

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИЙ

А.Д. Груздев

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 стимулировано разговором с умным и эрудированным биологом, глубоко разбирающимся в проблемах эволюции биологических существ. Я спросил его, существуют ли законы эволюции, общие как для органического, так и для неорганического мира. Ответ глубоко поразил меня: «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». Я даже ахнул. Значит, физический мир не эволюционирует, а просто развивается по своим физическим законам? А биота – что, не подчиняется физическим законам? Значит ли это, что эволюция и развитие являются принципиально различными процессами? В чем же их различие?

Я не догадался сказать своему собеседнику, что строгие физические законы не так уж и строги, как ему кажется, а также привести примеры, когда 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 как раз и заключается в том, что такие вариации, или, как говорят физики, флуктуации, существуют всегда. Это *фундаментальное свойство нашего мира*, которое, по-видимому, неизвестно моему собеседнику-биологу. А жаль, ведь абсолютно ясно, что законы биологии не могут противоречить законам физики. Приведу лишь два до тривиальности известных примера проявления флуктуаций. Так, голубой цвет неба является следствием флуктуаций плотности атмосферного воздуха, а точность измерений любого электрического прибора ограничена электрическими шумами, т.е. 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, еще упомянуть о вихревых процессах, разрушающих упорядоченные потоки, а также о так называемых явлениях бифуркации, которые нередко возникают в процессах динамики сложных (а иногда даже простых, но нелинейных) систем. В точке бифуркации поведение системы 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. Добавлю, наконец, что многие 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 в неорганическом мире.

Что же касается общих законов эволюции, то мне импонировало мнение Н.Н. Моисеева: «Единый процесс развития охватывает неживую природу, жизнь и, наконец, общество. Все это – звенья единой цепи, и поэтому естественно попытаться описать весь процесс развития на одном языке, в рамках единой схемы, с использованием общей терминологии» [1]. Для этого «необходимо решить проблему ключевых понятий и расширения их содержания и смысла. В качестве таких ключевых понятий мы возьмем дарвинскую триаду: изменчивость, наследственность, отбор. Условимся называть *изменчивостью* любые

проявления стохастичности и неопределенности... именно она создает то «поле возможностей», из которого потом возникает многообразие организационных форм» [2]. 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» [3]. Набор «принципов отбора» очень велик. И законы Ньютона – только один из них. Внутривидовая борьба, порождающая отбор в живом мире, которую Дарвин назвал естественным отбором, – другой подобный принцип. Принципами отбора являются законы сохранения (*энергии, количества движения, момента количества движения, электрического заряда и всех строгих квантовых чисел*)... и второй закон термодинамики, не выводимый из законов сохранения» [4].

Иными словами, с точки зрения Моисеева, все, что происходит в мире, действие всех природных и социальных законов можно представить как постоянный отбор, когда из мыслимого выбирается возможное. В этом смысле все динамические системы обладают способностью «выбирать», хотя конкретные результаты «выбора», как правило, не могут быть предсказаны заранее. Эти взгляды разделяют многие физики и философы [5].

Сравним определения, данные Моисеевым, с определениями изменчивости и наследственности, взятыми из Биологического энциклопедического словаря: «*Наследственность*, свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями. Функц. преемственность между поколениями может обеспечиваться не только спец. материальными структурами, но и передачей информации от одного поколения к другому в ходе обучения»; «*Изменчивость*, свойство живых организмов существовать в различных формах (вариантах). По механизмам возникновения, характеру изменений признаков различают неск. типов изменчивости: наследственная, или генотипическая, ненаследственная, или модификационная, и онтогенетическая». Определение *отбора* в этом словаре, к сожалению, отсутствует. Приведенные определения вполне четкие и указывают на существование в живых организмах нескольких механизмов как изменчивости, так и наследственности. Единственный недостаток обоих определений – лишь в том, что они «узкоспециализированы» для живых организмов. Мне кажется, что определения, данные Моисеевым, также вполне корректны и в то же время достаточно

широки, чтобы, оставаясь справедливыми для биоты, охватить и другие эволюционирующие объекты нашего мира. Дальше мне придется дать определения компонентов дарвиновской триады в практически удобных операционных терминах.

Для продолжения дискуссии необходимо было бы также иметь четкое определение термина «эволюция», с тем чтобы в споре не «растекаться мыслию по древу», но такового 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 г. 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 «Э. к.-л. отд. объекта»? Значат ли они, что эволюционирует в природе все – от электрона до Вселенной? Или не значат? Или под природой понимается только природа на планете Земля, где мы живем? Ниже я попытаюсь ответить на эти вопросы. В Интернете оказалось слишком много определений на любой вкус – от разнообразных вариаций (в том числе неверных) определения биологов до бравого утверждения «эволюция – это изменения».

На первый взгляд кажется, что дать строгое определение понятия эволюции (и сопутствующих терминов) просто невозможно. На это есть по крайней мере три причины.

1. Мы, люди, являемся продуктом эволюции, но зачастую поступаем, казалось бы, вопреки, наперекор естественному эволюционному 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 проч.) 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). Можно ли считать, что и атомы, и элементарные частицы тоже эволюционируют? Это – неопределенность *времени свершения и длительности событий* эволюции.

Все эти неопределенности исчезают, если принять, что направление эволюции всегда совпадает с направлением стрелы времени. 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 ее расширении на работу против сил тяготения затрачивается кинетическая энергия, постольку некая «средняя» температура вещества Вселенной уменьшается. Связано ли это уменьшение температуры со стрелой времени? Вероятнее всего, нет. 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 (брита Оккама), и по мере *необходимости* ранги событий приходится изменять.

Кроме того, события эволюции объекта можно разделить еще на две категории: *количественные* и *качественные*. К количественным событиям отнесем, как нетрудно догадаться, такие события, которые приводят к количественному изменению изучаемого параметра (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 имеется, либо отсутствует*.

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. Если выразиться 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 или потеря качественного признака более четко, чем увеличение или 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 существенных признаков при изучении эволюции некоторого объекта, представим себе, что вся она снята 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 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, разделенных 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. Приведу простой пример. Говоря об эволюции человека, мы обычно подразумеваем эволюцию человечества, которая длится $\sim 10^5$ лет, тогда как эволюция человеческого индивидуума (его онтогенез) происходит за время не более 10^2 лет. Вполне 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. Но 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 основные *качественные* признаки каждого индивидуума (а следовательно, и его эволюция) предопределены генетически. Поэтому называя развитие особи его эволюцией, придется, по-видимому, добавлять прилагательное типа «преддетерминированная».

В некоторых случаях бывает неясно, какому эволюционирующему объекту принадлежит новый качественный признак. Например, такой признак, как разум, обычно ассоциируется с человеком. Но у животных также существуют отчетливые, пусть только слабые, признаки разума, развивавшегося от тропизмов у бактерий до вполне разумного поведения у высших обезьян. Следовательно, правильнее говорить о возникновении и эволюции разума у биоты, а не только у ее единственного, хотя и наиболее умственно продвинутого, вида.

Ниже я попытаюсь описать и сравнить закономерности развития мира, в котором мы живем (Вселенная и Земля), с закономерностями развития биоты. При описании придется рассматривать лишь наиболее существенные качественные события, для того чтобы отрешиться от

событий микроэволюционного масштаба, в которых ярче всего проявляются частные, специфические особенности, а также «флуктуационные шумы изменчивости», неизбежно присутствующие в любой из эволюционирующих систем. Кроме того, придется 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 следующие операционные определения.

Качественный признак – признак, который у объекта либо есть, либо его нет.

Наследственность – условия или механизмы стабилизации *качественных признаков* объекта.

Изменчивость – любые проявления стохастичности и неопределенности, которые создают поле возможностей. Именно изменчивость создает давление, которое отбором превращается в движущую силу эволюции.

Отбор – условия среды, создающие возможность реализации одного или небольшого числа вариантов эволюционного события, созданного *изменчивостью*.

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 эволюционных событий [6]:

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 совершается быстро, как говорят, скальпационно.

Один из путей макроэволюции – *симбиогенез*. Так, например, считается, что клетки эукариот возникли в результате симбиоза прокариотической клетки с промитохондриями, пропластидами и, по-видимому, с базальными телами прожгутиков, которые сами

были свободноживущими проклетками [7]. Известно также, 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, как правило, необычно. Например, у мух появляются дополнительные крылья, вместо антенны вырастает нога и т.д. 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 Ю.П. Алтухова и Ю.Г. Рычкова [8], 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).

Значительно более определенные выводы о свойствах макромутаций были получены Б.Ф. Чадовым. Он вначале предположил, что возможны, а затем нашел такие генетические условия, при которых некоторые летальные мутации у дрозофилы теряли свое летальное проявление [9]. Полученные им так называемые «условно доминантные летали» обладают набором весьма необычных свойств [10], а в потомстве мутантных мух возникают системные нарушения развития (морфозы) [11]. Гены, ответственные за управление онтогенезом, были названы Чадовым «онтогенами» [12].

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 лишь 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, ни животные, ни человек.

Эволюция Вселенной

Когда ребенок начинает осознавать окружающий мир, 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 у человеческого общества об окружающем его мире. Первобытные племена знали лишь ограниченную местность своего проживания, где все 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 представления об *Ананке* (судьбе). И история по Фукидиду – это борьба личности с Ананке.

Первые эволюционные взгляды, как известно, были высказаны Бюффоном в 1749 г. и развиты Ламарком в 1809 г. под давлением палеонтологических фактов, свидетельствующих о существовании в древние времена растений и животных, существенно отличающихся от современных видов. 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 [13] высоко оценил труд Ламарка, но не столько потому, что тот «отстаивает воззрение, что все виды, включая человека, произошли от других видов», сколько 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» [14]. Напомним, что в настоящее время большинством биологов принята синтетическая теория эволюции, возникшая путем слияния взглядов Дарвина на происхождение видов и результатов генетических исследований многих видов живых организмов, наполнивших триаду Дарвина «наследственность – изменчивость – отбор» богатым фактическим и идейным содержанием [15].

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

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 еще 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, могла бы быть вечной, но только лишь вечно обновляемой.

Современная наука дает нам достаточно полную картину развития Вселенной, в которой прорисованы практически все его этапы 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 [16] показывают, что наша Вселенная появилась 15 млрд 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 ее гравитации). Через $\sim 10^{-36}$ с после своего рождения инфлантон невообразимо «раздулся» и затем распался, превратившись в обычную материю – горячую плазму с температурой $\sim 10^{28}$ К. Плазма стала расширяться со скоростью света (так называемый Большой взрыв). Стоит, наверное, заметить, что рождаемые в физическом вакууме разные вселенные могут существенно отличаться друг от друга, но наблюдать ни одну из них нам не дано.

Поскольку с ростом размеров Вселенной ее общая энергия не изменялась, температура расширяющейся плазмы падала. В согласии с принципом неопределенности Гейзенберга $\Delta t \cdot \Delta E \sim \hbar$ во Вселенной

вначале рождались на время Δt и исчезали частицы и их античастицы любых энергий ΔE 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 нейтрон легче протона (и к тому же нестабилен в свободном виде), протонов осталось заметно больше. Именно по этой причине основным элементом Вселенной стал водород. Когда температура плазмы понизилась до $\sim 10^{13}$ °К, почти все протоны и нейтроны аннигилировали со своими античастицами, превратившись 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 факт ее расширения подтвержден четкими экспериментальными данными. Поэтому не будем говорить о какой-либо 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 зарядов электрического, барионного и двух лептонных. 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. Отмечу, что этот вид наследственности,

когда предшествующая стадия развития поставляет материал для последующей, 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 Вселенной упала до $\sim 3 \cdot 10^3$ °К, свободные электроны начали связываться с протонами и ядрами легких атомов. Возникли атомы водорода (70–75% по массе), гелия (25–30%) и немного лития и бериллия. 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 ~ 10 °К), между атомами стало заметно проявляться слабое, но постоянно действующее гравитационное притяжение. Небольшие сгущения, т.е. флуктуации плотности 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 той же гравитационной неустойчивости уплотняющиеся облака распадались далее 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 вращательного движения в ней 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 во внутригалактическом пространстве. Астрофизики считают, что масса «темной материи» может достигать 95% всей массы Вселенной.

Судьба каждой из образовавшихся звезд предопределена ее 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 млн 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 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 имеет вид мощного взрыва, – астрономы наблюдают вспышку сверхновой звезды II типа. Синтез тяжелых, а следовательно, слабостабильных атомных ядер происходит во время взрыва звезды, когда ядра успевают не только образоваться, но и «остыть». Судьба сверхновой звезды II типа после взрыва зависит от массы ее ядра. В том случае, когда она не превосходит двух масс Солнца, силы гравитации сжимают его в нейтронную звезду. Если же масса ядра превосходит две 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. Газопылевые облака, выброшенные в галактику взрывами сверхновых звезд, расширились со скоростью $\sim 10^4$ км/с. Поэтому каждое новое поколение звезд, образующихся в галактиках, становилось все 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 г.

Эволюция планеты Земля

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 млрд 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). Ее мантия была разогрета до температуры частичного плавления ее верхних горизонтов. 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 компонентов к ее поверхности (мантии).

Согласно И.А. Резанову [17], 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 тыс. атм 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 водородно-гелиевой атмосферы, 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» [18]. 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 систему. Вторым «предком» следует признать сверхновые звезды II типа, 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 ее 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 настоящей небольшой статье невозможно дать не только подробный, но даже краткий анализ эволюционных событий на Земле, включая возникновение и эволюцию живого. Поэтому я затрону только самое существенное (с моей точки зрения) событие. Этот шаг позволит ярче подчеркнуть качественные различия между живым и неживым.

Эволюция биоты

Что сейчас известно о возникновении жизни? Хотя экспериментально наблюдать ее возникновение пока никому не удавалось, однако считается, что первой «живой» молекулой была РНК [19]. 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 свидетельствуют многие факты. Замечу прежде всего, что как в химическом синтезе, так и в биохимических реакциях рибонуклеотиды всегда предшествуют дезоксирибонуклеотидам, поскольку дезоксирибонуклеотиды суть продукты модификации рибонуклеотидов. Кроме того, молекулы РНК более гибкие по сравнению с жесткими двуцепочечными молекулами ДНК. Поэтому они способны не только нести генетическую информацию, как молекулы ДНК, но и 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 Р. Докинзом [20]. В своей книге 1976 г. он вполне аргументированно 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*. (Не стоит, по-видимому, напоминать, что вышеупомянутая «основная цель» в природе отсутствует. Это словосочетание есть просто наглядный образ, заменяющий очевидное утверждение, что в любой экосистеме выживают виды, наиболее адаптированные к ней.) И действительно, как мы знаем, 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, однако, она (триада) не позаботилась об «излишне» длинной жизни самих организмов, сделав ее лишь достаточной для гарантированного воспроизводства репликаторов.

Теперь обратим внимание на неизбежное расширение содержания термина «наследственность», которое происходило в связи с рассмотрением возникающих новых эволюционирующих объектов. Опустим из рассмотрения самые ранние события от возникновения

Вселенной до начала ее расширения, учитывая то обстоятельство, что о них нет, а может быть, никогда не будет убедительных экспериментальных данных. Но нельзя не отметить, что когда речь идет обо всех следующих этапах эволюции Вселенной вплоть до возникновения репликаторов, термин «наследственность» относится к таким *состояниям материи*, которые способны переходить в другие, качественно новые состояния. Так, из элементарных частиц возникли атомные ядра, из ядер и электронов возникли атомы, из атомов были построены галактики, звезды, планеты, молекулы, и, наконец, возникли репликаторы.

При описании биоты в содержание термина «наследственность» пришлось включить не только состояние материи (т.е. наличие молекул РНК или ДНК), но также *информационный компонент*, или, иными словами, учесть роль последовательности оснований (генетический код) в молекулах РНК репликаторов, которая необходима для построения их копий.

Позже содержание термина «наследственность» было расширено еще раз. Обратимся опять к его определению в Биологическом энциклопедическом словаре, справедливому для современных организмов: «*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 учтен еще *социальный компонент* наследственности. Как известно, социальный компонент в *поведении* организмов проявляется уже у бактерий, но социальный компонент в *наследственности* характерен, по-видимому, только для теплокровных животных.

Не вызывает особых сомнений, что социальный компонент наследственности весьма существен для стадных животных и явно доминирует у современного *Homo sapiens*, т.е. человека разумного. Краткий философский словарь определяет: «*Разум, ум*, способность понимания и осмысления» [21]. Для уточнения добавлю 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 жи-

вотных, 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)» [22]. Для наших целей важно подчеркнуть конечные слова этого определения, говорящие о том, что разум и сознание суть свойства мозга, а не некие сами по себе возникающие сущности. Отмечу еще, что разум проявляется у индивидуума только в человеческом обществе, поскольку как его появление, так и его существование возможно лишь в развитом социуме, в котором имеется острая потребность общения между индивидуумами. Не вызывает сомнений, что киплингский Маугли, имевший облик человека, но воспитанный волчьей стаей, мог стать только волком.

Итак, при описании крупных временных этапов эволюции Вселенной нам дважды пришлось существенно расширить содержание термина «наследственность». Первый раз – для того чтобы учесть появление во Вселенной, и в частности на планете Земля, биоты, а второй раз – чтобы учесть появление разума. Конкретные механизмы эволюции этих двух *качественно* новых и, несомненно, *существенных* для нас объектов, несомненно, отличны от механизмов эволюции неорганического мира. Но все они покоятся на «трех китах»: наследственности, изменчивости и отборе.

В заключение изложенного выше хотелось бы представить себе, какими могут быть последующие этапы эволюции биоты на Земле. Мне кажется, что мы, люди, даже находясь на вершине эволюционной пирамиды, сделать этого не можем. Этому есть две причины. Первая из них состоит в том, что мы до сих пор не знаем (а иногда и не осознаем) всех последствий изменений действующих на биоту факторов среды. Поэтому компьютерные расчеты далекого для нас будущего ненадежны. Вторая причина кроется в нашей психологии. Глядя в будущее с оптимизмом и считая себя умными, мы, тем не менее, не можем представить себе биологический вид, превосходящий нас в каком-либо отношении. А глядеть в будущее с пессимизмом нам не позволяет инстинкт самосохранения.

Эволюция культуры

Наличие у высших животных социальной наследственности дало принципиальную возможность зарождения в человеческом обществе качественно нового объекта эволюции – культуры. Непременным условием ее возникновения является, несомненно, возможность вербального общения, которое появилось только у человека. Анализу появления и развития человеческой культуры посвящена книга А.И. Фета «Инстинкт и социальное поведение» [21].

Стоит напомнить, что инстинктом называется врожденный способ поведения у животных и что все действия животных и многие действия человека инстинктивны. Древнейшими из многочисленных инстинктов являются инстинкты самосохранения, питания и размножения. Как у высших животных, так и у человека инстинктивны также проявления «страстей». Так, например, невыполнение требований инстинкта вызывает отрицательные эмоции. Инстинкты записаны, вероятнее всего, в наследственной памяти животных и человека. Ниже приведено краткое изложение первой главы книги Фета, где описано последовательное возникновение двух базовых инстинктов, без которых появление культуры было бы невозможным.

Первый из них, названный *социальным инстинктом*, собирает животных в группы. Его описание было дано еще Дарвином при анализе поведения человека и животных. Сравнительно недавно Лоренц [22] обнаружил у стадных животных другой инстинкт – *инстинкт внутривидовой агрессии*. Кроме того, как обоснованно считает Фет, существует специфический для человека *инстинкт социальной справедливости*, проявления которого ранее описывались в литературе как «классовая борьба».

Социальный инстинкт возник при формировании групп (стай, стад) животных, в которых требовались координированные действия для отражения нападения хищника или, наоборот, при нападении хищников на физически сильную жертву. Проявления этого инстинкта в человеческом обществе многочисленны и, как правило, очевидны.

Инстинкт внутривидовой агрессии свойствен всем «территориальным» животным, которые получают питание со «своей» территории и охраняют ее от особей своего вида. Он побуждает животных

нападать на любого представителя своего вида и изгонять его со своего участка (но, как правило, не убивать). Биологический смысл этого инстинкта заключается в том, что он обеспечивает равномерное заселение пригодного для вида ареала. У стадных животных действие этого инстинкта было осложнено появлением в группе иерархической организации, которая резко уменьшает конкурентную борьбу особей за пищу и дает возможность оставить потомство преимущественно сильным особям. Стремление занять в группе более высокое положение также является инстинктивным. Замечу, что наличие иерархии ограничивает размер группы. Поскольку в малой группе мало особей, претендующих на один и тот же ранг, в ней ранговая оценка осуществляется без борьбы. Когда же группа разрастается, число особей, претендующих на один и тот же ранг, становится большим и группа разделяется на две части. Также группа обычно распадается при недостатке корма. Важно отметить, что для эффективного действия этого инстинкта члены группы должны были распознавать друг друга «в лицо». Поэтому нетрудно представить, как из взаимодействия инстинкта внутривидовой агрессии с половым инстинктом возникли высшие эмоции человека – дружба и любовь. Осталось добавить, что проявления этого инстинкта у человека весьма многочисленны, но только не всегда соблюдается принцип «не убий».

Упомяну также, что за время своего первобытного существования человечество обзавелось еще одним социальным инстинктом, которого практически нет у животных. У всех социальных животных асоциальное поведение в группе обычно наказывается резким снижением ранга в иерархии. У человеческих групп инстинкт, направленный против асоциального поведения, приобрел форму *инстинкта социальной справедливости*, проявления которого описаны в литературе как *классовая борьба*.

Таким образом, возникновение культуры в человеческом обществе есть результат последовательного приобретения перечисленных выше инстинктов, завершено появлением речи.

Фет указывает на существенное отличие механизма эволюции культуры от механизма эволюции биоты: «Поразительным образом, постулированное Ламарком “наследование приобретенных признаков”, которого *нет* в генетической эволюции, в самом деле происходит в культурной эволюции человека. Открытия и изобретения, направляемые сознательным поиском или по крайней мере острой

наблюдательностью человека, происходят несравненно чаще случайных полезных мутаций генома, а культурная традиция распространяет их намного скорее. Неудивительно, что культурная эволюция несравненно быстрее генетической: образование новых видов продолжается миллионы лет, тогда как человеческие культуры могут возникать в течение нескольких столетий» [23]. Смысл последней фразы Лоренца вполне очевиден на примере эволюции науки, происходящей, образно говоря, на наших глазах. Ее глубокий анализ дан в фундаментальной монографии В.С. Степина [24].

Заключение

Таким образом, в окружающем нас мире можно выделить три типа эволюции, существенно различающихся по механизмам наследственности, изменчивости и отбора, а именно: эволюцию неорганического мира, эволюцию биоты и эволюцию культуры.

В неорганическом мире наследственностью является состояние материи, предшествующее ее качественному изменению. Причины изменчивости кроются, как правило, в статистических феноменах, создающих пространственные и временные неоднородности объекта. Отбор осуществляется физическими параметрами объекта (температура, давление), при которых «выживают», т.е. являются наиболее стабильными, компоненты объекта. (Я здесь не упоминаю законы сохранения энергии импульса и т.д., которые выполняются всегда.)

В органическом мире наследственностью является информация, записанная на материальном носителе – молекуле ДНК (включая соответствующие аппараты ее считывания и последующих преобразований). Изменчивость создается изменениями первичной структуры ДНК, а отбор осуществляется средой существования организмов.

В культуре человеческого общества наследственностью является информация, передаваемая от предыдущего поколения последующему. Путей или способов передачи культурной информации множество начиная от общения в семье и кончая Интернетом. В основе изменчивости культурной наследственности лежит инстинкт самосохранения, превратившийся в стремление людей к лучшей жизни. Отбор, как и в предыдущих случаях, осуществляется средой – средой существования культуры.

* * *

Благодарю В.А. Гусева за дружеские советы и критику. Особые слова благодарности хочу сказать О.В. Морозовой и В.В. Суслову, неутомимая и глубокая профессиональная критика которых способствовала превращению заметок автора в настоящую статью.

Примечания

1. *Моисеев Н.Н.* Алгоритмы развития. – М.: Наука, 1987.
2. Там же.
3. Там же.
4. Там же.
5. См.: <http://www.philosophy.ru/library/stepin/07.html> - _ednref37*Казютинский В.В.* Концепция глобального эволюционизма в научной картине мира // О современном статусе идеи глобального эволюционизма. – М., 1986. – С. 70.
6. См.: *Воронцов Н.Н.* Развитие эволюционных идей в биологии. – М.: КМК Scientific Press Ltd, 2004.
7. См.: *Магелис Л.* Роль симбиоза в эволюции клетки. – М.: Мир, 1983.
8. См.: *Алтухов Ю.П., Рычков Ю.Г.* Генетический мономорфизм видов и его возможное биологическое значение // Журн. общ. биологии. – 1972. – Т. 33, № 3. – С. 281–300.
9. См.: *Чадов Б.Ф.* Образ регуляторного гена в опытах на дрозофиле // Генетика. – 2002. – Т. 38, № 7. – С. 725–734.
10. См.: *Чадов Б.Ф., Чадова Е.В., Копыл С.А. и др.* Гены, управляющие онтогенезом: морфозы, фенкопии, диморфы и другие видимые проявления мутантных генов // Генетика. – 2004. – Т. 40, № 3. – С. 353–365.
11. *Чадов Б.Ф., Чадова Е.В., Копыл С.А. и др.* От генетики внутривидовых отличий к генетике внутривидового сходства // Генетика. – 2004. – Т. 40, № 9. – С. 1157–1172.
12. См.: *Чадов Б.Ф., Чадова Е.В., Копыл С.А., Федорова Н.Б.* Новый класс мутаций у *Drosophila melanogaster* // Доклады РАН. – 2000. – Т. 373, № 5. – С. 714–717.
13. См.: *Дарвин Ч.* Сочинения. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 5.
14. Там же.
15. См.: *Воронцов Н.Н.* Развитие эволюционных идей в биологии.
16. См.: *Новиков И.Д.* Инфляционная модель ранней Вселенной // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71, № 10. – С. 886–895.
17. См.: *Резанов И.А.* Ранняя история Земли // Вестник РАН. – 2002. – Т. 72, № 7. – С. 604–610.
18. Там же.
19. См.: *Спирин А.С.* Биосинтез белков, мир РНК и происхождение жизни // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71, № 4. – С. 320–329.
20. См.: *Докинз Р.* Эгоистичный ген. – М.: Мир, 1993 (Перевод с: *Dawkins R.* The Selfish Gene. Oxford University Press, 1976).

21. См.: *Фет А.И.* Инстинкт и социальное поведение. – Новосибирск: ИД «Со-ва», 2005.
22. См.: *Lorenz K.* Das sogenannte Böse. – Viena: Borotha-Schroeder Verlag, 1963.
23. *Фет А.И.* Инстинкт и социальное поведение.
24. См.: *Степин В.С.* Теоретическое знание: Структура, историческая эволюция. – М.: Прогресс – Традиция, 2000.

Институт цитологии и генетики
СО РАН, г. Новосибирск

***Gruzdev, A.D.* Basic mechanisms regularities of evolutions**

The paper distinguishes three types of evolutions which essentially differ in mechanisms of heredity, variability, and selection. These are evolution of inorganic world, evolution of biota, and evolution of culture. In inorganic world, factors of variability usually lie in statistic phenomena which produce space and time heterogeneities in the object. Selection is realized by physical elements of the object. In organic world, heredity is an information recorded on a material carrier – DNA molecule including systems of its reading and following transformations. Variability is produced by changes in primary structure of DNA; selection is realized by medium where organisms exist. In human society culture, heredity is an information which the previous generation transfer to the following one. Variability of culture heredity is based on the instinct of self-preservation which turned into striving for better life; selection is realized by medium where culture exists.