

ЗАКОНЫ ЭВОЛЮЦИИ ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ МАТЕРИИ

В.А. Гусев<sup>1</sup>, А.Д. Груздев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН,

<sup>2</sup>институт Цитологии и генетики СО РАН Новосибирск

*В работе проводится сравнительный анализ проблем эволюции живых и неживых систем с целью построения единой модели динамики открытых неравновесных систем. Для проведения системного анализа авторы воспользовались обобщенным философским сопоставлением живого и неживого как единым и неделимым свойством материи.*

«Эволюционная теория... является заключительным аккордом в нашем воззрении на природу и делает его однородным; и только она одна делает возможным представление о мировом механизме, в котором каждое состояние есть следствие предыдущего и причина последующего».

А. Вайсман.

**Введение**

Появление этой статьи было отчасти стимулировано дискуссией физиков и биологов, о проблемах эволюции биологических существ. Один из нас, спросил, существуют ли законы эволюции, общие как для органического, так и неорганического Мира. Ответ был как ни странно достаточно однозначен: - "Эволюция происходит только в органическом мире. Физический мир не эволюционирует, а просто развивается по своим физическим законам. Поэтому его развитие можно заранее предсказать. Только физики пока не способны проделать все требуемые вычисления. Кроме того, биологические существа эволюционируют не сами, а путем смены поколений, чего в физическом мире не наблюдается". Так что же значит, физический Мир не эволюционирует, а просто развивается по своим физическим законам? А биота, что не подчиняется физическим законам? Значит, эволюция и развитие это принципиально различные процессы? В чем тогда их различие?

При более глубоком анализе законов Мироздания оказывается, что строгие физические законы не так строги, как нам кажется с первого взгляда. Например, мы многократно наблюдали, как в одинаковых физических

условиях возникают далеко не тождественные физические объекты. А примеры этому неисчерпаемы. Так на небе нет одинаковых звезд, в Солнечной системе нет одинаковых планет, все снежинки разные и т.д. Конечно, можно возразить, что на небе, в Солнечной системе или в снеговой туче условия образования звезд, планет или снежинок не совсем одинаковы, что они всегда варьируют. Но суть дела заключается в том, что такие вариации или, как говорят физики, флуктуации существуют всегда. Это фундаментальное свойство нашего Мира, которое, по-видимому, было неизвестно моему собеседнику-биологу. А жаль! Ведь абсолютно ясно, что законы биологии не могут противоречить законам физики. Рассмотрим лишь два до тривиальности известные примера проявления флуктуаций. Так голубой цвет неба является следствием флуктуаций плотности атмосферного воздуха, а точность измерений любого электрического прибора ограничена электрическими "шумами", то есть флуктуациями плотности электронов. Дальше в тексте будет сказано, как флуктуации плотности газа в расширяющейся Вселенной привели к формированию галактик. Если бы этих флуктуаций не было, то Вселенная навсегда осталась

бы однородно заполненной газом. Стоит, по-видимому, также упомянуть о так называемых явлениях бифуркации, которые нередко возникают в процессах динамики сложных (а иногда даже простых, но нелинейных) систем. В точке бифуркации поведение систем становится непредсказуемым. Из этой точки система может выйти в один из нескольких допустимых для нее режимов. Но выбор режима оказывается во власти случая, а точнее, во власти флуктуаций условий работы системы.

Добавим, наконец, что мутации в молекулах ДНК живых организмов суть также проявления флуктуаций в работе ДНК-полимеразы и систем репарации. **В этом смысле природа изменчивости оказывается одинаковой как в органическом, так и неорганическом мире.**

Что же касается законов эволюции, то на наш взгляд более корректно мнение Н. Н. Моисеева [1]: "Единый процесс развития охватывает неживую природу, жизнь и, наконец, общество. Всё это – звенья единой цепи, и поэтому естественно попытаться описать весь процесс развития на одном языке, в рамках единой схемы, с использованием общей терминологии". Для этого необходимо решить проблему ключевых понятий и расширения их содержания и смысла. Мы в качестве таких ключевых понятий возьмем дарвиновскую триаду: **изменчивость, наследственность, отбор.**

- Условимся называть **изменчивостью** любые проявления стохастичности и неопределенности. Она создает то "поле возможностей", из которого потом возникает многообразие организационных форм".

- Термином **наследственность** "будем обозначать не только способность материи сохранять свои особенности, но и ее способность изменяться от прошлого к будущему, - способность "будущего зависеть от прошлого".

- Набор принципов **отбора** очень велик. И законы Ньютона – только один из них. Внутривидовая борьба, которую Ч. Дарвин назвал естественным отбором – другой подобный принцип. Принципами отбора являются законы сохранения (*энергии, количества движения, момента количества движения, заряда и пр.*) и второй закон термодинамики, не выводимый из законов сохранения". К сожалению, основное содержание книги Н.Н. Моисеева [1] посвящено преимущественно проблемам генезиса и развития интеллекта, а не демонстрации общности законов эволюции нашего мира.

Для сравнения приведем определения изменчивости и наследственности из авторитетного Биологического энциклопедического словаря. [2]. Определение отбора в нем, к сожалению, отсутствует. "*Изменчивость, свойство живых организмов существовать в различных формах (вариантах). По механизмам возникновения, характеру изменений признаков различают несколько типов изменчивости: наследственная или генотипическая, ненаследственная или модификационная и онтогенетическая.* **Наследственность, свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями. Функци. преемственность между поколениями может обеспечиваться не только спец. материальными структурами, но и передачей информации от одного поколения к другому в ходе обучения**". Не вызывает сомнений, что приведенные определения относятся только к живым организмам. Нам кажется, что определения, данные Н. Н. Моисеевым [1] корректны и, в то же время, достаточно широки, чтобы включить не только биоту, но и большинство эволюционирующих объектов нашего Мира. В дальнейшем мы попытаемся представить их в практически удобных операционных терминах.

Для продолжения обсуждения поставленного вопроса было бы необходимо также

иметь четкое, т.е. достаточно формализованное по сути, определение термина **эволюция** с тем, чтобы далее не "растекаться мыслию по древу", но такового обоснованного и четко подтверждающего или опровергающего наши мысли не нашлось. В том же словаре написано: "Эволюция (от лат. *evolutio* – развертывание) необратимый процесс историч. изменения живого". Это (увы, специфическое и не развернутое) определение естественно и достаточно только для биологов. В Большой Советской Энциклопедии 1978 года имеется более общее, но не совсем понятное определение: "Эволюция (от лат. *evolutio* – развертывание), в широком смысле синоним (*sic!*) развития; в более узком смысле – один из осн. типов развития: медленное, постепенное количеств. и качеств. изменение, в отличие от революции. При этом каждое новое состояние объекта имеет по сравнению с предшествующим более высокий уровень организации и дифференциации функций. Различают индивидуальную Э. (к.-л. отд. объекта) и всеобщую Э. (природы, жизни). В процессе Э. важную роль играют как внутр. факторы, так и внеш. условия существования объектов. Изменения в ходе Э. носят разнонаправленный характер". Что в этом тексте означают слова "Э. природы", а тем более "к.-л. отд. объекта"? Значат ли они, что эволюционирует в природе всё – от электрона до Вселенной? Или не значат? Или под природой понимается только природа на планете Земля, где мы живём? В Интернете оказалось слишком много определений на любой вкус – *от разнообразных вариаций (в том числе неверных) определения биологов, до бравого утверждения "эволюция это изменения"*.

Вероятнее всего, дать строгое определение эволюции (и сопутствующих терминов) просто невозможно. Этому есть, по крайней мере, три причины:

1. Мы, люди, являемся продуктом эволюции, но часто поступаем, казалось бы, вопреки, наперекор естественному эволюцион-

ному процессу. Да и в природе мы иногда замечаем подобные феномены. Поэтому у нас возникают сомнения, можно ли наши поступки и "противоправные" явления природы отнести к эволюционным, или нет (это – неопределенность собственно *термина* эволюция).

2. Крупные глобальные события (формирование лика Земли, катастрофы, появление новых видов животных или растений и др.) мы без сомнений относим к эволюционным. А "мелкие житейские", и тем более личные события (спортивные соревнования, рождение сына, пение соловья и пр.) в ранг эволюционных не попадают. Это – неопределенность *ранга событий* эволюции.

3. Окружающий нас мир построен из атомов. Он, несомненно, эволюционирует. Атомы построены из элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов и т.д.). Можно ли считать, что и атомы, и элементарные частицы тоже эволюционируют? Это – неопределенность *времени свершения* и *длительности событий* эволюции.<sup>1</sup>

Как пишет Palyi "Life is very particular phenomenon, sharply diverges from all other phenomenon in the physically observable domain of experience" – «Жизнь очень своеобразный феномен, трудно отделяемый от всего наблюдаемого» [3].

Поэтому прежде чем приступать к анализу отдельно живых систем, попытаемся сформулировать предмет исследования, то есть ввести строгие формулировки для определения понятия живого. На первый взгляд такая постановка вопроса кажется абсурдной в силу «очевидности» отличия живого от неживого. Однако, при более детальном анализе, эта очевидность трансформируется в практически неразрешимую задачу строгой фор-

<sup>1</sup> Строго определения нет не только для понятия эволюции живых систем, но нет даже для самого определения понятия «живой системы». И по этому поводу есть две строго математически формализованные теоремы Геделя, одна из них «о не полноте».

мализации этих понятий. Определений понятия живого может и должно быть столько, сколько существует в настоящее время автономных областей естественнонаучных и гуманитарных знаний, а также теологических и мифических представлений о мироздании, поскольку все они формируются живой системой под названием человечество.

Однако, ни одно определение из этого множества не может отразить «истинную» суть живого, ибо согласно теореме Геделя о неполноте [4] никакая система не способна осознать себя в рамках своих понятий. В строгой энциклопедической формулировке это представлено как: *«теорема Геделя о неполноте показывает невозможность полной формализации человеческого мышления»* [5]. Следовательно, ни наше определение, ни определения других авторов понятий живого не отражают истинной сути жизни, которая нам не доступна. Все эти определения неизбежно субъективны и основаны на пристрастиях авторов. Поэтому прежде чем вводить определение живого, необходимо сделать следующий комментарий.

Проблема происхождения жизни и определения этого понятия возникает тогда и только тогда, когда вводится ограничение на возраст Вселенной. В противном случае, то есть при неограниченном во времени существовании Вселенной, любое самое сложное образование, в том числе и человек, в образе мужчины и в образе женщины, может возникнуть единомоментно при случайной удачной для данных объектов комбинации атомов. *«Если исходить из обычно делающегося предположения, что сознание и мир ощущений могут существовать лишь при наличии мира материи, то согласно стандартной теории горячей Вселенной, жизнь, как и вся Вселенная, должна была возникнуть «ниоткуда» несколько миллиардов лет назад»* [6].

Такая трактовка акта творения живого не противоречит второму закону термодинамики, так как времени хватит на любые флук-

туации, вероятность которых по нашим представлениям выходит «за рамки разумного». Вводя в естествознание понятие *происхождение Вселенной*, мы неизбежно должны ввести и понятие *ее смерти*. Идея о том, что когда-то не было и Вселенной детерминирована ограниченностью времени жизни живого объекта, ее познающего – его когда-то тоже не было.

Понятие живого невозможно определить вне среды его обитания – одно без другого просто не существует. Вселенная без живых систем ненаблюдаема - в ней нет структурных образований, способных ее воспринимать, некому задавать вопросы и искать на них ответы – она мертва. Таким образом, **состояние материи, при котором возможно существование самовоспроизводящихся систем является неперенным атрибутом наблюдаемой Вселенной.**

В этой связи физики вынуждены были даже ввести в обиход несвойственное для них понятие *антропного принципа*, одна из формулировок которого звучит так: *фундаментальные законы физики и мировые константы должны быть именно такими, какими они наблюдаются* [7-9]. **Только при этих условиях возможно появление живого во Вселенной.**

Уже в масштабах ядерной структуры материи детерминирован выбор из множества атомов именно углерода, кислорода, водорода, азота, фосфора и серы и их химических комбинаций в виде четырех нуклеотидов и двадцати аминокислот, на базе которых осуществляются информационные потоки во всех живых организмах. Исходя из антропного принципа, становятся понятными арифметические закономерности, найденные в работах Щербака [10, 11] (см. ниже).

Реализовать процесс самовоспроизведения, без нарушения фундаментальных физических законов сохранения, живой объект может только в конкретной, адекватной ему среде. Для автотрофного организма таковой

является среда, элементы которой представлены структурными и энергетическими источниками. Для вируса средой является хозяйская клетка. И в этом смысле вирус также является живым.

Для целей данной работы удобно ввести следующие определения:

**живой объект** - это структурное образование, ограниченное в пространстве и времени, информационно достаточное для самовоспроизведения в адекватной среде, неизбежно возникающее на определенном этапе эволюции Вселенной;

**живая система** - это совокупность функционально взаимосвязанных живых объектов различной сложности, способных целенаправленно изменять внешнюю среду;

**жизнь** - это энергетически зависимый процесс циклического преобразования элементарных единиц вещества, результатом которого является перманентное возрастание структурной и функциональной сложности живых систем и среды их обитания [12].

На основании введенных определений живого объекта, живой системы и феномена жизни попытаемся проанализировать глубинную связь живого и неживого во Вселенной, а так же между их, по-видимому, взаимосвязанными и взаимозависимыми эволюциями. Остановимся на нерешенной до сих пор проблеме: *проблеме происхождения, единственности и эволюции генетического кода,*

### Генетический код

*«У проблемы генетического кода есть несколько сторон, из которых самая интригующая – это почему он такой, какой он есть»* - Maddox .[13]

В представленной формулировке определения понятия живого объекта подразумевается, что информационная основа его самовоспроизведения, то есть генетический код, являются составной частью структуры на-

блюдаемой Вселенной. Другими словами, строение ядер H, C, O, N, P, S детерминирует электронную структуру атомов, которые в свою очередь детерминируют структуру молекул, формирующих именно тот набор нуклеотидов и аминокислот, участвующих в преобразовании генетической информации живых систем. При первом прочтении эта фраза воспринимается как тривиальная тавтология, лишённая какого-либо конструктивного смысла. Попробуем развеять это восприятие.

*“The origin of the code is perhaps the most perplexing problem in evolutionary biology. The existing translation machinery is at the same time so complex, so universal, and so essential that is the hard to see how it could have come into existence, or how life could have existed without it”* [14]. В конце 60-х годов прошлого века структура генетического кода была полностью расшифрована. Таблица соответствия триплетов и аминокислот приобрела канонический вид в стандартной форме «4×4×4», приведенный на рисунке. Дальнейшие усилия исследователей были направлены на объяснение этих соответствий. Сформировалось три наиболее известных направления, на базе которых предпринимались попытки вникнуть в сущность соответствия кодонов и аминокислот:

1. стереохимическая гипотеза,
2. frozen-accident гипотеза или гипотеза случайного замораживания, эволюционная гипотеза [15-25].

Строились теории, рассматривающие формирование генетического кода на основании взаимоотношения между кодонами и аминокислотами, биосинтетических взаимоотношений среди различных аминокислот и как эти метаболические пути могли быть селективированы в процессе эволюции и, наконец, как просто замороженное случайное соответствие аминокислот и кодонов.

*A priori* во всех гипотезах принималась триплетная структура кодонов. Основанием

|   | T       |   |         |              | C       |   |         |   | A       |   |           |   | G       |   |         |     |
|---|---------|---|---------|--------------|---------|---|---------|---|---------|---|-----------|---|---------|---|---------|-----|
| T | Phe Phe |   | Leu Leu |              | Ser Ser |   | Ser Ser |   | Tyr Tyr |   | Stop Stop |   | Cys Cys |   | Stop    | Trp |
|   | T       | T | T       | T            | T       | T | T       | T | T       | T | T         | T | T       | T | T       | T   |
|   | T       | T | T       | T            | C       | C | C       | C | A       | A | A         | A | G       | G | G       | G   |
|   | T       | C | A       | G            | T       | C | A       | G | T       | C | A         | G | T       | C | A       | G   |
| C | Leu Leu |   | Leu Leu |              | Pro Pro |   | Pro Pro |   | His His |   | Gln Gln   |   | Arg Arg |   | Arg Arg |     |
|   | C       | C | C       | C            | C       | C | C       | C | C       | C | C         | C | C       | C | C       | C   |
|   | T       | T | T       | T            | C       | C | C       | C | A       | A | A         | A | G       | G | G       | G   |
|   | T       | C | A       | G            | T       | C | A       | G | T       | C | A         | G | T       | C | A       | G   |
| A | Ile Ile |   | Ile     | Start<br>Met | Thr Thr |   | Thr Thr |   | Asn Asn |   | Lys Lys   |   | Ser Ser |   | Arg Arg |     |
|   | A       | A | A       | A            | A       | A | A       | A | A       | A | A         | A | A       | A | A       | A   |
|   | T       | T | T       | T            | C       | C | C       | C | A       | A | A         | A | G       | G | G       | G   |
|   | T       | C | A       | G            | T       | C | A       | G | T       | C | A         | G | T       | C | A       | G   |
| G | Val Val |   | Val Val |              | Ala Ala |   | Ala Ala |   | Asp Asp |   | Glu Glu   |   | Gly Gly |   | Gly Gly |     |
|   | G       | G | G       | G            | G       | G | G       | G | G       | G | G         | G | G       | G | G       | G   |
|   | T       | T | T       | T            | C       | C | C       | C | A       | A | A         | A | G       | G | G       | G   |
|   | T       | C | A       | G            | T       | C | A       | G | T       | C | A         | G | T       | C | A       | G   |
|   | T       | C | A       | G            | T       | C | A       | G | T       | C | A         | G | T       | C | A       | G   |

Стандартная таблица генетического кода

для этого служило «почти очевидное» предположение Гамова [26], которое он высказал после опубликования знаменитой статьи Уотсона и Крика [27] о структуре ДНК: для однобуквенного кода число комбинаций из 4 по 1 равно четырем, для дуплетного кода это же число равно 16, что явно не хватает для кодирования 20-ти аминокислот, следовательно, код должен быть триплетным. Для квадруплетного кода возникает чрезмерная избыточность, а с точки зрения физика (Гамов был профессиональным физиком) такая расточительность Природы выглядела бы неестественно.

Общую фразу Мэддока, приведенную в начале главы, можно конкретизировать в виде «простых и очевидных» вопросов, на которые современная наука о живом не имеет сколь-нибудь последовательных самосогласованных ответов:

1. Почему генетический код универсален?
2. Случайно или закономерно появление диалектов: митохондриальной версии, UGA кодон (стоп-кодон в универсальной версии) в которой кодирует триптофан, AUA кодон (кодон изолейцина в универсальной версии) в которой кодирует метионин; *Candida cylindrica* (fungy), CUG (кодон лейцина в универ-

сальной версии) кодон в которой кодирует серин.

3. Почему генетический код представлен четырьмя символами А, Т(У), G, С?

4. Почему генетический код имеет триплетную структуру?

5. Почему он не перекрывающийся, то есть, почему трансляционный аппарат клетки, считывающий информацию, имеет дискрету равную трем, а не единице?<sup>2</sup>

6. Почему степень вырожденности кода для разных аминокислот варьирует от единицы до шести?

7. Случайно или детерминировано существующее распределение степени вырождения кодонов по конкретным аминокислотам?

8. Почему для конструирования белков отобраны только 20 канонических аминокислот?

9. Случаен или детерминирован выбор именно этих аминокислот?

Здесь следует остановиться, потому что ответить аргументировано только на этот перечень вопросов понадобится написать не одну солидную монографию. В данной же работе предпринята попытка на основе анализа современной литературы, хотя бы частично ответить на эти и другие вопросы, связанные с происхождением жизни на Земле и ее неперменного атрибута генетического кода.

Начнем с анализа работ [28 – 30], в которых авторы пытаются перевести постулат Гамова в разряд интерпретируемых категорий, то есть найти физические причины, на основании которых можно было бы понять, почему триплетный код, состоящий из четырех символов, является оптимальным. Основная идея автора [28] заключается «в нахождении компромисса между малым количеством букв в алфавите ( $n$ ), что упрощает декодирующую машину, но приводит к большим по длине информационным последовательно-

стям, и большим  $n$ , что сокращает длину последовательности, но усложняет информационную машину». Полагая, что протогеомы были представлены относительно короткими последовательностями из трех-четырёх тысяч букв, автор показал, что указанный оптимум достигается для четырехбуквенного кода.

По сути, автор работает в рамках frozen-accident гипотезы, так как в его модели оптимизации информационной емкости последовательности символов и способа декодировки, длина алфавита возрастает от 4 символов для малых вирусов, до почти пятидесяти тысяч для генома человека. По выражению автора «ситуация, имевшая место при проектировании кода ДНК Природой, удивительно напоминает аналогичную, возникшую при проектировании компьютера человеком. Если бы первый компьютер создавали сейчас, то наверное, воспользовались бы отнюдь не двоичной системой счисления. Ее выбрали лишь на первом этапе, чтоб как можно сильнее упростить конструкцию декодирующей машины. А теперь эту ошибку уже поздно исправлять». Такая точка зрения имеет под собой основания, но страдает серьезным недостатком – согласно автору первичными геномами, образовавшимися на Земле должны быть вирусы. Но вирус, как известно, не обладает самодостаточным набором генов для автономного самовоспроизведения вне клетки хозяина. Впрочем, этот недостаток всех эволюционных гипотез происхождения жизни, основанных на принципе «от простого к сложному».

Более подробно вопросы о возможной эволюции генкода автономно в первичных живых системах или же принятие его структуры как данности, аналогичной фундаментальным физическим понятиям рассмотрены в работах одного из авторов данной работы [31, 32]. Там же можно найти хотя бы косвенные ответы на поставленные выше вопросы.

<sup>2</sup> Отметим, что здесь не рассматриваются открытые и закрытые рамки считывания.

Снова вернемся к анализу эволюции неживой материи. Для этого вспомним прекрасную аллгорию, введенную Эддингтоном о «стреле Времени», что по сути в данном случае совпадает с направлением эволюции. Иными словами, мы предположим, что стрела времени, впущенная в наш мир в момент его рождения, никогда не изменяет своего направления. Это предположение принуждает нас признать, что **ВСЕ БЕЗ ИСКЛЮЧЕНИЯ СОБЫТИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ СО ВСЕМИ БЕЗ ИСКЛЮЧЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ВО ВСЕЛЕННОЙ, ДАЖЕ КАЖУЩИЕСЯ ПРОТИВОРЕЧАЩИМИ ОБЩЕМУ ХОДУ СОБЫТИЙ В НЕЙ, ЯВЛЯЮТСЯ СОБЫТИЯМИ ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ.**

К сожалению, образ стрелы времени не удастся связать с каким либо монотонным физическим процессом, кроме процесса расширения Вселенной. Поскольку при её расширении на работу против сил тяготения затрачивается кинетическая энергия, то некая "средняя" температура вещества Вселенной уменьшается. Но, во-первых, это уменьшение не повсеместно и, во вторых, самые важные для нас (людей) эволюционные события происходят не в холодных просторах космоса, а в галактиках, где материя собирается в горячие звезды.

Сделанное глобальное, но, по сути, тривиальное предположение позволяет нам для проведения *предварительного* анализа эволюции какого-либо исследуемого объекта разделить все события на два ранга – **СУЩЕСТВЕННЫЕ** и **НЕСУЩЕСТВЕННЫЕ**. Так, например, рождение выдающегося политического деятеля является существенным событием для эволюции общества, но несущественным для эволюции Вселенной или планеты Земля. Несмотря на несомненную субъективность разделения событий по рангам, сама процедура типична для всей науки (бритва Оккама) и по мере *необходимости* ранги событий приходится изменять.

Кроме того, события эволюции объекта можно разделить еще на две категории – **КО-**

**ЛИЧЕСТВЕННЫЕ** и **КАЧЕСТВЕННЫЕ**. К количественным событиям отнесем, как нетрудно догадаться, такие события, которые приводят к количественному изменению изучаемого свойства выбранного объекта. К событиям качественным отнесем такие события, которые приводят к появлению (или исчезновению) у объекта качественного признака. Дать строгое определение качественного признака, по-видимому, невозможно. Однако его интуитивно ясное определение вполне очевидно: *качественным признаком объекта является такой признак, который у объекта либо есть, либо нет.*

Конечно, появление или исчезновение качественного признака происходит не моментально, а в течение некоторого времени. Но эта неопределенность есть лишь неопределенность времени становления признака, а не неопределенность его наличия или отсутствия. Выражаясь точнее, это означает, что категория признака может быть определена лишь в том случае, если время становления признака значительно меньше времени существования объекта эволюции. Довольно очевидно, что появление/потеря качественного признака более четко, чем увеличение/уменьшение количественного признака, свидетельствует об эволюционном событии – изменении одного из свойств объекта. Так, например, медленное падение температуры поверхности Земли (количественный признак) последовательно приводило к появлению таких качественных признаков как кора планеты, затем ее гидросфера, а затем и жизнь. Как правило, именно по таким, качественным признакам обычно судят о скорости и направлении эволюции как живого, так и неживого Мира.

Для того чтобы наглядно оценить необходимость использования качественных признаков при изучении эволюции некоторого объекта, представим себе, что вся она заснята на киноплёнку со скоростью, удобной для последующей демонстрации.



При просмотре пленки будут видны все события – и количественные, и качественные, и существенные, и несущественные. Довольно очевидно, что практически большинство количественных и все качественные несущественные события будут восприниматься нами как "информационный фон", мешающий наблюдению за качественными существенными признаками. В то же время, достаточно будет сравнить два кадра, разделенные во времени периодом становления (или исчезновения) качественного существенного признака, чтобы уверенно утверждать о свершении эволюционного события.

Нельзя не добавить, что при описании эволюции объекта важен правильный выбор пространственных и временных масштабов. Это требование "автоматически" выполняется, когда термин "эволюция" используется для событий "больших времен" и "больших масштабов". Если же принять предложенную выше точку зрения, что эволюционируют все объекты во Вселенной, то могут возникать недоразумения из-за терминологических неточностей. Простой пример. Говоря об *эволюции человека*, мы часто подразумеваем *эволюцию человечества*, которая длится  $\sim 10^5$  лет, тогда как эволюция человеческого индивидуума (его онтогенез) происходит за времена не более  $10^2$  лет. Очевидно, что существенно различны не только времена, масштабы и направленности этих эволюций, но и конкретные механизмы их осуществления. Поэтому не вполне ясно, целесообразно ли называть изменения отдельного индивидуума его эволюцией, или же развитием. По формальным, негласно существующим критериям: сложная, открытая, **изменяющаяся** во времени система, **наследующая** от родителей многие количественные и качественные признаки и попадающая под действие **средового отбора** как в биологическом, так и в социальном отношении, - развитие индивидуума следует называть эволюцией. Только не стоит забывать, что его основные **качественные**

признаки (а, следовательно, и его эволюция) заранее предопределены генетически. Поэтому, называя развитие особи его эволюцией, нам, по-видимому, придется добавлять прилагательное типа "преддетерминированная". В некоторых случаях может быть не ясно, какому эволюционирующему объекту принадлежит новый качественный признак. Например, такой признак как разум обычно ассоциируется с человеком. Однако, у большинства животных также существуют отчетливые, пусть только слабые, признаки разума, развивавшегося от тропизмов у бактерий до вполне разумного поведения высших обезьян. Следовательно, правильнее говорить о возникновении и эволюции разума у биоты, а не только у ее единственного, хотя и наиболее умственно продвинутого вида. Разум, как-то принято, ассоциировать с наличием качественно нового признака у представителей биоты - абстрактного мышления. А оно либо есть, либо его нет. Все ухищрения, которые делают различные представители биоты для своего собственного выживания – нельзя отнести к абстрактной сфере мозговой деятельности. Например, ворона научилась добывать внутренности черепахи, поднимая ее высоко над землей и сбрасывая на камни до тех пор, пока не расколется. Так ведь кушать хочется. Собственно чем и занимается вся биота: ест и размножается. А «есть ли жизнь на Марсе, нет ли» ей безразлично. И только *Homo sapiens* в «свободное от работы» время выдумал до сих пор не найденные черные дыры, нейтрино, ядерный цикл Бете – это все тоже не наблюдаемо и сначала было выдумано.

Ниже, мы попытались описать и сравнить закономерности развития Мира, в котором мы живем (Вселенная и Земля), с закономерностями развития биоты. При описании пришлось рассматривать лишь наиболее существенные качественные события для того, чтобы отрешиться от событий микроэволюционного масштаба, в которых ярче всего проявляются частные, специфические осо-

бенности, а также "флуктуационные шумы изменчивости", неизбежно присутствующие в любой из эволюционирующих систем. Кроме того, пришлось значительно упростить изложение, опуская нерешенные проблемы и многие тонкие детали с тем, чтобы опираться, насколько это возможно, на прочно установленные факты и стабильные парадигмы.

Для дальнейшего изложения примем такие определения:

1. **Качественный признак** – признак, который у объекта либо есть, либо нет.
2. **Наследственность** – условия или механизмы стабилизации **качественных признаков** объекта.
3. **Изменчивость** – любые проявления стохастичности и неопределенности, которые создают поле возможностей. Именно изменчивость создает давление, которое отбором превращается в движущую силу эволюции.
4. **Отбор** – условия среды, создающие возможность реализации одного (или небольшого числа) вариантов эволюционного события, созданного **изменчивостью**.
5. **Эволюционное событие** – приобретение или потеря **качественного признака**.

Убедимся вначале, что эволюция живых существ действительно укладывается в рамки дарвиновской триады. Напомню, что биологи выделяют, по меньшей мере, два типа или два уровня эволюционных событий.

1. Микроэволюция это эволюция отдельных популяций, которая происходит медленно, путем накопления малых изменений, вызванных случайными мутациями. Она является предметом современной синтетической теории эволюции (СТЭ), основанной на триаде Дарвина и менделевской генетике.
2. Макроэволюция видов и более крупных таксонов происходит иначе. Она идет несколькими путями и свершается быстро, как говорят, скачкообразно. Один из таких путей — **симбиогенез**. Так, например, считается, что клетки эукариот возникли в результате

симбиоза прокариотической клетки с митохондриями, пропластидами и, по видимому, с базальными телами прожгутиков, которые сами были свободноживущими клетками [33]. Известно, что симбиоз грибов с водорослями породил около 26 тыс. видов лишайников. Второй путь – **полиплоидия**, когда несколько копий генома не расходятся в дочерние клетки при ее делении, а сохраняются в исходном ядре. Известно, что около половины покрытосеменных растений являются полиплоидами. Третий путь – **межвидовая гибридизация**. Она типична для многих групп животных из беспозвоночных, рыб, амфибий, рептилий и даже птиц. Уместно еще напомнить, что большая часть созданных человеком новых форм растений, приравняемых к настоящим видам, получена путем гибридизации.

Недавно обрисовался еще один, четвертый путь макроэволюции – это так называемые **макромутации**. Они возникают очень редко, а их проявление необычно. Например, у мух появляются дополнительные крылья, вместо антенны вырастает нога и т.п. Давно было очевидно, что столь существенные изменения организма могут возникать лишь при мутациях генов, ответственных за некие важные макрофункции. В пользу существования подобных генов говорят результаты работы Алтухова и Рычкова [34], исследовавших внутри- и межвидовую изменчивость различных белков у разных видов животных. Авторы обнаружили, что некоторые белки повсюду одинаковы (мономорфны), тогда как другие полиморфны. Они предположили, что гены, кодирующие полиморфные белки, ответственны за внутривидовой полиморфизм, а гены, кодирующие мономорфные белки, ответственны за выполнение кардинальных жизненных функций вида. Именно по этой причине большинство мутаций в генах мономорфных белков летальны (что, к сожалению, препятствует изучению генов "мономорфной" части геномов). Независимо от Алтухова и

Рычкова практически идентичные представления развивал американский генетик Карсон (1975), назвавший соответствующие генетические системы изменчивости "открытой" и "закрытой".

Значительно более определенные выводы о свойствах макромутаций были получены Чадовым. Он вначале предположил, а затем нашел такие генетические условия, в которых некоторые летальные мутации у дрозофилы теряли летальное проявление [35]. Полученные им так называемые "условно доминантные летали" обладали набором весьма необычных свойств [36], а в потомстве мутантных мух возникали системные нарушения развития (морфозы) [37]. Гены, ответственные за управление онтогенезом, были названы Чадовым "онтогенами" [38].

Не вызывает сомнений, что, несмотря на многообразие путей макроэволюции, все они прекрасно вписываются в дарвиновскую триаду наследственность – изменчивость – отбор. Действительно, на любом из этих путей в геномах организмов неизбежно происходят изменения, закрепляющиеся только после отбора средой. Стоит особо подчеркнуть важную роль макроэволюционных событий (прежде всего – симбиогенеза) в эволюции биоты. Без них эволюция практически остановилась бы. Из бактерий происходили бы только многочисленные формы бактерий, но никогда не возникли бы ни многоклеточные растения и животные, ни сам человек.

### **Эволюция Вселенной**

Когда ребенок начинает осознавать окружающий мир, то сначала мир кажется ему очень устойчивым и практически неизменным. В этом нет ничего удивительного - ведь скорость физического и психологического развития ребенка в первые годы жизни велика по сравнению со скоростью изменений в окружающем мире. С возрастом к нему приходит осознание того, что в мире существуют

периодические изменения: сначала – день и ночь, потом – зима и лето. Значительно позже он обращает внимание на существование событий, приводящих к необратимым социальным последствиям – войн и революций. В школе ребенок узнает об эволюции живых организмов на Земле. Об эволюции Вселенной он узнает позже в основном из научной или научно-популярной литературы.

Аналогичным образом формировались представления человеческого общества об окружающем его мире. Первобытные племена знали лишь ограниченную местность своего проживания, где всё существует "как всегда". Наиболее древними эволюционными представлениями, из известных человечеству в настоящее время, являются философские учения Индии, Китая, Египта и Вавилона. У эллинов уже было вполне четкое понимание связи отдаленных событий друг с другом. Собственно для этого они и ввели свою Анаanke (судьбу). И история по Фукидиду – это борьба личности с Анаanke.

Первые эволюционные взгляды были высказаны Бюффеном (1749) и развиты биологом Ламарком (1809) под давлением палеонтологических фактов, свидетельствующих о существовании в древние времена растений и животных, существенно отличающихся от современных. Предложенное Ламарком объяснение лестницы существ, идущей из глубины веков в современность, было основано на предположении о сохранении в потомках признаков, приобретенных родителями преимущественно путем упражнения (или неупражнения) органов. Чарльз Дарвин высоко оценил труд Ламарка не только потому, что тот "отстаивает воззрение, что все виды, включая человека, произошли от других видов", но прежде всего потому, "что ему принадлежит великая заслуга: он первый остановил внимание на вероятности предположения, что все изменения в органическом мире, как и в неорганическом, происходили на основании законов [природы], а не вследствие чудесного

вмешательства" [39]. В настоящее время большинством биологов принята синтетическая теория эволюции (СТЭ), возникшая путем слияния взглядов Ч. Дарвина на происхождение видов и результатов генетических исследований многих видов живых организмов, наполнивших *триаду Дарвина наследственность – изменчивость – отбор* фактическим и идейным содержанием.

Развитие взглядов на эволюцию неорганического мира происходило медленно. Условной начальной точкой можно считать открытие Ньютоном («Математические начала натуральной философии», 1687) закона всемирного тяготения. Из этого общего закона им были выведены законы, управляющие движением пары небесных тел, экспериментально найденные Кеплером. Так появилась возможность точного расчета орбит планет солнечной системы и предсказания ещё не обнаруженных планет. Затем появились гипотезы Бюффона (1749), Канта (1755) и Лапласа (1796) о происхождении солнечной системы, но только в 20 веке, уже опираясь на огромный наблюдательный материал и твердо установленные законы, физики стали достаточно уверенно объяснять развитие всей Вселенной, начиная от момента ее возникновения.

Мы уже упоминали о том, что проблема происхождения жизни и определения этого понятия возникает тогда и только тогда, когда вводится ограничение на возраст Вселенной. В противном случае, то есть при неограниченности существования Вселенной во времени, любое самое сложное образование, в том числе и человек, в образе мужчины и в образе женщины, может возникнуть единомоментно при случайной удачной для данных объектов комбинации атомов. Это не противоречит второму закону термодинамики, так как времени хватит на любые флуктуации, вероятность которых по нашим представлениям выходит «за рамки разумного».

С другой стороны по психологическим причинам человеку очень хотелось бы видеть

Вселенную вечной и неизменной. К сожалению, это не так. Можно привести, по крайней мере, два аргумента против "вечной и неизменной". Первый из них заключается в том, что "вечная и неизменная" не породила бы жизнь, а тогда некому было бы вздохнуть о "вечной и неизменной". Действительно, в "вечно существующей" Вселенной не может быть перепадов температур, давлений или концентраций каких либо веществ, поскольку они должны были бы выровняться за большое, но вполне конечное время и превратить Вселенную в действительно "вечную и неизменную". А жизнь, как известно, есть существование открытых (т. е. обменивающихся со средой веществом и энергией) систем, к тому же ещё способных к самовоспроизведению. Не исключено, однако, что (некоторые) апологеты "вечной и неизменной" представляют Вселенную как вечно обновляющуюся стационарную систему, в которой "старые" галактики или какие то другие объекты Вселенной сначала "проваливаются" в черные дыры, а потом рождаются из них заново. Такая Вселенная, конечно, может быть вечной, но только лишь вечно обновляемой.

Современная наука рисует нам достаточно полную картину развития Вселенной, в которой прорисованы практически все этапы её эволюции, начиная почти от момента рождения. Дело в том, что мы можем видеть и изучать звезды любого "возраста". Из-за непрерывного расширения Вселенной и конечной скорости света далекие от нас звезды видны в более раннем возрасте, чем близкие к нам. Иными словами, основные этапы эволюции Вселенной "просто видны" на нашем небе. А результаты наблюдений астрономов и астрофизиков неплохо укладываются в единую общую картину. Правда, только самые ранние события, происходившие в процессе рождения Вселенной, экспериментально не наблюдаемы.

Но расчеты физиков-теоретиков показывают, что наша Вселенная появилась 15

миллиардов лет тому назад в так называемом физическом вакууме в виде некоей квантовой частицы, названной инфлантоном. Полная масса инфлантона была невелика, всего  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  г, а его размер  $\sim 10^{-33}$  см был на 20 порядков меньше размера атомного ядра ( $\sim 10^{-13}$  см). Поэтому плотность вещества в нем была невообразимо огромна  $\sim 10^{93}$  г/см. Размер и масса инфлантона быстро увеличивались. (При этом увеличении, конечно, соблюдался закон сохранения массы-энергии: положительная энергия нарастающей массы компенсировалась отрицательной энергией её гравитации). Через  $\sim 10^{-36}$  с после своего рождения инфлантон "раздулся" в  $10^{1000000000}$  раз и распался, превратившись в обычную материю – горячую плазму с температурой  $T \sim 10^{28}$  градусов Кельвина. Плазма стала расширяться со скоростью света (так называемый Большой Взрыв). Стоит, наверное, заметить, что рождаемые из физического вакуума разные вселенные могут отличаться друг от друга, но наблюдать ни одну из них нам не дано.

Поскольку с ростом размеров Вселенной её общая энергия не изменялась, то температура расширяющейся плазмы падала. В согласии с принципом неопределенности Гейзенберга  $\Delta t \cdot \Delta E \sim \hbar$ , во Вселенной рождались и исчезали частицы любых энергий и любых "зарядов". Наиболее многочисленными известными частицами были, естественно, фотоны, которые не обладают массой покоя ( $m$ ) и поэтому для их рождения не требовалась дополнительная энергия  $\Delta E = mc^2$ . Из других частиц преобладали самые легкие, т. е. электроны, протоны и нейтроны. Так как масса протона слегка меньше массы нейтрона, то протонов было заметно больше. Именно по этой причине основным элементом Вселенной стал водород (и не только по этой – свободный нейтрон живет вне ядра что-то около 8 мин, а потом распадается). Когда температура плазмы понизилась до  $\sim 10^{13}$  К, почти все протоны и нейтроны аннигилировали со своими античастицами, превратив-

шись в кванты излучения; остались только те из них, для которых "не хватило" античастиц. Избыток частиц по сравнению с античастицами составлял приблизительно одну миллиардную от их общего числа. Только из этих "избыточных" протонов и нейтронов построено вещество современной Вселенной.

#### **Первое замечание.**

При любом отношении читателя к теоретическим построениям физиков относительно механизма рождения Вселенной стоит отметить, что ее расширение подтверждено четкими экспериментальными фактами. Поэтому не будем говорить о НАСЛЕДСТВЕННОСТИ между инфлантоном и плазмой, но ИЗМЕНЧИВОСТЬ уже налицо: вместо одной квантовой частицы возникло много самых разных частиц. Для всех них – возникающих и аннигилирующих – соблюдались законы сохранения спина, а также: электрического, барионного и лептонных зарядов. Иными словами, был и ОТБОР!

Спустя несколько секунд после начала расширения Вселенной, при понижении температуры до  $\sim 10^9$  К, началась эпоха первичного нуклеосинтеза, когда образовались ядра легких атомов дейтерия, гелия и совсем немного – лития и бериллия. Продолжалась она несколько минут. От этой эпохи до следующей эпохи рекомбинации происходило длительное (около миллиона лет) спокойное расширение и остывание Вселенной.

#### **Второе замечание.**

Здесь НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ уже налицо – ядра будущих атомов (D, He, Li, Be) построены из того материала, который образовался во время предыдущей (инверсионной) эпохи. Этот вид наследственности, когда предшествующая стадия развития поставляет материал для последующей стадии универсален. Без него невозможна эволюция не только неорганической материи, но также биоты и сознания. ИЗМЕНЧИВОСТЬ видна в том, что на этой

стадии эволюции образовывались ядра любых атомов, но сохранились (ОТБОРОМ) при пониженной температуре лишь немногие из них, имевшие прочные внутриядерные связи.

Через  $\sim 10^6$  лет, когда температура упала до  $T \sim 3 \cdot 10^3$  К, свободные электроны начали связываться с протонами и ядрами легких атомов. Возникли атомы водорода H (70-75% по массе), гелия He (25-30%) и немного Li и Be. Таким образом, из облака расширяющейся плазмы Вселенная превратилась в облако расширяющегося газа. Много позже, через  $\sim 10^9$  лет, когда скорость теплового движения атомов стала малой, (температура газа упала до  $T \sim 10$  К) между ними стало заметно проявляться слабое, но постоянно действующее гравитационное притяжение. Небольшие сгущения газа, возникавшие в облаке по *случайным причинам*, служили центрами притяжения для окружающих их удаленных частиц. Возникла так называемая гравитационная неустойчивость, которая привела к тому, что в почти однородном газе, заполняющем Вселенную, стали образовываться облака с размерами  $\sim 10^3$  световых лет и массой  $\sim 10^{14}$  масс Солнца. Число облаков (N) нетрудно оценить из отношения объемов (кубов размеров) Вселенной ( $10^9$  световых лет) и облаков ( $10^3$  световых лет)  $N = (10^9/10^3)^3 = 10^{18}$ . Казалось бы, что с течением времени гравитационное сжатие должно было сконденсировать облака газа сначала в гигантские сферические образования, а в дальнейшем – в "черные дыры". На самом же деле, благодаря механизму упомянутой выше гравитационной неустойчивости, уплотняющиеся облака распадались на более мелкие образования. Таким образом из прогалактических облаков начиналось формирование галактик и звезд.

Встречаются галактики разной формы: сферические, эллиптические и спиральные "вращающиеся". Наиболее типичны спиральные галактики (их около 70%, в том числе и наша Галактика). Такие галактики чаще всего имеют форму плоского диска, "разрезанного"

на несколько рукавов, которые вращаются вокруг плотного центра галактики. По современным воззрениям звезды расположены не только в рукавах, но и между ними. Но звезды "горят" лишь в рукавах, а в промежутках между ними звезды не "горят".

Откуда возникло вращение галактик и звезд? Со школьной скамьи нам известен закон сохранения момента количества движения для замкнутой системы тел. А с самого начала существования Вселенной в ней вращательного движения не было – происходили только прямолинейные движения. Почему же галактики вращаются? Откуда появились в них моменты количества движения? Вероятнее всего, вращение возникало при сверхзвуковых столкновениях газовых облаков (прогалактик), которые порождали в газе ударные волны. В свою очередь, ударные волны, падающие на сгустки газа в прогалактике, закручивали части сгустка. Закон сохранения момента количества движения при этом не нарушался, потому что разные части сталкивающихся прогалактик или сгустков газа, попавшие в ударную волну, получали моменты разного знака. Нельзя не отметить, что подобный механизм продуктивен лишь в том случае, если размеры фронта ударной волны либо много больше, либо много меньше размера сгустка. Этот же механизм приводил во вращение будущие звезды вместе с окружающими их пропланетными системами.

### **Третье замечание.**

На этом этапе эволюции Вселенной, этапе возникновения галактик и звездных систем в них, очевидны минимум два механизма случайной ИЗМЕНЧИВОСТИ. Первый из них это механизм гравитационной неустойчивости, производящий широкий спектр размеров возникающих галактик и звезд. Второй механизм это механизм возникновения ударных волн при столкновениях прогалактических облаков, приводящий к появлению вихрей. Механизм ОТБОРА здесь прост: галактики

образовались только из тех частей газовых облаков, которые "успели" сформировать звезды. Остальной газ, по-видимому, остался газом как в межгалактическом, так и внутригалактическом пространстве. Астрофизики считают, что масса "темной материи" может достигать 95% всей массы Вселенной.

Судьба каждой из образовавшихся звезд предопределена её начальной массой, полученной при фрагментации облака. Дело в том, что в центральной части звезд идут реакции синтеза гелия из водорода, которые ускоряются при больших давлениях и температурах. Поэтому малые звезды, масса которых не превышает 1,2 массы Солнца, существуют долго – миллиарды лет – за счет сравнительно медленного "выгорания" водорода. Отсюда утешительный для человечества вывод: наше Солнце будет существовать еще несколько миллиардов лет.

Массивные звезды с массой ~10 масс Солнца живут недолго – всего 3-8 миллионов лет пока не "выгорит" водород в их центральной части. Потом догорают остатки водорода в поверхностном слое звезды (стадия красного гиганта). Затем гелиевое ядро звезды сжимается и при этом разогревается. В нем начинаются реакции слияния ядер гелия в ядра атомов углерода ( $3\text{He}^4 \rightarrow \text{C}^{12}$ ) и кислорода ( $\text{C}^{12} + \text{He}^4 \rightarrow \text{O}^{16}$ ), а водородная оболочка расплывается вокруг ядра звезды и образует так называемую планетарную туманность. Если масса образовавшегося ядра звезды не больше, чем 1,2 массы Солнца, то она превращается сначала в белый (излучающий свет) карлик, а после дальнейшего охлаждения за счет излучения фотонов – в черный (т. е. невидимый, не излучающий свет) карлик

В более массивных звездах синтезируются многие тяжелые элементы вплоть до железа. Эти звезды также проходят стадию красного гиганта, но отделение оболочек происходит в форме мощного взрыва – астрономы наблюдают вспышку сверхновой звезды II типа. Синтез тяжелых, а, следова-

тельно, слабо стабильных атомных ядер происходит во время взрыва звезды, когда они успевают и образоваться, и "остыть". Судьба сверхновой II типа после взрыва зависит от массы ее ядра. В том случае, когда она не превосходит 2 масс Солнца, то силы гравитации сжимают его в нейтронную звезду. Если же масса ядра превосходит 2 массы Солнца, то оно превращается в черную дыру. Важно отметить, что в молодых галактиках вспышки сверхновых звезд происходили очень часто и за миллиарды лет они выбросили из своих недр значительное количество тяжелых атомов. Газовопылевые облака, выброшенные в галактику взрывами сверхновых звезд, расширялись со скоростью  $\sim 10^4$  км/с. Поэтому каждое новое поколение звезд, образующихся в галактиках, становилось все богаче и богаче тяжелыми элементами. Иными словами, вся "тяжелая часть" таблицы Менделеева "подарена" нам сверхновыми II. Несмотря на миллиарды лет, прошедших от начала формирования галактик, вспышки сверхновых звезд продолжают до сих пор. Последняя из них наблюдалась в Большом Магеллановом Облаке в 1987 году

### **Эволюция Земли**

В этой части мне хотелось бы акцентировать внимание на самых существенных и качественных (для человека, а не для планеты) этапах развития Земли. Напомню, что возраст Вселенной около 15 миллиардов лет. Наша Солнечная система возникла заметно позже, приблизительно 5 млрд. лет назад из небольшого (в галактических масштабах) вихревого облака. В центре облака образовалась небольшая звезда – Солнце. Периферический диск вихря, состоящий из водорода, гелия, облаков газа, пыли и крупных частиц, быстро остыл. Силами гравитации все компоненты диска собирались в отдельные сравнительно крупные образования – будущие планеты. Эта фаза развития Земли – фаза аккреции завершилась приблизительно 4,6-4,5

млрд. лет назад. К тому времени Земля еще сохранила остатки огромной водородной атмосферы, составляющей 0,5 от массы Земли. (Для сравнения: масса современной атмосферы составляет  $10^{-6}$  массы Земли). Её мантия была разогрета до температуры частичного плавления ее верхних горизонтов [40]. Позже начался и до сих пор продолжается разогрев недр планеты за счет гравитационной дифференцировки, т. е. оседания тяжелых компонентов к ее центру и подъема легких компонент к ее поверхности (мантии).

Согласно Резанову [40], около 4 млрд. лет назад на Земле произошли два важных события. На ее поверхности началось образование первичной базальтовой коры и, несмотря на необычайно экстремальные условия (давление 6-10 тысяч атмосфер и температура 300-400 °C), возникла бактериальная жизнь. Однако позже мощная водородная атмосфера исчезла. (Вероятнее всего, она была сорвана мощным порывом солнечного ветра, т. е. потоком водородной плазмы. Это предположение объясняет, почему близкие к Солнцу Венера и Меркурий лишены не только своих водородно-гелиевых атмосфер, но даже воды.) "С исчезновением атмосферы большая часть биоты вымерла, а оставшаяся очень слабо эволюционировала в течение последующих 1,5 млрд. лет. Только с эпохи 2,4-2,1 млрд. лет началось следующее ускоренное развитие биоты, завершившееся вторичным появлением эвкариот, а затем и многоклеточных организмов". [40]. К этому времени первичная кора уже охладилась до температуры ниже 100 °C, а водяные пары почти целиком превратились в жидкую воду. Затем сформировались поверхностный и грунтовый стоки, возникли водоемы и, наконец, океан.

#### **Четвертое замечание.**

Материал, из которого построена наша планета, получен ею в наследство от двух "предков". Первый из них это тот газовый вихрь, который сформировал Солнечную сис-

тему. Вторым "предком" следует признать сверхновые звезды типа II, взрывы которых обогатили вихрь тяжелыми элементами. Их вклад не так уж мал, если учесть, что унесенная "солнечным ветром" водородная атмосфера составляла половину массы современной Земли. Отсюда понятно, что если бы Солнечная система возникла на более ранних этапах эволюции Вселенной, то её элементный состав был бы очень даже небогат. Выражаясь языком биологов можно сказать, что наследственный материал Земли дважды "мутировал". Первый раз – в течение всего периода "облучения" сверхновыми II, а второй раз, когда "улетела" водородная атмосфера. Кроме этого, немаловажными факторами отбора "жизнеспособной" планеты были, несомненно, температура и давление на ее поверхности.

В статье невозможно дать подробный, и даже краткий анализ эволюционных событий на Земле, включая возникновение и эволюцию живого. Поэтому затронем только самое существенное (с нашей точки зрения) событие. Это позволит ярче подчеркнуть качественные различия между живым и неживым.

#### **Жизнь**

Что сейчас известно о возникновении жизни? Хотя экспериментально наблюдать ее возникновение пока никому не удавалось, однако считается, что первой "живой" молекулой была РНК. Молекула ДНК стала лишь более поздним эволюционным "изобретением" природы или, если угодно, такой модификацией про-РНК, которая предназначалась исключительно для хранения и копирования генов. В пользу первичности РНК в эволюции свидетельствует многие факты. Прежде всего, как в химическом синтезе, так и в биохимических реакциях рибонуклеотиды всегда предшествуют дезоксирибонуклеотидам, поскольку дезоксирибонуклеотиды суть продукты модификации рибонуклеотидов. Кроме того, молекулы РНК более гибки по сравне-



нию с жесткими двуцепочечными молекулами ДНК. Поэтому они способны не только нести генетическую информацию, как молекулы ДНК, но также выполнять ферментативные функции, как белки-ферменты. Известно также, что в самых древних, универсальных для всех организмов внутриклеточных процессах (энергетика - АТФ, ферментативный катализ - рибосомальные РНК, связывание низкомолекулярных лигандов - транспортные РНК), до сих пор участвуют именно рибо-, а не дезоксирибонуклеотиды. Известно, наконец, что репликация РНК может происходить без участия ДНК, тогда как для репликации ДНК обязательно требуется РНК-затравка. Из перечисленных "достоинств" РНК ясно, что только молекулы про-РНК были способны копировать сами себя в первичном "бульоне". Несомненно, что функционировали они не слишком хорошо, а их копии едва ли были тождественны оригиналам. Но именно это несовершенство создавало широкое поле для отбора и, следовательно, для совершенствования всей системы копирования. Как видим, триада НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ-ИЗМЕНЧИВОСТЬ-ОТБОР включилась с самого первого шага эволюции биосферы.

Можно ли указать направленность этой эволюции? Ответ на этот вопрос был дан 30 лет тому назад Докинзом [41], который вполне аргументировано и достаточно подробно показал, что практически на каждом из этапов биологической эволюции происходило увеличение вероятности выживаемости так называемых репликаторов. Последний термин (именно *репликатор*, а не общепринятый термин *ген*) введен Докинзом намеренно. Он подчеркивает, что "основной целью" существования носителя генетической информации является не самосохранение репликатора, а создание его *реплики*. (Заметим, что "основная цель" в природе отсутствует. Это словосочетание есть просто наглядный образ, заменяющий очевидное утверждение, что в любой экосистеме выживают виды, наиболее

адаптированные к ней). Действительно, триада наследственность-изменчивость-отбор в процессе эволюции заменила молекулы РНК репликаторов на молекулы ДНК, поместила их в клетку, окутала белками, упаковала в хромосомы и обеспечила их безопасность, вырастив для них многоклеточные организмы. При этом, она (триада) не позаботилась об "излишне" длинной жизни самих организмов, сделал ее лишь достаточной для гарантированного воспроизводства репликаторов.

В связи с усложнением эволюционирующих объектов необходимо обратить внимание на расширение содержания термина **наследственность**. Опустим из рассмотрения события от возникновения до начала расширения Вселенной, т.к. о них нет убедительных экспериментальных данных. Теперь отметим, что в течение всех следующих этапов эволюции Вселенной вплоть до возникновения репликаторов этот термин относился к таким *состояниям материи*, которые были способны переходить в другие, качественно новые состояния. Так из элементарных частиц возникали атомные ядра, из ядер и электронов возникали атомы, из атомов возникали галактики, звезды, планеты, молекулы и, наконец, возникли репликаторы.

Начиная с этой стадии, в содержание термина **наследственность** пришлось включить не только состояние материи (т. е. наличие молекул РНК или ДНК), но и *информационную компоненту* (т. е. последовательность оснований в молекулах РНК репликаторов, которая необходима для построения их копий).

Взятое из Биологического энциклопедического словаря определение термина наследственность, справедливое для современных организмов, еще более расширено: "**Наследственность**, свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями". В этом определении слова "функциональная преемственность", означают важную роль

импринтинга и обучения в процессе развития потомства вида. Иными словами, в данном определении учтена ещё *социальная компонента* наследственности. Социальная компонента в поведении организмов проявляется уже у бактерий, но социальная компонента в наследственности характерна, по-видимому, только для теплокровных животных.

Не вызывает сомнений, что социальная компонента весьма существенна в наследственности стадных животных и доминирует у современного *Homo sapiens* то есть человека разумного. Краткий философский словарь определяет: "**Разум**, ум, способность понимания и осмысления". Для уточнения добавим еще одно определение из того же словаря: "**Сознание**, в философии и психологии в наиболее общем смысле — сфера психического (ментального, субъективного) в целом. Сознание может пониматься как специфическое свойство человека или распространяться и на животных, социум (общественное сознание), универсум (панпсихизм). Наиболее влиятельные трактовки сознания даны в картезианстве (духовная субстанция в противоположность протяженной, телесной), кантианстве (априорная способность синтеза), феноменологии (интенциональное переживание), психоанализе (осознанные переживания, «Я», в противоположность бессознательным, «оно»), материалистических учениях (свойство мозга)".

Для наших целей важно подчеркнуть конечные слова этого определения говорящие о том, что и разум, и сознание суть свойства мозга, а не некие сами по себе возникающие сущности. Отметим еще, что разум проявляется у индивидуума только в человеческом обществе. Дело в том, что как его появление, так и его существование возможны лишь в развитом социуме, в котором существует острая потребность общения между индивидуумами. Не вызывает сомнений, что кiplинговский Маугли, имевший облик человека, но воспитанный волчьей стаей, мог стать только волком. Итак, на разных этапах эволюции

Вселенной приходится расширять содержание термина **наследственность** с тем, чтобы учесть качественные изменения в структуре качественно новых объектов эволюции.

*В заключение изложенного* хотелось бы представить себе какие могут быть последующие этапы эволюции биоты на Земле. Нам кажется, что люди, находясь на вершине эволюционной пирамиды, сделать этого не могут. Этому есть две причины. Первая - состоит в том, что мы не знаем (а иногда и не осознаем) всех последствий изменений действующих на биоту факторов среды. Вторая - лежит в нашей психологии. Глядя в будущее и считая себя умными, мы не можем представить себе биологический вид, превосходящий нас в каком-либо отношении. Глядеть же в будущее с пессимизмом нам не позволяет инстинкт самосохранения.

Да, мы кажемся себе совершенными и не допустим еще какой-нибудь новой «биологии» над собой. Однако, вводим себе допинги, наркотики, микрочипы и становимся по какому-то параметру совершеннее других. Замети, что наночипы в дальнейшем смогут питаться АТФ и тогда можно будет запрограммировать свое биоэлектронное *персональное* суперсовершенство. Ярко это отражается высказывании А. Wiseman, - "Evolutionary theory is the final chord in our views on the nature and make it uniform, and it alone makes possible the representation of the global mechanism, in which each state is a consequence of the preceding and subsequent cause."

Другими словами, новые биологические виды будут возникать и эволюционировать не по Дарвину, то есть через поколения, а на временах жизни одного индивида. Примеры такого «биочипного» homo уже есть в наше время. И это вызывает не просто сомнение, а глубокое беспокойство о перспективе совместной эволюции живой и неживой материи.

**Литература:** [1] Мусеев Н.Н. Алгоритмы развития. – М.: Наука, 1987. [2] Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. — М.: Советская Энциклопедия, 1989. [3] Palyi G., Zucchi C. and Hajdu C. Theories on the origin(s) of life. //Atti e Memorie Acc. Naz. Sci. Lett. Atti Modena, Ser.VIII.- 2000.- Vol. II.-P. 389-415. [4] Математическая энциклопедия. - М.: Сов. энцикл., 1977. [5] Философская энциклопедия.- М.: Сов. энцикл., 1960. [6] Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология.- М.: Наука, 1990.- 275 с. [7] Зельманов А.А. Бесконечность и Вселенная. – М.: Мысль, 1969. – С. 274. [8] Розенталь И.Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. М.: Наука, 1984.- 113 с. [9] Carr B.J., Rees M.Y. The anthropic principle and the structure of the physical world. //Nature -1979.-Vol. 278.- P. 605-612. [10] Shcherbak V.I. The Rumer's rule and transformation in the context of the co-operative symmetry of the genetic code. //J. Theor. Biol.- 1989a.-Vol. 139.- P. 271-276. [11] Shcherbak V.I. Sixty-four triplets and 20 canonical amino acids of the genetic code: the arithmetical regularities. Part II //J. Theor. Biol.- 1994.-Vol. 166.- P. 475-477. [12] Gusev V. Living Universe. Ch. IV-06, 2001. // Fundamental of Life./ Ed. Palyi G., Zucchi C. et. al.. Paris.: Elsevier, 2001.-P. 41-46, and [http://www.geocities.com/awjmmuller/pdf\\_files/LivingUniverse.pdf](http://www.geocities.com/awjmmuller/pdf_files/LivingUniverse.pdf) [13] Maddox J. The genetic code by numbers. //Nature. - 1994. – Vol. 367. – P. 111. [14] Smith J.M. & Szathmari E. The major transitions in evolution. - Oxford University Press. Oxford, New York, Tokyo, 1995. [15] Woese C.R. On the origin of the genetic code. //Proc. Natl. Acad. Sci. USA. - 1965. – Vol. 54. – P. 1546-1552. [16] Crick F.H.C. The origin of genetic code. //J. Mol. Biol. 1968. – Vol. 38. – P. 367-379. [17] Wong J.T. A co-evolution theory of the genetic code. //Proc. Natl. Acad. Sci. USA. -1975. – Vol. 72. – P. 1909-1912. [18] Balasubramanian R., Seetharamulu P., Raghunathan G. A conformational rationale for the origin of the mechanism of nucleic acid-directed protein synthesis of 'living' organisms. //Origins Life. - 1980. – Vol. 10. – P. 15-30. [19] Shimizu M. Molecular basis for the genetic code. //J. Mol. Evol. - 1982. – Vol. 18. – P. 297-303. [20] Alberti S. The origin of genetic code and protein synthesis. *J. Mol. Evol.* - 1997. – Vol. 45. – P. 352-358. [21] Alberti S. Evolution of the genetic code, protein synthesis and nucleic acid replication. //Cell Mol. Life Sci. - 1999. – Vol. 56. – P. 85-93. [22] Amirnovin R. An analysis of the metabolic theory of the origin of the genetic code. //J. Mol. Evol. -1997. - Vol. 44. – P. 473-476. [23] Di Giulio M. On the origin of genetic code. //J. theor. Biol. - 1997. – Vol. 191. – P. 573-581. [24] Di Giulio M. & Medugno M. The historical factor: the biosynthetic relationships between amino acids and their physicochemical properties in the origin of the genetic code. //J. Mol. Evol. - 1998. – Vol. 46. – P. 615-621. [25] Freeland S.J. & Laurence D.H. The genetic code is one in a million. //J. Mol. Evol. - 1998. – Vol. 47. – P. 238-248. [26] Gamow G. Possible relation between deoxyribonucleic acid and protein structures. //Nature. - 1954. – Vol. 13. – P. 318. [27] Watson J.D. & Crick F.H.C. A structure for deoxyribose nucleic acid. //Nature. - 1953. – Vol. 171. – P. 737-738. [28] Арзамасцев А.А. Природа оптимальности кода ДНК. //Биофизика. - 1997. – Т. 42. – С. 611-614. [29] Aldana M., Cazarez-Bush F., Cocho G. & Martinez-Mekler G. Primordial synthesis machines and the origin of genetic code. //Physica A. - 1998. – Vol. 257. – P. 119-127. [30] Aldana-Gonzales M., Cocho G., Larralde H. & Martinez-Mekler G. //J. theor. Biol. - 2003. – Vol. 220. – P. 27-45. [31] Victor A. Gusev and Dirk Schulze-Makuch. Genetic code: Lucky chance or fundamental law of nature? [Physics of Life Reviews. Volume 1, Issue 3](#), December 2004, Pages 202-229. [32] В.А. Гусев. Арифметика и алгебра в структуре генетического кода, логика в структуре генома и биохимическом цикле самовоспроизводства живых систем. Вестник ВОГИС. Т. 9, №2, 2005, с. 153-161. [33] Магелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. – М.: Мир, 1983. [34] Алтухов Ю.П., Рычков Ю.Г. Генетический мономорфизм видов и его и его возможное биологическое значение. //Журн. общ. биол. - 1972. – Т. 33. – С. 281-300. [35] Чадов Б.Ф., Чадова Б.В., Копыл С.А., Федорова Н.Б. Новый класс мутаций у *Drosophyla melanogaster* //Доклады РАН. – 2000. – Т. 373. С.714-717. [36] Чадов Б.Ф. Образ регуляторного гена на дрозофиле //Генетика. – 2002. – Т. 38. С. 725 – 734. [37] Чадов Б.Ф., Чадова Б.В., Копыл С.А. и др. Гены, управляющие онтогенезом: морфозы, фенкопии, диморфозы и другие видимые проявления мутагенных генов // Генетика. – 2004. – Т. 40. С. 353 – 365. [38] Чадов Б.Ф., Чадова Б.В., Копыл С.А. и др. От генетики внутривидовых отличий к генетике внутривидового сходства // Генетика. – 2004. – Т. 40. С. 1157 – 1172. [39] Дарвин Ч. Сочинения. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 5. [40] Резанов И.А. Ранняя история Земли // Вестник РАН . – 2002 – Т. 72. С. 64-610. [41] Докинз Р. Эгоистический ген. – М.: Мир, 1993 (Перевод с: Dawkins R. The Selfish Gene. Oxford University Press, 1976).

Принято в печать 1.12.2011

УДК 530.1

#### LAWS OF EVOLUTION living and nonliving matter

This paper presents a comparative analysis of the problems of evolution of living and nonliving systems in order to construct a unified model of the dynamics of open nonequilibrium systems. To carry out systematic analysis, the authors used the generalized philosophical comparison of the animate and inanimate, as a single and indivisible property of matter