрактору задают точки бифуркации. Бифуркации являются точками ветвления путей эволюции открытой нелинейной системы в одной и той же среде (но не при изменении сред).

Так мы приходим к примечательному результату. Хотя организация мира такова, что все в нем в общем устойчиво, но эта устойчивость

относительна, до определенной степени, на некоторой (пусть и длительной) стадии развития. Все в мире метастабильно. Сложно организованные системы имеют тенденцию распадаться, достигая своего развитого состояния. Неустойчивость диалектична. Устойчивость вырастает из неустойчивости в результате неустойчивости, ибо начало, рождение нового структурного образования связано со случайностью, хаосом, неустойчивостью.

*Разумовский О.С., Хазов М.Ю.
Синергетика. Самоорганизация в природе.
– В. 2. – Т. 1. – Томск: Изд-во Томского ун-та,
1998. – С. 117–131.*

К заключению

А. Д. Панов

Кризис планетарного цикла Универсальной истории и возможная роль программы SETI в посткризисном развитии

...Человеческая цивилизация развивается в основном как единая система. История цивилизации представляет собой последовательность сменяющих друг друга качественно различных фаз или ступеней развития общества. Внутри каждой такой фазы развитие представляет собой, во-первых, экстенсивный рост по некоторым параметрам (население, потребление ресурсов), во-вторых, накопление потенциала избыточного внутреннего разнообразия. Под избыточным внутренним разнообразием понимаются формы деятельности или организационные структуры, находящиеся на периферии цивилизации и не играющие существенной системообразующей роли на данном этапе развития. Экстенсивный рост цивилизации приближает эволюционный кризис, когда резервы экстенсивного роста при данном уровне технологии исчерпываются.

Деятельность цивилизации так изменяет среду обитания, что это ставит под вопрос устойчивость цивилизации. В этом состоит суть эндогенно-экзогенного механизма кризиса. К кризису может также привести опережающее развитие технологии по сравнению с уровнем культурных регуляторов общества. Кризис может вызвать и сочетание обоих факторов. На вызов эволюционного кризиса цивилизация отвечает распадом подсистем, неспособных дать адекватный ответ на кризис, и переходом на более высокую ступень эволюции подсистем, которые адекватный ответ дать могут.

Переход на более высокую ступень развития означает революцию в развитии цивилизации. В таком переходе существенную роль играет избыточное внутреннее разнообразие, накопленное в ходе предыдущей

фазы бескризисного развития. Некоторые формы деятельности, не игравшие раньше существенной роли в жизни цивилизации, становятся системообразующими факторами.

С точки зрения синергетики и термодинамики, при переходе на более высокую ступень эволюции общество оказывается в состоянии, более далеком от равновесия, чем было до него. Для поддержания такого «устойчивого неравновесия» цивилизация обязана выработать соответствующие компенсирующие механизмы, среди которых важнейшим является совершенствование культурных регуляторов, которые противостоят росту разрушительной силы новых технологий. Те подсистемы цивилизации, которые не в состоянии ответить на кризис выработкой адекватных культурных регуляторов, выбывают из эволюции, выжившие же подсистемы обладают более совершенными культурными регуляторами. В этом заключается гипотеза техно-гуманитарного баланса. Гипотеза техно-гуманитарного баланса означает, что в ходе исторического развития возникают все более совершенные культурные механизмы сублимации агрессии, что (несколько упрощенно) можно охарактеризовать как гуманизацию человеческого общества. Этот вывод является парадоксальным для обыденного сознания, так как распространенной точкой зрения является представление о непрерывном падении нравов, ностальгия по ушедшему «золотому веку» и т. д. Тем не менее гипотеза техно-гуманитарного баланса подтверждается на обширном историческом материале.

...Характерным примером цивилизационного кризиса и последующей революции является неолитическая революция. В конце верхнего палеолита развитие охотничьих технологий привело к истреблению популяций и целых видов животных, что подорвало пищевые ресурсы палеолитического общества и привело к ужесточению межплеменной конкуренции. Оба эти фактора привели к сокращению населения в несколько раз. Ответом на кризис был переход от присваивающего (охота, собирательство) к производящему (земледелие, скотоводство) хозяйству и смена нормативного геноцида зачаточными формами коллективной эксплуатации и своеобразным симбиозом сельскохозяйственных и "воинственных" племен. Роль избыточного внутреннего разнообразия сыграли зачаточные формы земледелия (в ритуальных целях) и, вероятно, опыт общения с ручными животными.

Представления, близкие синергетической модели истории, приложимы не только непосредственно к истории цивилизации, но и к другим эволюционным процессам – к планетарной Универсальной истории, включающей историю цивилизации как составную часть. Примером до-социального эволюционного кризиса и революции является «кислород-

ная катастрофа» около 1,5 млрд лет назад. Первыми живыми существами на Земле были анаэробные прокариоты, среди которых важную роль играли цианобактерии (иначе называются сине-зеленые водоросли). Цианобактерии обогатили первоначально восстановительную атмосферу Земли кислородом, который был сильным ядом для анаэробных прокариот. Анаэробные организмы стали вымирать, что видно, в частности, по резкому замедлению процесса накопления горючих ископаемых в этот период. На смену им пришли аэробные формы жизни, которые были представлены в основном эукариотами, что придало мощный импульс эволюции жизни на Земле. При этом эукариоты, видимо, возникли задолго до кислородной катастрофы, но существовали на периферии биосферы в виде избыточного внутреннего разнообразия, и только после обогащения атмосферы кислородом стали лидерами эволюции.

...Ясно, что проход сингулярной точки планетарного исторического аттрактора означает преодоление целого ряда глубочайших кризисов, поэтому постсингулярная цивилизация в ходе преодоления этих кризисов должна выработать соответствующие адаптационные механизмы – сохраняющие реакции, и в дальнейшем использовать их для поддержания своего гомеостаза. Нетрудно представить себе по крайней мере некоторые из таких механизмов.

Во-первых, цивилизация должна выработать очень совершенные механизмы сдерживания внутренней агрессивности, в противном случае она самоуничтожится в результате внутренних конфликтов значительно раньше, чем достигнет постсингулярной фазы. Во-вторых, цивилизация должна внутри себя преодолеть эгоизм типа корпоративного или государственного эгоизма, так как планетарные кризисные процессы могут быть преодолены только совместными усилиями всех при непрерывном поиске компромиссов. Третьим типом сохраняющей реакции цивилизации, очевидно, должен быть рост экологического сознания. По-видимому, все эти три сохраняющие реакции должны совершить гигантский скачок при преодолении сингулярности глобального аттрактора. Это специфическое явление можно назвать постсингулярной гуманизацией цивилизации.

Мысль о том, что гуманизм и принципы этики имеют естественное происхождение, конечно, не нова. Элементы такого подхода можно найти уже у Сократа и Спинозы; интересный анализ такого типа дан в недавней статье Умберто Эко. О том, что высокоразвитая цивилизация должна быть высокогуманистической, писали К.Э. Циолковский, И.А. Ефремов; очень ясно эта мысль высказана в недавних статьях Л.М. Гиндилиса. Очень глубоко этот круг вопросов был исследован

А.П. Назаретяном в рамках синергетической модели истории и суть явления суммирована им в гипотезе техно-гуманитарного баланса.

...В XX веке имели место такие вспышки насилия, каких человечество не знало за всю свою историю: гитлеровские концлагеря, сталинская коллективизация и сталинские репрессии, "культурная революция" в Китае, режим Пол Пота в Камбодже. Это как будто говорит против гуманизации цивилизации. Но где сейчас те режимы, которые практиковали такое насилие? Они показали свою полную нежизнеспособность и либо вовсе исчезли с лица Земли, либо вынуждены были коренным образом перестроиться. Фактически налицо действие механизма естественного отбора, который выметает агрессивные подсистемы из человеческой цивилизации, оставляя гуманистические. Это как раз и есть тот механизм выработки культурных регуляторов, сдерживающих разрушительное действие развивающихся технологий, который предполагает гипотеза техно-гуманитарного баланса.

...Гуманизм не может существовать только «для внутреннего пользования» цивилизации. Эти качества она должна проявлять и в отношениях с внешним миром, в чем бы эти отношения не выражались: контакт с разумными или неразумными формами жизни на других планетах, космическая инженерия и т. д. Совершенная высокогуманистическая система внутри себя, вряд ли может быть примитивно-агрессивной во внешних проявлениях. Таким образом, следует ожидать, что постсингулярная цивилизация должна быть не просто гуманистической, но экзогуманистической – гуманистической в космическом смысле.

...Хотелось бы предостеречь от упрощенного понимания гуманизма высокоразвитой постсингулярной цивилизации. Постсингулярное общество не может быть и не будет обществом всеобщего благополучия и благоденствия. Невозможно отменить действие чисто физиологических механизмов агрессии. Даже если бы это было возможно, ни в коем случае нельзя было бы это делать, так как агрессия является важнейшей составляющей творческой активности человека. Нет сомнения, что и помимо проявления естественной агрессивности всегда найдется множество причин, приводящих к противоречиям и кризисам. Гуманизация общества состоит в том, что механизмы сублимации агрессии действуют на все более высоком уровне и являются все более сложными и эффективными. Но Добро продолжает противостоять Злу, как это было всегда; созидание противостоит разрушению. Однако Зло с Добром сталкивается в системе, очень далекой от равновесия, их противостояние приобретает все более утонченные формы.

spkurdyumov.narod.ru/Panov.htm