

**Институт клеточной биологии и
генетической инженерии
НАН Украины**

Михеев А.Н.

**ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ
(ПРОЛЕГОМЕНЫ
ЭВОЛЮЦИОНИСТИКИ)**

Киев – 2014

УДК 575.8

Михеев А.Н. Проблемы теории биологической эволюции (Прологомены эволюционистики). – К.: Фитоцентр, 2014. – 199 с.

Обсуждаются вопросы эволюционной теории с позиций системного подхода. Рассмотрен практически весь спектр эволюционных проблем, начиная от происхождения жизни и заканчивая вопросами социальной эволюции. Особое внимание уделено методологическим аспектам изучения механизмов биологической эволюции.

ISBN

Mikhyeyev A. Problems of theory of biological evolution (Prolegomena of evolutionistic). – K.: Phytocentr, 2014. – 199 p.

The questions of evolutionary theory comes into question from positions of the systems approach. Practically all spectrum of evolutionary problems is considered beginning from an origin to life and concluding the questions of social evolution. The special attention is spared to the methodological aspects of study of mechanisms of biological evolution.

ISBN

Рекомендовано к печати Ученым советом Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины
(протокол № 9 от 22.10.13)

Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, 03143, г. Киев, ул. акад. Заболотного 148

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Science of Ukraine, 148 Zabolotnogo St., 03143 Kiev, Ukraine E-mail: mikhalex7@yahoo.com

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	
ВВЕДЕНИЕ. Почему трудно изучать эволюцию?	
1. Системные характеристики филогенетических факторов и объектов	
2. Концепция уровней наследования и эволюционные проблемы.....	
3. Эпигенетические и преформистские механизмы абиотического генезиса углеродистых соединений. Эволюция сенситивности и квазимутагенез	
4. О понятии «биологический отбор» (об экзогенной и эндогенной селекции)	
5. О соотношении и взаимодействии селектогенетических и номогенетических механизмов филогенеза.....	
6. Молекулярно-генетические основы радиорезистентности и филогенетический процесс	
7. Может ли фактор генетической и/или эпигенетической изменчивости быть одновременно фактором отбора измененных им форм?.....	
8. Инерционность эволюционных преобразований и их факторы.....	
9. Эпигенетическое усиление мутационных изменений, повышающее разрешающую способность естественного отбора	
10. Эмерджентность микроэволюционных процессов.....	
11. Существует ли необходимость в гипотезе универсального генома? К вопросу о биологической избыточности	
12. Инварианты универсального эволюционизма	
13. Эмпирические и концептуальные источники решения проблем биологической эволюции	
14. Когнитивная эволюция или когнитивный онтогенез?	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Метанаучные и междисциплинарные подходы к решению проблем эволюции	
ПРИЛОЖЕНИЯ	
1. Возможные направления в решении проблемы «Микроэволюционные процессы в зоне влияния Чернобыльской катастрофы».....	
2. Прологомены эволюционистики	
3. Возможное значение природного радиационного фона в возникновении и филогенезе биологических систем	
4. Подходы к расчету канцерогенного риска от ионизирующего излучения	
5. Молекулярно-генетические основы радиорезистентности и филогенетический процесс (раздел 6 с дополнением)	

6. Системологические принципы.....	
7. Введение в общую теорию развития	
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге представлены публикации автора, многократно принимавшего участие в научных конференциях «Факторы экспериментальной эволюции организмов», проводимых Украинским обществом генетиков и селекционеров им. В.И. Вавилова. Организаторам этих конференций хочется выразить особую благодарность за возможность опубликовать материалы в одноименных сборниках в авторской редакции, что особо ценно, поскольку позволяет обнародовать свои «досужие эволюционные вымыслы» в первозданном виде – «в авторской редакции». Впрочем, высокий статус «авторской редакции» не гарантирует отсутствия в излагаемой позиции автора тривиальностей, неточностей и прочих несоответствий, тому, о чем, правда, никто и так не догадывается, как оно должно быть на самом деле.

Представленные материалы являют собой совокупность законченных фрагментов (?!), относящихся к феноменологии и возможным механизмам биологического эволюционного процесса. Автор не ставил перед собой задачу академически логичного и методологически выверенного анализа чрезвычайно актуальной для современной биологии проблемы эволюции, но построил изложение в виде последовательности более или менее завершенных логических блоков, расположенных в хронологическом порядке их появления в упомянутых выше сборниках.

Немаловажным мотивом для публикации сборника было желание автора предпринять очередную попытку (вслед за признанными мэтрами метанаучных подходов, к числу которых, несомненно, следует отнести Ю.А. Урманцева, А.А. Малиновского, В.В. Корогодина и др.) ввести в эволюционно-биологический обиход ряд теорий и подходов, которые помогли бы ускорить процесс интеграции знания в области исследования закономерностей биологической эволюции.

Допустимые объемы представленных статей задавались организаторами конференций, что отразилось на некоторой конспективности и даже тезисности многих выдвигаемых положений. Это было бы терпимо, если бы не отсутствие возможности излагать более полно контекст рождения той или иной эволюционной идеи. По этой причине, даже для автора этих строк не все они кажутся до конца понятными и логическими безупречными. Единственно надежным утешением для читателя этих материалов будет, пожалуй, то, что их можно использовать в качестве своеобразного стимульного материала для дальнейшей работы по созданию теории эволюционных преобразований живой природы. Решение данной проблемы напоминает складывание пазлов, когда в качестве складываемых

элементов выступают разнообразные биологические факты (например, палеонтологические) и факты из смежных дисциплин (например, геологические), а также факты из дисциплин, которые имеют метанаучный статус (например, философские и системологические). В случае складывания эволюционного «пазла» из сугубо биологических фактов имеет место индуктивный подход, а применение метанаучных подходов указывает на необходимость использования и дедуктивного метода.

Как указывалось выше, предлагаемый читателю материал расположен в хронологическом порядке и лишь в небольшой степени отражает авторскую логику исследования феномена биологической эволюции. Конечно, можно было бы расположить материал и более последовательно, но при этом трудно будет избежать субъективизма. По примеру Хулио Кортасара с его романом «Игра в классики» автор перекладывает всю синтетическую ответственность на дорогого читателя, которому предоставляется право (желание у него, несомненно, присутствует) комбинировать материал в любой последовательности по своему усмотрению.

Кроме этого, автор по собственному опыту знает, что логически несовершенные и концептуально незавершенные тексты могут служить, как говорят психологи, своеобразным стимульным материалом («информацией к размышлению») для более вдумчивых читателей. Об этом хотелось упомянуть, чтобы найти еще одно оправдание появлению на свет данного издания, которое, как надеется автор, простимулирует своеобразный «направленный мутагенез» идей в практике изучения биологической эволюции.

Публикации статей из сборника воспроизведены с небольшими авторскими поправками, которые коснулись преимущественно стилистики изложения. В некоторых случаях добавлены «свежие» литературные источники и публикации, которые в спешке подготовки статей выпали из сферы внимания. Позволим себе дать совет будущему читателю. В разделе «Заключение» помещено в виде тезисов-выводов содержание всех представленных статей, поэтому мы рекомендуем начинать именно с них, чтобы подготовиться к чтению основного материала или...убедиться в том, что он вообще не достоин внимания.

В разделе «ПРИЛОЖЕНИЯ» помещены материалы, содержание которых хотя публично докладывалось и публиковалось лишь фрагментарно, но все же представляет интерес для желающих складывать «пазл» (мозаику) эволюционной теории.

24.04.2014 г.

г. Киев

А.Н. Михеев

ВВЕДЕНИЕ

ПОЧЕМУ ТРУДНО ИЗУЧАТЬ ЭВОЛЮЦИЮ?

В своих теоретических и экспериментальных составляющих проблема эволюции, с нашей точки зрения, по своей значимости (масштабности) стоит в одном ряду с такими архиважными медико-биологическими проблемами как проблема старения, раковой трансформации, морфогенеза, адаптации, принципов работы человеческого мозга и др. Что же объединяет эти проблемы? Очевидно, прежде всего, их фундаментальность, глобальность постановки. Решение общебиологических проблем, в конечном счете, зависит от того, как мы определяем саму жизнь. А поскольку конечным вариантом этого определения биология похвастаться еще не может, то трудно рассчитывать и на скорое решение указанных проблем. С другой стороны, фактически, вся биология, «работая» на возможность адекватного понимания и соответственно определения сути живого, способствует и решению указанных глобальных проблем.

Какие на этом пути существуют трудности? Начнем с **субъективных**, т.е. «человеческих», и для начала просто их перечислим, не забывая при этом, что деление трудностей на субъективные и объективные (о них – ниже) не является абсолютным и тоже является субъективным:

- отсутствие навыков выработки **метазнания** и пользования им (философия, моделирование, логика, системология) или огульное игнорирование необходимости их применения;
- низкий уровень **эрудированности** в смежных областях биологии и других науках, затрудняющий использование метода аналогий;
- неспособность/невозможность исследователей длительно **погружаться** в проблему (метод «погружения»), что затрудняет генерирование обобщений необходимого уровня абстракции;
- неумение формировать полноценные познавательные **информационные блоки**, которые можно было бы использовать для конструирования общей теории;
- неумение использовать в полной мере **интуитивное** знание и индивидуальные научные контексты;
- неумение пользоваться **эвристиками** или их полное незнание;
- логическая **категоричность** и односторонность высказываний;
- господство вульгарного **редукционизма** (иллюстрация к предыдущей позиции);

- неумение создавать «**научную атмосферу**» и/или пользоваться приемами «**мозгового штурма**»;
- невладение методами и методиками решения изобретательско-творческих задач (например, **ТРИЗом**, синектическим методом и т.п.);
- злоупотребление «**доморощенной**» **терминологией** и нежелание ее унифицировать; использование в публикациях по проблемам биологической эволюции многочисленных **метафор**, затрудняющих понимание и синтез существующих эволюционных концепций (Пучковский, 2012);
- **неуверенность** в возможности достижения приемлемого решения (или чрезмерная уверенность);
- логическая **категоричность** и односторонность высказываний исследователей (например, в определении роли направленности и случайности в эволюции);
- слабая **тренированность интеллекта** в описании и представлении сложного динамического и пространственного характера процессов и явлений, их многоуровневости, многоэлементности, многофакторности и многоэтапности;
- субъективная устремленность создавать «**законченные теории** и «подгонять» под них наличные факты (Шишкин, 2006).
- торопливость, желание одномоментно создать теорию филогенеза, рассчитывая на своеобразную ментальную макромутацию; реальный же процесс создания теории вообще и теории филогенеза в частности скорее эволюционный, чем революционный.

К **объективным** трудностям следовало бы в первую очередь отнести:

- сложный динамический и пространственный характер биологических процессов и явлений, их многоуровневость, многоэтапность, большую протяженность во времени, например, большие временные интервалы, на которых и разворачиваются эволюционные события («...одна из причин того, почему случайные мутации как факт отнюдь не случайной эволюции вызывают устойчивое неприятие, кроется в ограниченной способности нашего мышления оперировать величинами, изменяющимися в очень больших масштабах. Как правило, мы не можем себе ясно представить разницу в более чем сто раз, а понимание эволюции до сих пор требует привлечения нашего полуинтуитивного мышления со всеми его недостатками. Оперировать же ему приходится, прежде всего, с очень большими промежутками времени – от сотен тысяч до сотен миллионов лет. На таких промежутках может произойти и происходит многое из того, что нам кажется интуитивно невозможным. В частности, можно дожидаться благоприятных мутаций, притом, что большая часть мутаций действительно вредна (ломать – не строить)

или в лучшем случае нейтральна. Могут зафиксироваться мутации с селективным преимуществом всего в несколько процентов, которое затруднительно зарегистрировать даже в прямом эксперименте» (Костерин, 2007, с. 421).

- отсутствие адекватного и унифицированного языка для формулировки проблем и описания самих явлений;

- неполнота феноменологии (особенно в области биологической эволюции);

- материально-финансовые факторы;

- проблема распределения наличных материально-финансовых средств между научными направлениями;

- незнание «правильного» ответа;

- неразработанность метанаучных (например, тех же системологических) подходов, методов и методик смежных наук, потому что любая проблема науки, занимающейся системой определенного уровня организации, это проблема и наук менее «организованных» и более «организованных» (метанаук);

- неразработанность методов использования глобальных или менее масштабных научных контекстов;

- противодействие со стороны креационистки настроенных «ученых» и/или креационистские настроения «широких масс», что можно одновременно считать и субъективным фактором;

- отсутствие «банка» соответствующих задач и проблем, с четко очерченной структурой и объемом;

Самое интересное и парадоксальное в этой истории может быть то, что понимание-то проблем уже достигнуто. Достигнуто (возможно) на уровне «коллективного бессознательного» или на уровне «личностного знания» (Майкл Полани – опять же на уровне подсознания). Например, у меня был случай озарения, когда мне показалось, что я могу проникнуть или проник в великую тайну Эволюции. Чисто по техническим причинам мне не удалось полностью зафиксировать (попросту записать) результаты этого озарения, но, все же, кое-что осталось и представляется мне достаточно значимым с научной точки зрения. Во всяком случае, очень важно до конца использовать ресурсы индивидуального познавательного контекста, часто формирующегося с большим трудом в результате длительного когнитивного погружения в проблему.

В глобальной (не индивидуальной) науке тоже с трудом формируются контексты на базе научных школ, временных собраний ученых и т.п. К сожалению, технология использования таких масштабных контекстов совсем не разработана и даже не осознана необходимость этого.

В этом же отношении свое слово может «сказать» ИНТЕРНЕТ. Важно при этом суметь организовать разрозненные знания в единую теоретическую систему, которая может быть верифицирована практикой. Непонятно только как сделать этот процесс самоорганизующимся.

Разумеется, существуют и специфические проблемы эволюции:

- трудность полного описания самого феномена эволюции («неполнота палеонтологической летописи»);
- определение темпов эволюции (плавно и/или скачкообразно и с какой скоростью);
- трудность понимания «целей и смысла» эволюции;
- неясность с выбором и оценкой параметров прогрессивности эволюции;
- категоричность исследователей в определении роли направленности и случайности в эволюции;
- отсутствие полноценной возможности изучения экспериментальной эволюции;
- трудности выбора репрезентативного модельного объекта («эволюционной дрозофилы»);
- нечеткая осознанность необходимости различать эволюцию систем, организованных по стохастическому и детерминистическому принципам;
- сложности разграничения эволюционных и онтогенетических событий у простейших;
- проблема «выводимости» макроэволюции из микроэволюционных событий (Красилов, 1986);
- определение роли эпигенетических изменений (проблема генетической ассимиляции);
- определение роли биосферных кризисов.

Существуют, разумеется, и метанаучные проблемы, которые в основном совпадают с перечисленными ранее (субъективными и объективными). В данном случае мы перечислили лишь некоторые сугубо научные проблемы изучения эволюции.

Чтобы сделать дальнейшее изложение более оптимистичным, мы предлагаем рассматривать проблему эволюции с точки зрения ее феноменологии, механизмов и смысла, что хоть в какой-то мере облегчит участь смельчаков, взявшихся за ее решение.

Методологические сложности. Неумение или и недоучет необходимости пользоваться парными категориями (эвристиками по Ю. Шрейдеру). Например, сколько копий было сломано, когда Ч. Дарвина, давшего определение отбора, как выживания наиболее приспособленных, обвиняли в тавтологичности. Однако, достаточно

вспомнить о понятии (потенциальное), как сразу все становится на свое место: Отбор как выживаемость потенциально (что обеспечивается соответствующими мутациями или эпимутациями).

Незнание смежных и метанаучных дисциплин.

Психологический барьер («плен» очевидности).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Костерин О.Э.* Дарвинизм как случай «Бритвы Оккама» // Вестник ВОГиС, 2007, том 11, № 2, с. 416-431.

2. *Красилов В.А.* Нерешенные проблемы эволюции. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. – 138 с.

3. *Полани М.* Личностное знание. – М.: Прогресс, 1985. – 344 с.

4. *Пучковский С.В.* О реальности надиндивидуального отбора, целесообразности научных метафор и поиске универсальных определений в эволюционной биологии // Биология. Экология. Естествознание. Науки о Земле. 2012. Вып. № 2, с. 8-21.

5. *Шишкин М.А.* Индивидуальное развитие и уроки эволюционизма // Онтогенез. – 2006. Т. 37. – № 3. с. 119-138.

1. СИСТЕМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ОБЪЕКТОВ

(Опубликовано в «Факторы экспериментальной эволюції організмів»: Зб. наук. пр., т. 2. – К.: КВІЦ, 2004. – 416 с. (с. 37–41))

В статье предпринята попытка применения концептуальной теории систем и радиобиологических принципов для решения целого комплекса эволюционных проблем. Эволюционные процессы рассмотрены как многофазные процессы адаптации к внешним и внутренним эволюционным факторам. Сформулировано положение об увеличении роли более организованных структурно-функционально факторов в эволюционном процессе.

Значительно развитые методологические аппараты теории систем [1] и радиобиологии [2] и их фактические достижения позволяют более строго описывать характеристики (параметры) действующих (в частности, эволюционных, филогенетических) факторов, которые могут быть любыми по своей природе, т.е. физическими, химическими, биологическими, психологическими и социальными (если рассматривать эволюцию человека). Каждый из перечисленных факторов (в дальнейшем – систем-факторов – СФ) первично, как интегрированное образование действует на таком уровне организации системы-объекта (СО), которому соответствует уровню организации действующего фактора. Например, если говорить о радиационном факторе (ионизирующей радиации – ИР), как о возможном факторе биологической эволюции, то следует в первую очередь констатировать фундаментальный (на субатомном уровне) характер его взаимодействия с биологическим объектом и охарактеризовать его с точки зрения дозы - экспозиционной и поглощенной. С точки зрения радиобиологии последнее предпочтительней, поскольку позволяет рассматривать фактическую (реальную) дозовую нагрузку на биологические объекты. Заметим попутно, что для оценки эволюционного действия ИР целесообразно ввести понятие «поглощенная доза на поколение».

Поскольку речь идет о разнообразных по своей природе факторах с преобладанием в каждом конкретном случае энергетического, вещественного или информационного компонента его влияния на объект (так, в случае ИР, несомненно, преобладает энергетический компонент, обусловленный высокой энергией квантов и корпускул, намного превышающей энергию ионизации атомов), то, соответственно, следует стремиться количественно оценивать дозы поглощенной энергии, вещества или информации или какого-либо

сочетания доз этих компонентов (двойных или тройного). Ясно, что применительно к эволюционной ситуации доза фактора (например, какого-либо биологического), вероятно, должна приходиться на множество поколений организмов. Очевидно также, что без разработки теории дозиметрии биологических факторов, являющихся особенно важными для онтогенетического и филогенетического развития биологических объектов, невозможно построить полноценную теорию онтогенеза и эволюции.

Радиобиологическая парадигма, если ее применять в качестве метазнания (метатеории) для описания эволюционных процессов, вынуждает нас рассматривать, в первую очередь, пороговость действия факторов с точки зрения оценки минимального количества поколений, которые должны быть подвергнуты воздействию для осуществления эволюционных преобразований, и поглощенных ими доз.

Необходимо упомянуть также и о необходимости учета мощности, качества, режима действия СФ (однократное – многократное и острое – пролонгированное или хроническое), поскольку эффективность эволюционных факторов не может не зависеть от этих параметров. Вероятно, для более корректного введения понятий «острое и пролонгированное действие эволюционного фактора» целесообразно ввести понятие онтогенеза вида, во временных пределах которого есть смысл их рассматривать.

Следует сказать, что филогенетическая система-фактор (ФСФ) способна оказывать на филогенетическую систему-объект (ФСО) нейтральное, поддерживающее (стабилизирующее) или стрессирующее влияние. В частности, ФСО под влиянием ФСФ способна находиться в состоянии филогенетического стресса – дистресса и эустресса по Гансу Селье [5].

Целесообразно также различать облигатные (поддерживающие, стабилизирующие), факультативные и индифферентные эволюционные факторы, последний из которых может быть в нейтральной, стимулирующей, ингибирующей или летальной дозе. Первые два фактора в нейтральной дозе не могут быть (облигатный фактор при нулевой дозе полностью ингибирует систему, а облигатный – частично).

Между СФ и СО всегда может оказаться третий объект, опосредующий влияние СФ на СО. В этой ситуации целесообразно говорить о прямом и опосредованном влиянии СФ на СО и, соответственно, ФСФ на ФСО. Очевидно, что часто и даже, как правило, влияние одного СФ на СО происходит в комплексе с влиянием другого или других СФ на СО – случай сочетанного (совместного, сопряженного) действия нескольких СФ на СО, результатом чего может быть аддитивное, синергетическое или

антагонистическое взаимодействие. Опосредованное влияние фактора может происходить посредством фактора любой природы. К сожалению, теория эволюции в настоящее время практически не владеет методологией и методиками количественного учета совместного влияния нескольких факторов.

Подобно тому, как в радиобиологии изучается относительная биологическая эффективность различных по своим характеристикам видов ионизирующего излучения, очевидно, и в теории эволюции необходимо вводить соответствующее понятие (например, относительная эволюционная эффективность излучения) и соответственно количественно оценивать относительную эволюционную эффективность равноуровневых по своей структурно-функциональной организации ФСФ. При этом следует учитывать потенциальные «возможности» фактора и реализованные в действительности, т.е. в эволюционной «практике». Так, с точки зрения не потенциальной эффективности, а реальной результативности фактор ультрафиолетового излучения (равноуровневый с фактором ионизирующей радиации) являлся на определенном этапе эволюции наиболее значимым. Иначе говоря, возникает необходимость различать не только относительную филогенетическую эффективность, но и относительную филогенетическую результативность равноуровневых факторов.

Если говорить об эволюции самих факторов эволюции, то системные представления этого процесса позволяют сформулировать закон (принцип) возрастания роли более структурно-функционально организованных факторов в эволюции, т.е. наиболее значимым (ведущими, доминирующими) факторами являются те факторы, которые по уровню своей структурно-функциональной организации совпадают с уровнем организации самого эволюционирующего объекта. Например, для первичных полинуклеотидов самыми значимыми (но, естественно, не единственными) эволюционными факторами были те же самые или подобные по сложности молекулы (полипептиды), а не радиационные или низкомолекулярные химические факторы. Для человека наиболее значимыми уже давно стали факторы психологические и/или социальные. Таким образом, эволюционный прогресс, проявляется, кроме всего прочего, (например, в приобретении большей независимости от внешней среды) в эволюции самих эволюционных факторов, которые постоянно догоняют усложняющиеся биологические объекты.

Какие возможны типы преобразований ФСО с позиций системного подхода? Согласно основному закону общей теории систем (ОТС), разработанной Ю.А. Урманцевым [1], конкретная система-объект способна перейти: а) либо сама в себя – посредством тождественных преобразований; б) либо в другие системы-объекты –

посредством одного из семи, и только семи различных преобразований, а именно изменений: 1) количества элементов системы; 2) качества элементов системы; 3) отношений между элементами; 4) количества и качества элементов, 5) количества и отношений элементов; 6) качества и отношений элементов; 7) количества, качества и отношений всех или части образующих систему-объект элементов.

Среди перечисленных типов преобразования исходных (первичных) типов преобразования СО существует четыре типа, охватывающих первые четыре из вышеперечисленных (включая тождественное преобразование). При любом типе преобразования элементов СО меняются все остальные характеристики (качественные, количественные и относительные) ее элементов, т.е. в чистом виде каждой из перестроек не существует, но определяющим, доминирующим на определенной отрезке времени или месте может быть тот или иной тип. Очевидно, что данные типы преобразований исчерпывают все возможные типы преобразований и в процессе биологической эволюции. С нашей точки зрения теория систем Ю.А. Урманцева предоставляет уникальную возможность для формализации теории эволюции, попытку которой предпринял сам автор этой теории [3, 6]. В частности, эвристичность своего подхода Ю.А. Урманцев демонстрирует, указывая на неполноту классификации типов филэмбриогенеза, предложенную А.Н. Северцевым. Подобная неполнота наблюдается и в отношении морфогенетических концепций.

При рассмотрении влияния ФСФ на ФСО следует учитывать контрольное (исходное, текущее) состояние ФСО. По аналогии с понятием «доза» ФСФ, вероятно, целесообразно применять понятие «доза» ФСО, отражающее исходные (на момент начала взаимодействия с ФСФ) характеристики ФСО. Фактически, доза ФСО отражает уровень устойчивости и чувствительности (как «устойчивости» по отношению стимулирующим (эволюциогенным) ФСО дозам ФСФ.

От понятия устойчивости ФСО логично перейти к понятию порога устойчивости ФСО. Каждый уровень ФСО имеет свой порог устойчивости, который также зависит и от параметра, используемого для оценки устойчивости. С понятием порог устойчивости тесно связано понятие критической эволюционной подсистемы (структуры, подуровня) ФСО, которая главным образом «ответственна» за эволюционные ее прогрессивные или регрессивные преобразования. В зависимости от уровня организации ФСО возможно существование уникальных и множественных мишеней, с которыми первично взаимодействует ФСФ.

Применив радиобиологические (ставшие уже общебиологическими) понятия стохастических и детерминированных

эффектов к описанию эволюционных событий, мы получаем понятия стохастических и детерминированных филогенетических эффектов ФСФ на ФСО. Очевидно, что данные эффекты более известны как эффекты ненаправленного (неопределенного, селектогенетического) и направленного (ортогенетического) влияния эволюционных факторов.

Следует также упомянуть экзогенные и эндогенные эволюционные факторы. Как первые, так и вторые могут быть стохастическими (вероятностными, случайными) и детерминированными. Внутренние детерминированные факторы, вероятно, следует рассматривать как номогенетические (ортогенетические).

Широко применяемые в радиобиологии понятия конститутивного (фонового, спонтанного) и стимулированного (в частном случае, индуцибельного) уровня какого-либо процесса (например, мутагенеза) также должны найти свое место в теории эволюции в виде формулировки и решения проблемы соотношения вкладов спонтанной и стимулированной вариабельности в механизме эволюционных преобразований.

Вышеупомянутое понятие филогенетического стресса предполагает рассмотрение филогенеза в качестве следствия (определенного этапа или результата) филогенетического стресса, а именно необратимого компонента повреждения (влияния), возникшего под влиянием комплекса внешних и внутренних (номогенез) факторов. Другими словами, эволюцию (филогенез) следует рассматривать как адаптацию (гиперадаптацию в случае прогрессивных изменений и гопоадаптацию в случае регрессивных изменений) со всеми отсюда вытекающими терминологическими и содержательными «последствиями» (адаптивное и тест-воздействие, переходный филогенетический процесс, фазы переходного филогенетического процесса, перерегулирование, необратимый компонент и т.д.).

Эволюционирующий объект, проходя под влиянием экзогенных или эндогенных эволюционных факторов определенные фазы (этапы), оказывается в таких фазах (фаза гиперкомпенсации, если использовать терминологию теории автоматического регулирования), в которых он демонстрирует максимальную и, что самое главное, повышенную по сравнению с исходной устойчивость. Очевидно, что в данном процессе реализуется эволюционный адаптационный (гиперадаптационный) потенциал биологического объекта. Логично предположить, что аналогичный процесс и соответствующие результаты могут быть достигнуты биологическим объектом и под влиянием эндогенных факторов, являющихся суперпозицией множества эндогенных факторов, следы влияния которых представлены в определенных структурно-функциональных характеристиках объекта.. Из сказанного можно сделать, казалось бы, достаточно тривиальный вывод о том, что

филогенез представляет собой адаптацию или дезадаптацию. Однако с вышеуказанных позиций процесс видообразования можно рассматривать и как «запоминание» результатов действия филогенетических факторов, т.е. как его необратимый компонент влияния. Здесь же следует упомянуть и о "генетической" невосприимчивости «тупиковых» видов к действию ФСФ, которые эволюционируют с использованием преимущественно эпигенетических механизмов. Примером последнего может быть Человек разумный, т.е. как «тупиковый» в генетическом отношении вид.

Перспективным также представляется рассмотрение с точки зрения системного подхода проблемы эволюции различаемых в его рамках структурных и стохастических систем, филогенетического старения (старения таксонов), филогенетического "канцерогенеза" и даже попытки решения проблемы ретродозиметрии филогенетических факторов. Так, известный факт чередования структурных (детерминированных) и стохастических (вероятностных) биологических систем при рассмотрении уровней их организации [4] может служить основной достаточно эвристичного подхода к построению общей теории биологической эволюции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. – М.: Мысль, 1974. – 230 с.
2. Тимофеев-Ресовский Н.В., Иванов В.И., Корогодин В.И. Применение принципа попадания в радиобиологии. – М.: Атомиздат, 1968. – 228 с.
3. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы – В кн.: Система. Симметрия. Гармония./ Под ред. В.С. Тюхтина, Ю.А.Урманцева. – М.: Мысль, 1988. – с. 38-130.
4. Алещенко Г.М., Букварева Е.Н. Некоторые вопросы моделирования разнообразия в биологических системах различных типов – Успехи современной биологии, 1991, т. 111, в. 6, с. 803-811.
5. Селье Г. Стресс без дистресса. – М.: Прогресс, 1982. – 128 с.
6. Урманцев Ю.А. Эволюционика, или общая теория развития систем природы, общества и мышления – Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1988 – 79 с.

2. КОНЦЕПЦИЯ УРОВНЕЙ НАСЛЕДОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

(Опубликовано в «Факторы экспериментальной эволюції організмів»: Зб. наук. пр., т. 2. – К.: КВНЦ, 2004. – 416 с. (с. 32–36))

Предложена концепция уровней наследования. Показана возможность ее применения для решения ряда эволюционных проблем. Предложена гипотеза относительно механизмов наследования приобретенных признаков.

В общем случае, биологические объекты, изменяясь под влиянием действующих на них факторов в пределах допустимого (т.е. в пределах, задаваемых их предсуществующими структурно-функциональными характеристиками, среди которых следует указать генетические и эпигенетические), подвергаются не просто отбору со стороны очередных действующих факторов (именно, очередных, т.к. предыдущие факторы определили текущее на момент взаимодействия состояние системы), а, прежде всего, вступают с ним во взаимодействие. Если с конкретным биологическим объектом взаимодействует такой фактор и с такими характеристиками (качество, мощность, доза), что образуется хотя бы временно новая система, т.е. происходит то, что обычно называется переходным процессом, то действующий фактор, фактически, тестирует жизнеспособность (надежность) исходной биологической системы, поскольку переходный процесс может завершиться необратимыми негативными последствиями для системы. Таким образом, только в отношении влияния действующего фактора на дальнейшую ее судьбу и (или) судьбу ее потомков правомочно называть действующий фактор фактором отбора.

Выжившие особи передают свои свойства, т.е. свои индуцированные или стимулированные воздействием состояния (следы) генома и/или эпигенома потомству либо с помощью генетических механизмов, либо передача приобретенных признаков происходит с помощью многоуровневых эпигенетических механизмов [1, 6]. Нижний уровень последних обеспечивается собственно эпигенетическими процессами (за счет, например, изменения паттернов метилирования ДНК – [7]), а высшие уровни – исследователем клеточными, организменными, популяционными (и т.д. вплоть до уровня биосферных) механизмами. Так, известно, что у физически здоровых женщин рождаются преимущественно здоровое потомство, наследующее здоровье не только и не столько на уровне генома, а на вышележащем (эпигенетическом) уровне, т.е. на уровне организма. В данном случае имеется ввиду не генетическая

предрасположенность к высокому уровню здоровья, которая, естественно, имеет место в действительности и передается по наследству, а передача от родителей потомству качеств и свойств, приобретенных (благоприобретенных) в течение онтогенеза родителей на эпигенетических уровнях. Очевидно, что такое приобретение возможно на всех эпигенетических уровнях, т.е., собственно, на уровне эпигенома, клетки, ткани и т.д.

Каждый структурно-функциональный уровень передает свою информацию аналогичному уровню другого (дочернего или взаимодействующего с данным) объекта. Таким образом, геном родителей передает в геном потомства свою информацию, клетка - в клетку и т.д. При этом степень точности передачи информации по мере усложнения уровней увеличивается, но делается менее детерминированной, т.е. дочерние структуры усваивают родительскую информацию с определенной степенью обязательности. Кроме этого, с повышением уровня организации увеличивается возможность передавать информацию негенетическим родственникам.

Известно, что гетерогенность размеров однотипных растительных органов, например, листьев одного яруса у растений, образующих конкретную популяцию, или, иначе говоря, модификационная изменчивость размеров листьев, определяется преимущественно не числом клеток, образующих орган, а размером клеток при относительном постоянстве их численности в пределах листа [5]. Очевидно, что размеры дочерних клеток и их метаболический (биохимический и, в общем случае, структурно-функциональный) статус определяются в значительной степени конкретными условиями существования материнских клеток и непосредственно от них наследуются. Роль генома в данной ситуации сводится к определению пределов варьирования размеров органа (нормы реакции), с одной стороны, и к определению характера реагирования клетки на конкретные условия (факторы), с другой стороны. Таким образом, размер дочерней клетки непосредственно определяется размером материнской и лишь опосредованно генотипом и менее опосредованно эпигеномом.

Человек также наследует от предков ряду поколений не только генетическую информацию, но и эпигенетическую информацию («благоприобретенные признаки») благодаря существованию многоуровневой системы наследования, вершиной которой является система культурного (социального) наследования («культурная традиция»). Собственно говоря, человек, как вид, отличается от других видов наибольшим количеством уровней наследования, что составляет главный предмет исследования меметики, как науки о наиболее общих принципах и законах возникновения, хранения,

трансформации, функционирования (развертывания) и наследования информации в виде мемов независимо от природы ее материального носителя [2]. Мем – информационная модель, содержащаяся в структурах памяти (диффузных или структурированных, специализированных), способная путем копирования передаваться другим запоминающим структурам (в чем проявляется ее «заразность»). Таким образом, ген следует рассматривать как частный («молекулярный») случай мема. С нашей точки зрения, меметика – это теория эпигенетического наследования.

Фактически, в приведенных примерах мы затронули старую, но вечно молодую эволюционную проблему наследования благоприобретенных признаков (под которым следует, очевидно, понимать все виды наследования информации, возникшей на любом из эпигенетических уровней) и которая является одновременно и проблемой меметики.

Эффект последствий повышенной активности какой-либо биологической системы (эффект «упражнения органов») необходимо рассматривать системно. Любая фенотипическая активность обеспечивается определенной эпигенетической системой, структурно-функциональные характеристики которой не может не повлиять на количественные и качественные характеристики мутабельности генетических локусов, ответственных за данный уровень и качество фенотипической активности [3]. Естественно, что вышележащие уровни информационной регуляции («уровни наследования») не могут обеспечить непосредственное «инструктирование» нижележащих уровней. Управление происходит посредством ряда промежуточных («бюрократических») уровней, на которых возможно искажение и даже извращение «благоприобретенной» информации. Впрочем, «высокоуровневые» системы потому-то таковыми и являются, что используют преимущественно высокие уровни наследования, а генетическое закрепление (если таковое все же случится) повышает эффективность функционирования системы, тем самым еще больше повышая эффективность работы эпигенетических систем. Таким образом, следует допускать участие селектогенетических (вероятностных) и номогенетических механизмов эволюции, т.е. сочетания как случайного, так и закономерного (целенаправленного) наследования благоприобретенных признаков.

Поскольку активная работа какой-либо подсистемы биологического объекта (эпигенетической системы), обеспечивается соответствующей и также усиленной активностью соответствующих генных локусов, то это приводит к возникновению таких биохимических продуктов, которые способны повысить активность аналогичных локусов в геноме клеток других подсистем и, в

частности, в половых клетках [4]. За повышенной активностью генов следует их повышенная мутабельность и постепенное накопление нужных мутаций в популяции (генетический «груз, который не тянет»). Естественно, что «передача по наследству» происходит не только генетическим путем, т.е. не только через половые клетки, но и с помощью всех возможных уровней эпигенетического («соматического») наследования, вплоть до социального. При этом происходит или происходило генетическое закрепление, естественная роль которого в эволюции человека становится все меньше.

С точки зрения системного подхода любой элемент системы любого уровня (подуровня) интеграции имеет общие и специфические свойства. Последние обусловлены положением элемента по отношению к внутренним и/или внешним системам-факторам. Так, мышцы одного органа, представляющие собой равноуровневые по организации его элементы, имеют общие и специфические черты, определяемые характером их локальной активности (дифференциальная активность мышц в пределах одного органа). Активность конкретной мышцы, как вышележащего уровня по отношению к своим элементам (клеткам) рано или поздно отразится и на их свойствах и т.д. В данном случае речь идет не о том, что активность системы не детерминируется активностью ее элементов, а о роли обратной связи со стороны «вышестоящей» системы в отношении свойств своих элементов. Как это себе представить? Например, клетки меристематической ткани осуществляют фитогормональную активность под влиянием внешнего сигнала, исходящего из другой ткани или органа. Реакция на сигнал уже есть своеобразное уподобление источнику сигнала. И если на первом этапе реагирования используются исходные биохимические резервы клеток, то постепенно в этот процесс вовлекается индуцибельный компонент активности генома этих клеток, который уже на эпигенетическом уровне закрепляет требуемый уровень биосинтетической активности. Таким образом, активность (или пассивность) целого растения находит свое выражение в конечном счете на молекулярном уровне. Далее можно предположить, что продукты биохимической активности любого органа, ткани или другой подсистемы рано или поздно попадут в половые клетки и в силу того, они также (подобно любой подсистеме) обладают общими и специфическими свойствами (правда, здесь следует отметить, что чем ниже уровень, тем меньше и специфика), повлияют на геном половых клеток в специфических локусах. Таким образом, половые клетки на эпигенетическом уровне также в определенной степени будут являться носителями спектра индуцированной генной активности, что может передаваться и потомству этих клеток. Ситуация с передачей еще больше упрощается

у растений, у которых половые клетки образуются из соматических (см. Приложение 3 в этом сборнике).

Поскольку уровень активности генетических локусов влияет на уровень его мутабельности [8], то результатом этого будет «усвоение» активности вышележащих уровней не только на эпигенетическом уровне, но и на генетическом. Для эволюционных преобразований важно не столько то, чтобы фактор непосредственно индуцировал конкретные генетические изменения, сколько то, чтобы повышалась мутабельность в «нужном» локусе, Половой процесс, естественно, повышает вероятность возникновения «правильных» форм.

Таким образом, фактор направленно действует не на качество мутабельности, а на ее количественные характеристики. Иначе говоря, мутагенный фактор не изменяет спонтанного спектра мутирования, а влияет на его частотные характеристики. Этого может быть достаточно, чтобы дать «пищу» для отбора. Разумеется, в процессе мутирования изменяются и отношения между генами, что также повышает общую вероятность преобразований в необходимом направлении.

Очевидно, что сам по себе процесс мутирования носит вероятностный характер, т.е. мы никогда не можем точно сказать в каком локусе произойдет мутация, но то, что мы все же можем указать на повышенную вероятность мутирования в определенном наборе локусов, ответственных за индуцибельный или стимулированный компонент конкретного вида активности (молекулярно-биологической, биохимической, физиологической и т.д.), указывает на закономерный характер этого процесса. Внешние воздействия запоминаются биологическим объектом (эпигенетический компонент), позитивно или негативно для дальнейшей судьбы системы модифицируя предсуществующие программы (не только генетические) и, таким образом, в дальнейшем предопределяют (преформистский компонент эволюционных преобразований) измененный характер активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михеев А.Н., Гуца Н.И., Малиновский Ю.Ю.* Эпигенетические реакции клеток на действие ионизирующей радиации // Радиационная биология. Радиоэкология., 1999, т. 39, в. 5, с. 548 – 556.
2. *Докинз Р.* Эгоистичный ген. – М.: Мир, 1993. – 318 с.
3. *Корогодин В.И.* Радиотаксоны и надежность генома // Радиобиология, 1982, т. 22, в. 2, с. 147-154.
4. *Чайковский Ю.В.* Элементы эволюционной диатроники. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
5. *Білокінь, І.П.* Ріст і розвиток рослин – К.: Вища школа, 1975. – 431 с.

6. *Эпигенетика.* – Под ред. С.Д. Эллиса, Т. Дженювейна, Д. Рейнберга, М.: Техносфера, 2010. – 496 с.
7. *Ванюшин Б.Ф.* Метилирование ДНК у растений: механизмы и биологическая роль. – М.: Наука, 2009. – 77 с.
8. *Korogodin V.I., Korogodina V.L., Fajsci Cs.* Mutability of genes depends on their functional state — a hypothesis // Biol. Zentbl. 1990. V. 109. P. 447—451.

3. ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ПРЕФОРМИСТКИЕ МЕХАНИЗМЫ АБИОТИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА УГЛЕРОДИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ЭВОЛЮЦИЯ СЕНСИТИВНОСТИ И КВАЗИМУТАГЕНЕЗ

(Опубликовано в «Фактори експериментальної еволюції організмів», т. 3., Київ: Логос, 2006. – с. 40-43)

Показана роль эпигенетических и преформистских механизмов в эволюционных преобразованиях на абиотической.. Преимущественное значение (важность) первого из указанных механизма, а также роль квазимутагенеза продемонстрирована на примере образования необходимого разнообразия полипептидных и полинуклеотидных макромолекул.

Стало общепринятым мнение о том, что возникновению жизни предшествовал длительный период абиогенного синтеза простых и высокополимерных веществ на основе углерода [1]. Источником углерода для последующих синтезов все более и более сложных веществ могли быть карбиды металлов, дающие при взаимодействии с водой углеводороды, которые могли образовываться и, вероятно, образовывались в больших количествах. Однако также известно, что углеводороды являются относительно инертными в химическом отношении веществами и чтобы заставить их вступать в реакции с другими веществами, образуя то многообразие органических веществ, которое необходимо для возникновения жизни, требуются мощные источники энергии. Очевидно, что энергией, способной нарушить инертность первичных углеводородов могла быть энергия ионизирующей радиации [2].

Известно, что энергия квантов и корпускул ионизирующего излучения (ИИ) на несколько порядков превосходит энергию любой ковалентной связи или энергию ионизации атомов. По этой причине сколь угодно малая поглощенная доза ИИ способна индуцировать первичную и вторичную ионизацию. На этапе абиотического синтеза первичные углеводороды под действием ИИ разбивались на фрагменты, обладающие свободными валентностями, т.е. образовывались свободные радикалы. Именно свободные радикалы, обладая огромной реакционной способностью реагировать друг с другом, давая все более и более усложненные цепи углеводородов (разветвленные, циклические), так и взаимодействуя с другими химическими элементами окружающих их пород (азотом, фосфором, серой, кислородом), обеспечивали протекание начальных фаз абиотического синтеза.

Первичные процессы абиотического генезиса углеродистых соединений шли сотни тысячелетий в районах с повышенным радиационным фоном, давая достаточный материал для последующих синтезов аминокислот, полипептидов, нуклеотидов, и полинуклеотидов, порфиринов, углеводов, липидов и других веществ, необходимых для возникновения простейших квазиживых и в последующем живых образований.

Одними из аспектов таких преобразований была эволюция сенситивности макромолекул, квазиживых образований и других эволюционирующих объектов. Так, многие из образующихся в вышеописанном процессе соединений уже были способны активно поглощать ультрафиолетовое излучение Солнца и, диффундируя в поверхностные воды океана, могли под влиянием ультрафиолета вступать в дальнейшие реакции синтеза, конденсации и полимеризации. Вероятно, можно постулировать то, что в процессе предбиотического и биотического исторического развития возрастает чувствительность структурно-функциональных элементов объектов (собственно биосистем, в частности) с одновременным возрастанием надежности их функционирования. Например, человеческий глаз способен различать отдельные кванты видимого света. Параллельно с возрастанием чувствительности растет изолированность систем от воздействий, способных оказать на нее разрушительное влияние. Примером последнего является приобретение организмами локомоторной функции, строительство разнообразных убежищ, приобретение прочных покровов и т.д. Возрастает и удельная надежность генетического аппарата, позволяющего обеспечивать протекание и регуляцию в онтогенезе организмов их сложнейшие морфо-функциональные преобразования (см. также статью в данном сборнике «МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС»). Парадоксально, но повышение надежности генома сопровождается его большей эволюционной пластичностью, что также может быть иллюстрацией к развиваемой идее об увеличении чувствительности биосистем только уже к эволюционным факторам [3].

В последующие периоды абиотического синтеза, занявшего, по-видимому, значительно большие площади и использующего дополнительные к ионизирующему и ультрафиолетовому излучению виды энергии, вклад ионизирующей радиации был достаточно значительным опять-таки ввиду ее способности легко переводить молекулы в свободнорадикальное состояние.

Радиационный фактор, вероятно, действовал не только непосредственно, но и опосредованно, способствуя усилению роли химического фактора (еще одно возможное свидетельство эволюции сенситивности), как фактора индукции и/или стимуляции

вариабельности первичных молекул, а также фактора их последующего отбора [4]. Так, в местах повышенного уровня ионизирующей радиации, аналогичных урановым месторождениям Окло, шли в больших масштабах процессы радиолиза воды с выделением свободного кислорода, что явилось, вероятно, существенным фактором обогащения первичной атмосферы Земли кислородом. Появление кислорода и радиационно-химическое окисление углеводов за счет радикалов (ОН-радикал) способствовало синтезу окисленных карбонильных соединений (карбонильная группа $-C=O$). В более поздние периоды, когда в отдельных районах Земли в уже образовывались длинные цепи полинуклеотидов и их количество увеличивалось за счет медленно идущих реакций конденсации на основе комплементарности оснований, в этот период, который предшествовал возникновению жизни, ИИ также играло существенную роль в дальнейшем развитии событий. Вызывая разрывы нуклеотидных цепей, оно (ИИ) приводило к появлению новых вариантов цепей нуклеотидов. Это квазимутагенное действие ионизирующей (и ультрафиолетовой) радиации в предбиотический период, длившийся миллионы лет, привело к возникновению множества различных типов полинуклеотидов и полимеров аминокислот (протопротеины), что было необходимо для следующего скачка в развитии материи - образования собственно живых существ.

Вероятно, в первичных процессах абиотического генезиса углеродистых соединений среди механизмов, обеспечивающих первичный органический бульон разнообразным химическим материалом роль внешних (средовых, эпигенетических), преобладала над внутренними (преформистскими) механизмами. Уровень преемственности (преформированности) в первичных процессах биогенеза был низок и возрастал по мере укрупнения и усложнения органических молекул. В частности, начинали работать механизмы комплементарного синтеза, позволяющего в большей степени сохранять биоорганическим системам накопленную информацию путем дублирования и, следовательно, двигаться по пути все более и более ускоряющегося прогрессивного развития.

Жизнь на Земле возникла как единое недифференцированное на виды (в современном понимании) целое. Вопрос о моно- или полифилитическом происхождении видов, таким образом, снимается. Развитие биосферы (квазибиосферы на начальных этапах своего развития) происходило путем ее структурирования, что и выразилось в процессе видообразования, который носил и, фактически, до сих пор носит колебательный характер (по численности видов). Вероятно, эволюционировал и сам механизм существования вида, который вряд ли всегда обладал всеми теми признаками, которыми обладает

современный вид. Фактически, на этапе квазибиосферы чуть ли не каждая молекула полинуклеотида представляла собой отдельный «вид». Первичный бульон был наполнен своеобразными вирусоподобными частицами (вирусоидами), обеспечивающими глобальную связь в масштабах квазибиосферы – филогенетический аспект понятия «вирусный ИНТЕРНЕТ».

С появлением самореплицирующихся систем можно уже говорить о «включении» квазибиологического фактора эволюционных преобразований. Практически одновременно с появлением самореплицирующихся полинуклеотидных макромолекул началась их конкуренция за субстрат. «Выживали лишь сильнейшие» макромолекулы, вероятно, более успешно взаимодействующие с полипептидами макромолекулами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлоцкая Т.Е. Абиогенный синтез биологически важных соединений. – В кн.: Проблемы возникновения и сущности жизни. – М.: Наука, 1973. – с. 38-72.
2. Кузин А.М. Природный радиационный фон и его значение для биосферы Земли. – М.: Наука, 1991. – 117 с.
3. Сарапульцев Б.И., Гераськин С.И. Генетические основы радиорезистентности и эволюция – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 209 с.
4. Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. – Л.: Недра, 1982. – 208 с.

4. О ПОНЯТИИ «БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОТБОР» (ОБ ЭКЗОГЕННОЙ И ЭНДОГЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ)

(Опубликовано в «Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології», т. I. – К.: Логос, 2007. – с. 149-153)

Показана необхідність виділення двох основних типів біологічного відбору (селекції) – ендогенного і екзогенного. Перший тип виявляє вихідну (текущую, конститутивну) гетерогенність біологічних об'єктів в нормальних умовах існування і проявляється в певному рівні спонтанних деградаційних процесів, наприклад, в формі хромосомних аберацій, гібели кліток і організмів. Другий тип відбору виникає під впливом стресуючих екзогенних факторів (фізических, хімічних, біологічних), дози якого розподіляються рівномірно між об'єктами.

В своей совокупности биологические явления, фактически, представляют собой разнообразные виды избирательной гибели и выживания биологических объектов в условиях действия разнообразных стрессующих (дистрессующих, если быть точнее) факторов. Для их описания используют понятие «отбор», которое применимо и при изучении возможных механизмов филогенетических преобразований. Очевидно, однако, что это понятие может иметь и фактически имеет гораздо более широкую сферу применимости (Глазко, Глазко, 2001; Малецкий, 1995).

Традиционно понятие «биологический отбор» (БО) определяют как процедуру и результат выявления наиболее приспособленных (жизнеспособных, устойчивых, надежных, виолентных и т.п.) биологических объектов (Майр, 1974). При этом в неявном виде предполагается, что условия (факторы) отбора по своим количественным и качественным параметрам одинаковы по отношению ко всем объектам, участвующих в данном «соревновании». Иными словами, для тестируемых объектов дозовые характеристики селективирующего (тестирующего, испытывающего, проверяющего) воздействия должны быть одинаковыми. Попутно заметим, что методологической основой «дозового сопровождения» таких исследований могла бы послужить радиобиология с ее разработанной системой дозиметрических понятий (экспозиционная доза, эффективная доза и т.д.) (см. статью в данном сборнике «СИСТЕМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ОБЪЕКТОВ»).

С учетом дозовых характеристик факторов целесообразно дать более «явное» определение БО как процесса и результата

равномерного (по поглощенной дозе фактора отбора) влияния на исследуемое множество биологических объектов отдельных стресс-факторов или их комплекса, в результате чего происходит разделение исходного множества объектов, подвергающихся испытанию, на подмножества, характеризующиеся разной степенью жизнеспособности в постфакторном периоде – от состояния близкого к исходному до летального. При этом необходимо рассматривать два случая равенства тестирующих условий.

Во-первых, равными для всех объектов могут быть внешние экстремальные условия существования (временные или постоянные), обеспечиваемые равномерно (!) распределяемой между объектами влияния (воздействия) дозой фактора или комплекса факторов. Эти факторы, собственно говоря, и обеспечивают экстремальность условий существования и, фактически, выступают в роли тестирующих («отбирающих»). Например, такая картина наблюдается в ситуации, в которой особи находятся в условиях повышенной температуры, способной вызвать их угнетение или гибель. Очевидно, что в этом случае в силу особенностей температурного фактора (относительно низкая по энергии фотонов по сравнению с энергией фотонов и частиц ионизирующего излучения, которые даже при летальной дозе на многоклеточный организм по клеткам распределяются неравномерно – от нулевого количества попаданий до множественного) его поглощенные дозы являются практически равными для всех объектов (организмов, клеток и т.д.), включая микроскопические структурно-функциональные уровни их организации. Данная и подобная ей «процедуры» с другими по своей природе стрессирующими факторами, способными обеспечить равномерность дозовых нагрузок (физическими, химическими, биологическими), фактически, выявляет исходную гетерогенность объектов, обусловленную их генетическими и/или эпигенетическими различиями, «благоприобретенными» на момент применения тестирующего (селектирующего) воздействия. С нашей точки зрения, такой вид отбора следует рассматривать как экзогенный отбор (селекцию). При этом акцентируется внимание на том, что в роли селектирующего («отбирающего») воздействия выступает первично экстремально высокий уровень (доза) экзогенного фактора, распределяемый равномерно между тестируемыми объектами. Разумеется, говоря о дозах, мы имеем в виду, прежде всего, поглощенные дозы тестирующих факторов, а не экспозиционные, которые не дают полного представления об истинных характеристиках взаимодействия фактора и объекта. Правда, возможна ситуация, когда индуцированная каким-либо фактором изменчивость обусловит гетерогенность в самой поглощенной дозе. В этом случае следует, разумеется, довольствоваться требованием равенства экспозиционных доз.

Таким образом, экзогенная селекция выявляет исходную (текущую) гетерогенность биологических объектов по устойчивости/чувствительности с помощью экстремально высоких, но равных для всех испытуемых доз внешних факторов. Разумеется, пользуясь радиобиологической терминологией, следует сказать, что селектирующим фактор становится таковым лишь в том случае, когда его доза превысит некоторый порог устойчивости/чувствительности биологических объектов по конкретным критериям. Необходимо также отметить, что в результате экзогенной селекции уровень исходной гетерогенности объектов может, как повыситься, так и понизиться в зависимости от характеристик (доза, мощность, качество) «селектирующего» фактора.

Во-вторых, для биологических объектов равными могут быть не только экстремальные условия существования, но и (что чаще всего и наблюдается) исходные («нормальные») условия существования, к которым они уже генетически и эпигенетически приспособлены («практически» приспособлены). Действительно, даже в природных (естественных) или искусственных условиях можно наблюдать определенный уровень гибели или пониженный уровень жизнеспособности у части биологических объектов. В этом случае, в ситуации, когда особи (клетки, организмы, популяции и т.д.) гибнут без видимых внешних причин, т.е. тестирующим воздействием, фактически, является нормальная среда обитания, следует говорить об эндогенном отборе (селекции). При этом фактор в виде определенной напряженности параметров привычной среды обитания равномерно воздействует на биологические объекты, выявляя разницу в их текущем (эндогенном, конститутивном) состоянии. Другими словами, в этом ситуации «самопроизвольно» элиминируются особи, которые имеют какие-либо «эндогенные» повреждения, не дающие им возможности существовать даже в нормальной (исходной) среде.

Вследствие каких процессов в относительно стабильной внешней среде образуется такая разница между особями-объектами, которая обуславливает их исходную гетерогенность? Происходит это, главным образом, в результате взаимодействия биологических объектов с эндогенными повреждающими (модифицирующими) факторами, в роли которых могут выступать биологические факторы практически любого уровня структурно-функциональной организации. Так, спонтанно образующиеся активные формы кислорода, свободные радикалы, клетки, несущие летальные мутации, особо агрессивные особи и т.п. являются примерами такого рода эндогенных факторов (Billen, 1994).

В условиях возрастающего уровня техногенной ионизирующей радиации (ИР) становится актуальным определение его значимости для человека и других биотических компонентов Биосферы. Если

рассматривать роль ИР, то, фактически, она в диапазоне ингибирующих доз может усилить исходную гетерогенность биологических объектов. Например, для клеточных популяций, кратковременное действие ИР может привести к тому, что часть клеток (субпопуляция) станет нежизнеспособной в данных условиях существования вследствие наличия летальных мутаций или запуска одной из форм клеточной гибели (апоптоз или некроз). При этом, очевидно, что в случае мутагенного действия ИР, повреждения по клеткам распределяются случайным образом, и внешние условия существования в постфакторном периоде для клеток не изменяются (Иванов, Лысцов, 1979). По сути дела, происходит только усиление спонтанного (эндогенного) мутагенеза и, вследствие этого, такой вид селекции мы имеем полное право также называть эндогенным. Разумеется, если воздействие ИР осуществляется на макроскопические объекты уровня тканей, органов, организмов и т.д., то дозовые нагрузки будут распределяться практически равномерно и мы, таким образом, имеем дело с экзогенным отбором, т.е. отбором под влиянием внешнего фактора.

Эндогенная селекция выявляет исходную гетерогенность членов множества биологических объектов по устойчивости/чувствительности в нормальных (исходных, «контрольных») условиях существования. Нанося неравномерные внешние воздействия и сохраняя в последующем параметры среды обитания неизменными, мы, тем самым, усиливаем эндогенную селекцию. Если же параметры среды обитания изменяются для объектов одинаково и в сторону их ухудшения, то мы говорим об экзогенном отборе разной степени интенсивности в зависимости от степени изменения значений параметров среды обитания.

Таким образом, экзогенный отбор (селекция) – процесс и результат взаимодействия равномерно распределяемой экстремальной (надпороговой) дозы внешнего фактора с множеством объектов, в результате чего часть их снижает свою жизнеспособность или полностью элиминируется (погибает, устраняется и т.п.); эндогенный отбор (селекция) – процесс и результат элиминации особей из исходного множества в нормальных условиях существования вследствие реализации эндогенных повреждений этих особей (или любых других объектов).

Разумеется, существуют и другие походы к принципам классификации биологического отбора. Например, отбор в нормальных условиях (в силу фоновой гетерогенности объектов отбора) можно считать эндогенным, а усиленный (стимулированный) отбор под влиянием экзогенных факторов – экзогенным. Причем последний, в свою очередь, будет представлен двумя видами – отбором при равномерном распределении доз экзогенного фактора

(«гомогенный экзогенный отбор») и отбором при неравномерном действии экзогенного фактора («гетерогенный экзогенный отбор»).

Если говорить о клеточном отборе (диплонтном и гаплонтном), то с точки зрения развиваемых представлений следует также говорить о двух его формах – эндогенном и экзогенном. Так, в случае облучения клеток низкими дозами ИР, когда имеет место не равномерное, а пуассоновское распределение дополнительных к фоновым повреждений по клеткам, скорее всего, имеет место эндогенный клеточный отбор, усиленный (стимулированный) действием ИР. Условия для экзогенного клеточного отбора могут обеспечить существенно более равномерно действующие факторы, например, практически все виды неионизирующего излучения – тепловое, инфракрасное, ультрафиолетовое и др.

Проблему биологического отбора до сих пор мы рассматривали безотносительно к временным параметрам существования биологических объектов. Применительно к проблеме эволюции (филогенеза) с вышеизложенных позиций следовало бы говорить о спонтанном фоне эволюции, обусловливаемом эндогенными факторами как об «эндогенной эволюции», а об эволюции, идущей на основе экзогенного отбора – как о «экзогенной». Очевидно, что скорость последней существенно превышает скорость первой, хотя в действительности имеет место сочетание двух видов эволюционно значимых видов отбора.

Палеонтологические данные позволяют говорить о смене типов эволюционных механизмов. Особое внимание в этой связи следует уделить так называемой взрывной эволюции (ВЭ), под которой понимают резкое увеличение скорости изменения отдельных органов или структур (вплоть до молекулярных, включая гены) у представителей данного таксона в ряду поколений либо образования новых видов, родов, семейств и других систематических групп. Развиваемые нами представления об эндогенной и экзогенной эволюции позволяют существенно прояснить возможный механизм ВЭ.

Ранее для объяснения высоких темпов эволюции Дж. Симпсоном была предложена концепция квантовой эволюции, в соответствии с которой исходная группа организмов в условиях резкого изменения параметров среды обитания утрачивает приспособленность к своей прежней адаптивной зоне и затем либо быстро преодолевает свое нестабильное состояние, развивая комплекс приспособлений к новой (изменившейся) адаптивной зоне, либо вымирает (Симпсон, 1948). В связи с тем, что палеонтологические данные, свидетельствующие о квантовой эволюции, достаточно немногочисленны, концепция квантовой эволюции подвергается критике многими учеными, которые считают более вероятным

постепенное освоение новой среды обитания (с использованием промежуточных типов местообитаний) при соответствующем образе жизни. Такая концепция постепенной эволюции получила название градуалистической. В начале 70-х гг. XX века была создана новая, пунктуалистская (скачкообразная) схема видообразования – модель прерывистого равновесия, в соответствии с которой эволюция, по крайней мере, в типичных случаях, идет не непрерывно, а своего рода скачками, сменяющимися длительными периодами равновесия. Для подтверждения своих взглядов пунктуалисты широко используют палеонтологические данные. Они особенно выделяют редкую встречаемость переходных форм между видами и часто отмечаемый факт морфологической стабильности видов на протяжении миллионов лет их существования (Раутиан, 1988).

Пунктуалисты допускают возможность постепенных эволюционных преобразований, но считают, что 95% всех случаев видообразования происходят на основе пунктуалистского принципа, т.е. скачкообразно. С учетом возможности механизма экзогенного отбора, который существенно ускоряет спонтанный (эндогенный) уровень эволюции, и с учетом постоянной и резкой смены условий обитания организмов, такая оценка пунктуалистов, с нашей точки зрения, является вполне правдоподобной.

В настоящее время пунктуализм подвергается критике. При этом указывается на то, что в действительности пунктуализм встречается в эволюции не чаще, чем градуализм, а, скорее всего, даже реже. Во многих случаях исследователи отмечают также распространенность способов видообразования, промежуточных между градуалистическим и пунктуалистским. Кроме этого, высокие скорости эволюции нельзя считать несовместимыми с постепенной ступенчатой дивергенцией, в процессе которой генотип перестраивается постепенно. Возможность вариации скоростей морфологической эволюции подтверждается современными данными о непостоянстве скоростей молекулярной эволюции.

Среди интегративистских подходов к выяснению причин неравномерности темпов эволюции следует отнести воззрения М.М. Камшилова, который считал, что причины изменения темпов эволюции отдельных групп трудно объяснить, если искать их только в пределах самих групп. Напротив, они становятся очевидными в свете представлений о развитии биосферы, в ходе которого происходят преимущественно закономерные изменения абиотических и биотических факторов среды обитания каждой эволюционирующей группы, а, следовательно, и переоценка их приспособленности. Ведущую роль в процессе адаптации к изменившимся условиям играют взаимные отношения между группами организмов, т.е. биотические факторы.

С нашей точки зрения ведущую роль (значимость) среди внешних факторов, обуславливающих высокий темп эволюции играют именно биотические факторы, внутривидовой или межвидовой уровень влияния которых может измениться со скоростью существенно большей, чем соответствующий уровень абиотических факторов (Михеев, 2004).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Глазко В.И., Глазко Г.В.* Русско-англо-украинский толковый словарь по прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике. – Киев: КВІЦ, 2001. – 588 с.
2. *Иванов В.И., Лысцов В.Н.* Основы микродозиметрии. – М.: Атомиздат, 1979. – 192 с.
3. *Камшилов М.М.* Эволюция биосферы. М.: Наука, 1979. – 256 с.
4. *Майр Э.* Популяции, виды и эволюция. – М.: Мир, 1974. – 460 с.
5. *Малецкий С.И.* Введение в популяционную биологию и генетику растений. – Новосибирск: ИГиГ СО РАН, 1995. – 155 с.
6. *Михеев А.Н.* Системные характеристики филогенетических факторов и объектов. – В кн.: Фактори експериментальної еволюції організмів: Зб. наук. пр., т. 2. – К.: КВІЦ, 2004. – С. 37–41.
7. *Раутиан А.С.* Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. – В кн.: Современная палеонтология: В 2-х томах. Т. 2. – М.: Недра, 1988 – 383 с.
8. *Симпсон Дж.Г.* Темпы и формы эволюции. – М.: 1948.
9. *Billen D.* Spontaneous DNA damage and its significance for the «Negligible Dose» controversy in radiation protection // BELLE, 1994, v. 3, № 1.

5. О СООТНОШЕНИИ СЕЛЕКТОГЕНЕТИЧЕСКИХ И НОМОГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ФИЛОГЕНЕЗА

(Опубликовано в «Фактории експериментальної еволюції організмів», сб. наук. праць, т. 4, Київ: Логос, 2008. – с. 24-28)

Рассмотрено соотношение селектогенетических и номогенетических механизмов эволюции. С использованием аналоговой модели эволюционного процесса показано существование преформистского и эпигенетического компонентов экзогенных и эндогенных факторов эволюции. Высказаны предположения о возможном механизме наследования «благоприобретенных признаков».

При исследовании биологических процессов исследователи стараются использовать максимально простые «модельные объекты». Примером успешности применения такого подхода является использование плодовой мушки и арабидопсиса в генетических исследованиях, кишечной палочки в радиобиологическом эксперименте и др. Очевидно, что «модельный объект» не обязательно должен иметь биологическую природу. Достаточно чтобы он соответствовал принципам и методам построения аналоговых моделей, особенностью которых является приемлемый уровень изоморфности с моделируемым объектом, что, в свою очередь, обеспечивает эвристичность таких моделей. Технологические процессы также могут быть аналогом процессов биологических и, в частности, эволюционных. Поскольку феноменологическим проявлением эволюции биологических систем является преобразование их структурно-функциональных параметров, то представляется возможным использовать в качестве ее модели технологию штамповки, которая имеет много общих формальных признаков с процессом эволюционных преобразований. По нашему мнению это поможет приблизиться к решению одной из самых важных проблем теории эволюции – определению соотношения селектогенетических и номогенетических механизмов.

В рассматриваемой технологии всегда присутствует преобразуемая заготовка-объект (ЗО) и форма-штамп (ФС), действующая на заготовку и имеющая определенные физические характеристики. Вероятно, что аналогом ФС является комплекс эволюционных факторов, придающих биологическому объекту определенные структурно-функциональные характеристики, оптимизируя его взаимодействия с окружающей средой и, фактически, минимизируя взаимодействие («сопротивление») биологического объекта с действующими факторами окружающей среды. Таким образом, заготовка в этом случае является аналогом

эволюционирующего объекта, а ФШ – субстратным (вещественным) носителем своеобразного «плана строительства» биологического объекта, фактически «цели», к которой он «свободно» стремится. Вместе они (заготовка-объект и форма-штамп-план-цель) образуют систему, способную, подобно любой другой системе «работать», т.е. эволюционировать. Каким же образом «работает» такая система? Вернемся снова к модели. На заготовку оказывает необходимое давление («доза» эволюциогенного фактора) форма-штамп, которая выступает одновременно как внешний (экзогенный) фактор «изменчивости» ЗО и фактор отбора, поскольку, во-первых, он (ФШ) изменяет исходные характеристики ЗО, а, во-вторых, ФШ может разрушить («убить») ЗО. Фактически, наблюдается «селектогенетический» эффект «деятельности» ФШ (как аналога отдельного или целого комплекса эволюциогенных факторов). И не просто селектогенетический, а его экзогенный компонент, который дополняется эндогенным («собственным») компонентом, сформировавшимся на этапе предыстории ЗО. Разумеется, в этой ситуации следует также учитывать экзогенный («принадлежащий» ФШ) и эндогенный («принадлежащий» ЗО) «номогенетический» аспекты «деятельности» такой системы. Например, комплекс факторов («ФШ») может просто «загонять» биологический объект («ЗО») в экологическую нишу, или же сам может быть достаточно сложным, чтобы преобразовывать биологические объекты, как это бывает в случае участия в эволюционном процессе собственно биологических факторов. Предшествующие характеристики ФШ, параметры которого существенны для данной технологии, и которые, в конечном счете, приобретает («отражает» в себе) ЗО и есть тот внутренний компонент номогенетического, направляющего фактора преобразования системы «ФШ – ЗО» в «лице» ЗО под влиянием внешнего ФШ-фактора.

В любой биологической системе, образующие ее элементы, можно разделить на «элементы-формы» и «элементы-заготовки», т.е. на элементы направляющие (осуществляющие номогенетический процесс) и элементы направляемые, различие между которыми, разумеется, не абсолютное. При этом форма заготовки, которую в конечном итоге она приобретает, не обязательно должна соответствовать форме пресса. Так, например, в случае литья под давлением заготовка (металл) приобретает форму абсолютно не связанную с формой устройства, обеспечивающего лишь давление на расплавленный металл в определенном направлении. Иначе говоря, факторы-системы и элементы объекта-системы обладают как селектогенетическими, так и номогенетическими свойствами. Предшествующую форму (в общем случае исходные условия, состояние элементов объекта, их свойства) можно рассматривать с точки зрения своеобразного плана, проекта (квазиплана), который при

определенных внешних и внутренних условиях может реализоваться (актуализироваться) в виде соответственно преобразованного элемента-«заготовки».

Следует различать две «эволюциогенные» причины-факторы: во-первых, внешнюю причину-фактор с различными в разных случаях соотношениями селектогенетических (хаотически возникающих позитивных и негативных) и номогенетических (направленных позитивных и негативных) потенций и, во-вторых, внутреннюю причину-фактор с таким же различным в разных случаях соотношением селектогенетических и номогенетических потенций (от практического хаоса через квазиплан до собственно плана). Первая (внешняя) причина способствует не только реализации внутренних потенций (возможностей) системы, на которую она действует, но и оказывает определенное эмерджентное (новообразующее) действие, меняя параметры формы объекта. Другими словами, ФШ «может» изменить параметры предшествующей формы в объекте (ЗО) или даже создать ее, т.е. оставить «отпечаток», который может выступать в роли новой формы. Вторая, внутренняя причина (при рассмотрении ее номогенетического, преформистского компонента) канализирует, направляет действие внешнего фактора-причины, обеспечивая его «подвод» к соответствующей части объекта. Внешний фактор (внешняя причина) при этом «находит» специфическую (критическую), соответствующую точку приложения в объекте и «придает» ему ту форму, на которую он (объект) потенциально способен. В этом можно было бы усмотреть некое подобие целесообразности поведения объекта (системы-объекта – СО), поскольку его преобразование как бы «предначертаны» (заданы, предопределены) собственными свойствами. Однако, поскольку без внешнего фактора (системы фактора – СФ) эта реализация невозможна, то следует говорить лишь о квазичеселесообразности.

Чем менее организованы внешние факторы (например, ионизирующая радиация, химические мутагены и т.п. по сравнению с биологическими), тем в меньшей степени они способны оказывать формообразующее действие на СО. Для таких факторов остается главным образом лишь функция разрушения. В лучшем случае они выполняют роль «шлифовальщиков» предшествующих форм СО (например, мутагенез под действием физических и/или химических факторов) или некоего подобия спусковых крючков (триггеров), освобождающих потоки вещества, энергии и информации в СО, «протекающих» по предсуществующим формам. Для биологических факторов следует отметить наличие у них более выраженной способности к «штамповочной» роли, т.е. к передаче определенной информации СО.

В общем случае внешние факторы могут изменить количество элементов СО, их качество и отношения между ними, но при этом характер этих изменений будет зависеть и от самой СО, число возможных состояний которой (в рамках ее индивидуальности) не бесконечно (Урманцев, 1988). Что касается внутренних факторов, то они представляют собой, фактически, все характеристики СО, включая ее способность реализовывать закономерные и случайно возникшие программы изменений (роста, развития, перемещения в пространстве и т.д.). Давление внешних факторов изменяет программы и квазипрограммы СО, делая их более или менее адаптированными к действующему фактору, который в данном случае выступает и в роли фактора отбора. Направленность изменений СО определяется предсущствующим набором программ (квазипрограмм, свойств, параметров) системы.

Рассмотрим конкретный пример, который часто приводится в литературе по теории эволюции – происхождение рыбки-брызгуна. Что здесь могло выступать в роли «пресса», давящего на «бедного» предка этого вида, еще не научившегося прицельно плевать в надводных насекомых? Иначе говоря, какой фактор преобразовал первоначальную морфофункциональную организацию далекого предка метко плюющей рыбки? Допустим, это был биологический фактор в виде добычи-корма, плавающей на поверхности воды. Этот фактор «вынуждал» определенную часть популяции (наиболее «удачливую») к рефлекторной деятельности в виде хватательно-глотательного рефлекса. Со временем действие фактора постепенно ужесточалось, т.е. становилось все труднее добывать насекомых, большая часть которых находилась над водой. Если бы уровень фактора оставался постоянным, то срабатывала бы обычная рефлекторная схема. Постепенно фенотипически (поведенчески, и не обязательно генетически) приспособленные особи начинают доминировать. Происходит это на первых порах путем подражания, т.е. миметического процесса (Докинз, 1993). Таким способом формируется новый стереотип поведения, подкрепленный в определенной степени морфофункциональными онтогенетическими «приобретениями». Однако, рано или поздно эти «приобретения» закрепляются генетически, поскольку физиолого-биохимическая активность в соответствующих тканях, обусловленная репрессией/дерепрессией соответствующих генов, в определенной степени сказывается на эпигенетической активности генеративных тканей. В свою очередь, повышенная активность «нужных» для данного вида деятельности генетических локусов делает их более мутабельными, что обеспечивает определенную степень направленности мутагенного процесса и, в конечном счете, позволяет генетически «закрепить» (ассимилировать) «благоприобретенные»

признаки и навыки (Чайковский, 1990). В чем здесь проявилась «направленность» эволюции? Внешний фактор не задавал содержание преобразований. Он лишь «позволял» (создавал условия) для имманентного (внутреннего) процесса преобразования системы, которая была поставлена в условия, вынуждающие ее меняться. Однако меняться не вообще, а лишь в том направлении, в котором она могла измениться в силу своих внутренних «обстоятельств» (свойств, параметров и т.п.).

Система не «стремится» эволюционировать, не стремится реализовывать свои «задумки». К этому ее вынуждают внешние обстоятельства (или внутренние в виде «свободной» эволюции, являющейся результатом суперпозиции предшествующих влияний). Даже если эволюция системы выглядит как «внешне беспричинная», то следует при этом иметь ввиду наличие определенной инерционности в реагировании систем на внешнее воздействие. Так, даже когда действие внешнего фактора закончилось, система продолжает, например, двигаться («реагировать»), создавая впечатление «свободно двигающейся» (свободно эволюционирующей) системы.

В отношении онтогенеза можно сказать нечто аналогичное. Внешние факторы (свет, температура, вода и др.) загоняют биосубстраты (составляющие, элементы биосистемы) в формы, которые «лепят» геном, выступающий в роли главного «преформиста». Эпигенетический компонент развития появляется (или проявляется) за счет того, что в процессе «лепки» геномом форм последние способны объединяться («самособираться», интегрироваться), образуя новые формы, «непредусмотренные» напрямую (непосредственно) геномом. Эти новые формы способны повлиять на работу самого генома, изменяя спектр его активности, т.е. формируя новый эпигенотип.

Все вышесказанное позволяет сделать метавывод о том, что в процессе онтогенеза идет формирование программ от генотипа до программ фенотипа, а в процессе филогенеза фенотипические (социальные, поведенческие, когнитивные, физиолого-биохимические и т.д.) программы, в конечном счете, закрепляются генетически, т.е. движение программ (по сравнению с онтогенезом) идет в обратную сторону – от фенотипических к генотипическим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докинз Р. Эгоистичный ген. – М.: Мир, 1993. – 318 с.
2. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы // Система. Симметрия. Гармония; Под ред. В.С. Тюхтина, Ю.А.Урманцева. – М.: Мысль, 1988. – С. 38–130.

3. *Чайковский Ю.В.* Элементы эволюционной диатроники. – М.: Наука, 1990. – 272 с.

6. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

(Опубликовано В сб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції. Т. 6: Присвяч. 200-річчю від народж. Чарльза Роберта Дарвіна, 125-річчю від народж. І.І. Шмальгаузена. – К.: Логос, 2009. – с. 69-75)

Показана связь информационной емкости генома эукариот с потенциалом эпигенетической изменчивости. Прогрессивная эволюция генома обусловлена необходимостью увеличения информационной емкости генома и совершенствования генетических систем надежности для обеспечения устойчивой работы увеличивающегося в размерах генетического аппарата прокариотических организмов.

Первым прямым экспериментальным доказательством генетической детерминации радиорезистентности (ГДР) стало получение мутаций *E. coli*, приводящих к изменению радиоустойчивости. Из УФ-облученной взвеси клеток была выделена мутантная форма В/г, которая по уровню радиорезистентности (РР) значительно превосходила исходный штамм. Для эукариотов в настоящее время известно несколько десятков генов, влияющих на РР, многие из них картированы. При этом показано, что по геному они расположены случайно, не образуя кластеров, т.е. для них характерна хромосомная нелокализованность. Кроме этого, система ГДР обладает рядом других свойств: полигенность, рецессивность (преимущественно), неспецифичность. Несомненно, что прогрессивная эволюция не могла происходить без совершенствования систем, обеспечивающих устойчивость генома вообще и к радиационному воздействию в частности. В этой связи, нас, прежде всего, интересовал филогенетический аспект РР, поэтому крайне важно проведение исследований по сравнительной РР биологических объектов, стоящих на разных ступенях филогенетического развития и различающихся по структурно-функциональной организации. Такого рода исследования имеют достаточно богатую историю и их результаты выразились в ряде попыток создания концепции радиотаксонов.

Диапазон варьирования РР, определяемый, например, по ЛД₅₀ достаточно широк - от нескольких Гр (млекопитающие) до нескольких тысяч Гр (бактерии, вирусы, лишайники), т.е. в пределах четырех порядков. В 1961 г. М. Терзи (по Окада, 1974) впервые попытался установить зависимость между РР и структурной

организацией генома 32 видов организмов, используя эффективность инактивации генома в качестве показателя PP:

$$E = 3,7 \cdot 10^{11} D/N,$$

где: E - эффективность инактивации;

D - доза облучения, Р;

N - молекулярная масса генома, дальтон.

В результате анализа было выделено 4 группы организмов существенно различающихся по E: 1) ($E_{cp} = 0,64$) однопочечные РНК- и ДНК-содержащие вирусы; 2) ($E_{cp} = 0,62 \cdot 10^{-1}$) двупочечные вирусы; 3) ($E_{cp} = 1,23 \cdot 10^{-2}$) бактерии (за исключением *Haemophilus influenzae*, попавшей во вторую группу) и гаплоидные дрожжи; 4) ($E_{cp} = 0,69 \cdot 10^{-3}$) клетки млекопитающих, а также ди- и полиплоидные дрожжи. По мнению М. Терзи различие в эффективности инактивации выделенных групп организмов могли быть обусловлены различиями в структурной организации их генетических систем.

Дальнейшее развитие данное направление получило в работе Г. Каплана и Л. Мозеса (1964) (обративших внимание на значимую корреляцию между PP и содержанием нуклеиновых кислот, и особенно в работах А. Sparrow с соавт. (Sparrow et al., 1967). Исследуя зависимость PP (определяемую по D_0) от объема интерфазного ядра, А. Спэрроу разделил выборку из 79 организмов на восемь групп, названных им радиотаксонами, в пределах которых корреляция между D_0 и объемом интерфазного ядра составляла 0,85-0,99. Однако при этом в один и тот же радиотаксон попадали организмы, принципиально различающиеся по структурной организации генома. Например, одни вирусы, бактерии и дрожжи попали в радиотаксон 4, а другие бактерии, дрожжи и клетки млекопитающих – в радиотаксон 5. Напротив, сходные по генетической организации формы зачастую оказывались в разных радиотаксонах. Так, разные штаммы бактерии *E. coli* попали одновременно в четыре радиотаксона - с 4-го по 7-й включительно. На основании полученных результатов А. Спэрроу был вынужден прийти к заключению, что радиационная таксономия не имеет никакого отношения к биологической классификации видов и не отражает их филогенетических связей.

Разумеется, при всей очевидности связи PP с таксономическим положением организма, исследователям трудно было согласиться со столь категоричным выводом А. Спэрроу и исследования продолжались в направлении поиска более адекватной оценки радиоустойчивости организмов.

М.И. Шальнов (1977) выделил шесть радиотаксонов (по корреляции D_0 с размером генома), каждому из которых соответствовала своя регрессионная кривая с соответствующим коэффициентом K_i , имеющим размерность радиационно-химического выхода. М.И. Шальнов также обратил внимание на тот факт, что

вместе с усложнением структуры генома в процессе прогрессивного филогенетического развития уменьшается радиационно-химический выход реакций, приводящих к репродуктивной гибели клетки, т.е. увеличивается надежность генетических систем. Увеличение РР при переходе от таксона к таксону вследствие усовершенствования механизмов репарации ДНК можно было охарактеризовать безразмерным множителем f_i при соответствующих каждому радиотаксону радиационно-химических выходах G_i , определяемых структурно-функциональной организацией генома. В соответствии с этим коэффициенты K_i шести регрессионных прямых, полученные в результате произведения сомножителей f_i и G_i , образуют по мнению М.И. Шальнова ступени адаптивной изменчивости генома в направлении увеличения радиорезистентности. Предложенный М.И. Шальновым подход позволил ему оценить вклад, который вносят в общую резистентность генома изменение его структурно-функциональной организации и совершенствование процессов ферментативной репарации. Так, по мнению М.И. Шальнова, в ходе филогенеза РР генома вследствие изменения структурно-функциональной организации выросла в 100 раз и в результате совершенствования систем ферментативной репарации - также в 100 раз (и того – в 10^4 раз).

Развивая идеи М.И. Шальнова, В.И. Корогодин (1982) ввел понятие «надежность генома» и проанализировал с точки зрения надежности геномов распределение организмов по радиотаксонам. В качестве меры надежности генома В.И. Корогодин предложил использовать величину, равную количеству энергии излучения, поглощение которой в ДНК необходимо и достаточно для появления одного элементарного повреждения. В качестве оценки надежности генома было использовано произведение D_0C , где D_0 - доза облучения при которой в каждой клетке в среднем возникает по одному летальному повреждению, а C - количество ДНК в геноме. Если D_0 выразить в Гр (греях), а C - в нуклеотидах, то надежность генома (K) равняется:

$$K = 3,31 \cdot 10^{-6} D_0C \text{ (эВ)}.$$

Введение этого соотношения позволило В.И. Корогодину ответить на вопрос о связи надежности генома и его размера. Если бы K оставалась постоянной в течение всего времени филогенетических процессов, то за увеличение размера генома (а это неизбежный процесс, обеспечивающий прогрессивную эволюцию), который колеблется в пределах 8 порядков (от $1,3 \cdot 10^3$ пар нуклеотидов у вируса сателлита некроза табака до $2,3 \cdot 10^{11}$ п.н. у *Tradescantia virginiana*) живые организмы должны были бы «расплавиваться» пропорциональным увеличением радиочувствительности (РЧ). Однако данные радиобиологических экспериментов свидетельствуют

о том, что различия в РЧ биообъектов значительно меньше, чем это можно было бы ожидать, и составляют меньше пяти порядков.

В.И. Корогодин выделил не шесть, а четыре радиотаксона, объединив 4-й и 5-й в один и отбросил 6-й из-за нерепрезентативности информации. Распределение биологических объектов по радиотаксонам хорошо соответствовало их распределению по уровням структурной организации генетических систем. Совокупность организмов, имеющих одинаковый уровень структурной организации генома В.И. Корогодина предложил назвать кариотаксоном. По мнению В.И. Корогодина надежность генома организмов первых трех кариотаксонов обусловлена в основном физико-химическими факторами - переходом от одонитевого строения нуклеиновых кислот (кариотаксон 1) к двунитевому (кариотаксон 2), а затем к ДНК-белковому комплексу гаплоидного генома (кариотаксон 3). Резкое повышение надежности генома организмов 4-го кариотаксона обусловлено появлением механизма «диплоид-специфической» репарации. Однако, как считают Б.И. Сарапульцев и С.А. Гераськин (1993) данные о надежности полихромосомных геномов эукариот не требуют для своей интерпретации привлечения дополнительных гипотез о существовании у эукариот каких-либо особых способов повышения надежности элементарного генома. В частности, число репарируемых двойных разрывов на хромосому эукариотической клетки не превышает их количества, успешно репарируемого прокариотическими геномами. Упомянутые авторы считают, что филогенетическое развитие систем надежности элементарного генома, вероятно, полностью завершилось в рамках прокариотического генома, а высокая надежность генома эукариотических клеток обусловлена главным образом переходом к полихромосомной организации хранения генетической информации и эффектом полиплоидной защиты.

Иерархия радиотаксонов непосредственно отражает основные этапы структурной реорганизации генома в ходе прогрессивного филогенетического процесса от «голых» одно- и двуцепочечных молекул нуклеиновых кислот вирусного типа до организованных в нуклеоид и истинное ядро геномных молекул про- и эукариот. Последнее обстоятельство однозначно свидетельствует об общебиологической значимости радиотаксономии и позволяет поставить вопрос о биологическом смысле феномена радиационной устойчивости организмов.

Таким образом, радиотаксономические исследования, оставаясь в рамках радиобиологических, были достаточно плодотворными и привели к установлению связи между либо таксономическим положением и радиорезистентностью (РР), либо между физическим

размером интерфазного ядра и РР (кариотаксоны). Некоторое время казалось, что эти исследования и соответствующие результаты имеют значение лишь для радиобиологии. Однако, определенная парадоксальность этих результатов, а именно факт низкой РР эукариотических организмов по сравнению с РР прокариотических организмов вынуждал радиобиологов искать решения этой проблемы, применяя молекулярно-генетические и филогенетические и методы подходы.

Фактически, радиобиологи столкнулись со вторым по степени важности радиобиологическим парадоксом, разрешение которого может иметь не только общерадиобиологическое, но и общебиологическое значение.

В связи с необходимостью разрешения указанного парадокса трудно переоценить исследования М.И. Шальнова, установившего, что параллельно филогенетически обусловленному структурно-функциональному усложнению генома шло уменьшение радиационно-химического выхода повреждений молекул нуклеиновых кислот, приводящих к инаktivации облучаемого объекта. Не вдаваясь в суть механизмов, обеспечивающих уменьшение выхода повреждений (рекомбинация, ферментативная репарация, «шуба» из гистоновых белков), следует констатировать повышение надежности генетических систем в процессе прогрессивного филогенетического развития биологических систем.

От мысли об адаптивном значении высокого уровня надежности генома эукариотических организмов по отношению к действию фактора ионизирующей радиации пришлось отказаться, т.к. с момента зарождения жизни радиационный фактор варьировал максимум в пределах трех порядков и не мог обусловить разницу в РР некоторых представителей прокариотических и эукариотических организмов на четыре порядка. Не могла быть РР и следствием выработанной неспецифической устойчивости, поскольку существует также обратная зависимость между филогенетической «продвинутостью» видов и их устойчивостью к действию других экстремальных факторов. Объясняется такая закономерность тем, что прогрессивная направленность развития жизни на Земле, которая до сих пор была преобладающим направлением, приводила, преимущественно, к возникновению приспособлений, способствующих изоляции биологических объектов от действия экстремальных факторов среды (включая биотические факторы) или выработке средств, позволяющих избегать опасных средовых факторов. Иначе говоря, выработка приспособлений шла не по пути приобретения «дубовой» резистентности, а по пути приобретения высокоорганизованных поведенческих реакций (у растений, в частности, – разделение

онтогенеза на активно функционирующие и пассивно переживающие неблагоприятные периоды фазы).

Таким образом, остается предположить, что надежность генома, вычисляемая, в общем виде, как произведение D_0 на объем генома (см. выше), выраженный числом нуклеотидов, характеризует, прежде всего, его способность надежно функционировать в нормальных условиях, а не радиорезистентность. Фактор спонтанной деградации молекул нуклеиновых кислот (следствие термодинамической неустойчивости молекулы ДНК, влияния активных форм кислорода, а также следствие ошибочности процессов репарации и репликации ДНК), сам по себе, является достаточно значимым, чтобы выступить в роли фактора филогенетической адаптации. Действительно, по надежности генома большинство эукариотических организмов намного превосходит таковую организмов прокариотических. Такое превосходство обеспечивается целой иерархической системой средств обеспечения надежности генома.

Как в процессе прогрессивного филогенеза могла возникнуть целая иерархическая система, обеспечивающая надежность генома (которая, в свою очередь, как раз и обеспечила возможность прогрессивного развития)? И, вообще, что такое прогрессивный филогенетический процесс? И почему в настоящее время в биосфере сосуществуют организмы, столь сильно различающиеся между собой сложностью генетического аппарата и, соответственно, надежностью его функционирования?

Здесь, фактически, имеет место обращение (трансформация) 2-го радиобиологического парадокса. Так, если вначале казалось непонятным существование эукариотических организмов с их сравнительно низкой радиорезистентностью, то теперь неясным становится существование прокариотических организмов с их сравнительно невысоким уровнем надежности генома и его низкой информационной емкостью.

В большинстве случаев прокариотические организмы обладают высокой РР, которая в гораздо большей степени, чем у эукариотических организмов, коррелирует с высокой устойчивостью к действию других внешних экстремальных факторов физической и (или) химической природы. Минимальная способность прокариотических организмов поддерживать постоянно внутренней (внутриклеточной) среды обусловлена сравнительной примитивностью их генетического аппарата, которая, в свою очередь, обуславливает высокую устойчивость к разрушающему действию факторов внешней среды. Своеобразной «платой» за высокую и неспецифическую (универсальную) устойчивость прокариотических организмов является их неспособность поддерживать свою

генетическую индивидуальность, свидетельством чего может служить высокий уровень их генетической изменчивости.

Фактически, прокариотические организмы использовали один из двух возможных путей обеспечения приспособленности к внешней среде – путь повышения устойчивости генома за счет уменьшения его физических размеров и, следовательно, уровня организованности (сложности). В противоположность этому, эукариотические организмы в процессе прогрессивного филогенетического развития использовали другую возможность - автономизацию (или избегание) от факторов внешней среды посредством приобретения сложно организованного генетического аппарата (с участием белков, которые не обладали высокой термоустойчивостью), обеспечивающего сложное поведение в разнообразных средах. Поскольку для сложного поведения необходим большой объем памяти, то необходимым условием функционирования геномов эукариотов является их высокая надежность, что достигается благодаря дублированию генетической информации и мозаичности ее расположения по негомологичным хромосомам, а также благодаря существованию систем рекомбинации и репарации. Последние два из перечисленных механизмов «унаследованы» от прокариотических организмов и составляют репарационный «фундамент» всей системы, обеспечивающей надежность функционирования генома (хранение, переработка и передача генетической информации) и на этой основе – фенома.

В конечном итоге, высокая информационная емкость генома эукариот обеспечивает широкую возможность для эпигенетической изменчивости (дифференцировки) клеток, которые, специализируясь, составили, вероятно, основу для возникновения многоклеточных организмов, а впоследствии – многоклеточных организмов. Направление же филогенетического процесса изменения генома обусловлено не только и не столько адаптивной изменчивостью и отбором форм, обладающих неспецифической РР, сколько тенденцией к увеличению информационной емкости генома и связанной с этим процессом совершенствования генетических систем надежности для обеспечения устойчивой (точной) работы увеличивающегося в размерах генетического аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корогодин В.И.* Радиотаксоны и надежность генома // Радиобиология, 1982, т. 22, в. 2, с. 147-154.
2. *Окада Ш.* Радиационная биохимия клетки. – М.: Мир, 1974. – 408 с.
3. *Сарапульцев Б.И., Гераськин С.И.* Генетические основы радиорезистентности и эволюция – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 209 с.

4. *Шальнов М.И.* Ферментативная репарация ДНК и эволюция генома // Радиобиология, 1977, т. 17, в. 5, с. 652-651.

5. *Sparrow A., Underbrink A., Sparrow R.* Chromosomes and cellular radiosensitivity. The relationship of D0 to chromosome volume and complexity in 79 different organisms // Rad. Res., 1967, v. 32, № 2, p. 101-132.

7. МОЖЕТ ЛИ ФАКТОР ГЕНЕТИЧЕСКОЙ И/ИЛИ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ БЫТЬ ОДНОВРЕМЕННО ФАКТОРОМ ОТБОРА ИЗМЕНЕННЫХ ИМ ФОРМ?

(Опубликовано в сб. научных праць «Фактори експериментальної еволюції організмів», т. 8., Київ: Логос, 2010. – с. 56-61)

Рассмотрена проблема эволюционной значимости экзогенных стресс-факторов с точки зрения их качественных и количественных характеристик. Показано, что только факторы, вызывающие детерминированные эффекты, способны стимулировать исходную генетическую и эпигенетическую изменчивость, а также выполнять функцию отбора. Гормезисные дозы стрессоров способны выводить популяцию из-под влияния стабилизирующего отбора.

Представляется возможным для решения проблем эволюционистики (филогенетики) использовать хорошо разработанный терминологический аппарат радиобиологии, как одной из самых формализованных наук из множества наук, представляющих стресс-биологию (см. также статью «СИСТЕМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ОБЪЕКТОВ» в этом сборнике). Одним из направлений такого заимствования является подробное рассмотрение эволюционных (эволюциогенных) факторов с точки зрения их характеристик. К сожалению, собственно в эволюционной теории этому вопросу уделяется недостаточно внимания, а если и рассматривается роль разнообразных факторов в эволюции, то лишь с качественной точки зрения (см., например, Грант, 1991). Количественные же характеристики факторов, режимы их влияния, возможности их сочетанных эффектов остаются, как правило, без внимания. Примером этому может быть очень обстоятельная работа А.А. Меркеля (2008), в которой рассматривается возможная эволюционная роль стресса, но делается это без учета доз действующих стрессоров (стресс-дозиметрии) и разнокачественности возможных стрессовых состояний – стресса или дистресса (Селье, 1979).

При всей очевидной роли стрессирующих факторов в эволюционных преобразованиях, остается невыясненными возможности сочетания в них свойств как факторов изменчивости (генетической и эпигенетической), так и факторов отбора форм с адаптивными признаками.

В этой связи особый интерес представляет фактор ионизирующей радиации (ИР), который, во-первых в эксперименте легко дозируется, во-вторых, его применение способно смоделировать

целый комплекс экзогенно и эндогенно действующих факторов и, в-третьих, для данного фактора хорошо разработан понятийный аппарат.

Рассматривая действие ИР на биологические объекты, в радиобиологии выделяют детерминированные и стохастические эффекты (соответственно ДЭ и СЭ) (Ярмоненко, Вайнсон, 2004). Для первого типа эффектов характерна зависимость степени их проявления от поглощенной дозы (например, острая лучевая болезнь, радиационная катаракта, радиационная эритема и др.) Кроме этого для ДЭ характерно наличие дозового порога, что означает не проявление (до определенного уровня дозовых нагрузок), прежде всего, соматических эффектов, т.е. реакций фенотипа. ДЭ можно рассматривать и как эпигенетические, поскольку их проявление не обусловлено изменением первичной структуры ДНК, а является результатом модификации (в данном случае радиационной) генетической активности на уровне ее регуляции (Epigenetic Mechanisms of Gene Regulation, 1996).

Наличие порога доз в индукции ДЭ не исключает одновременного преодоления порога устойчивости (хотя наличие такого порога признается не всеми радиобиологами) по параметрам СЭ, т.е. таких, степень проявления которых не зависит от дозы. От последней зависит лишь их частота – цитогенетических реакций в виде летальных и/или нелетальных мутаций, канцерогенных и генетических эффектов. Так, подпороговые дозы для острой лучевой человека (< 1 Гр) могут сопровождаться значимым изменением цитогенетических параметров, например, частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови и микроядер. Отметим, что дозовый порог детерминированных эффектов всегда выше, чем стохастических, но каким бы ни был малым порог последнего, он тоже может быть не преодолен. Разумеется, в данном случае речь о стохастических эффектах биологической природы.

Таким образом, в реальной ситуации действия какого-либо фактора на популяцию, возможны три типа непосредственного реагирования биологического объекта: 1.) отсутствие ДЭ и СЭ; 2) наличие СЭ; 3) наличие ДЭ и СЭ. Рассмотрим подробнее вторую и третью ситуации с точки зрения их значения в качестве источника возможного материала для эволюционных событий (преобразований).

Стохастические эффекты (токовые мутации и хромосомные aberrации, например) у многоклеточных организмов проявляются в соматических и половых клетках. Особенно часто такая ситуация наблюдается при действии ИР, способной равномерно «рассеивать» (по удельным показателям, например, на единицу массы) повреждения по тканям облученного организма. Однако, могут ли, например, нелетальные мутации в отдельных соматических клетках оказать значимое влияние на весь фенотип многоклеточного организма?

Могут ли относительно немногочисленные соматические клетки, мутантные, например, по генам, обеспечивающим фотосинтетическую функцию или репарационную активность, возникая с частотой 10^{-5} - 10^{-3} , значительно повлиять на ход биохимических и, как результат, физиологических процессов такого организма? Скорее всего, нет. Точно так же не проявят себя и летальные мутации (прежде всего, хромосомные aberrации) при подпороговых для детерминированных эффектов (например, ОЛБ) дозах, хотя они и будут обуславливать репродуктивную гибель части стволовых и/или активно пролиферирующих клеток. С ростом дозы ИР будет расти частота как летальных так и нелетальных мутаций, причем первые будут маскировать проявление вторых, мутации, обусловив, в конечном итоге, летальный (детерминированный) эффект на уровне организма.

Таким образом, необходимо говорить о роли нелетальных мутаций половых клеток и соматических клеток растений. Если с микроэволюционной ролью нелетальных мутаций половых клеток животных все более или менее ясно, то с клетками растений не все так просто.

У растений выделяют два вида соматических мутаций. Во-первых, это мутации, которые возникают в апикальной меристеме стебля («меристема ожидания»), в которой, фактически, находятся стволовые по своим функциям клетки, и которые способны проявиться фенотипически в благоприятных условиях (Равкин, 1991; Шилина и др., 2007). При этом, такого рода мутации передаются как вегетативному, так и семенному потомству, поскольку клетки стеблевой меристемы формируют не только вегетативные ткани стебля, но и флоральную меристему, дающую начало гаметам. В этом случае, эффект соматического мутагенеза может иметь эволюционное (микроэволюционное) значение. Во-вторых, мутации возникают в специализированных тканях с ограниченным ростом, в частности в зачаточных листьях. Фенотипическое проявление таких мутаций возможно только в год их появления в виде химеричности (когда в растении сосуществуют два или больше видов соматических клеток с различным генотипом), а закрепление мутантного признака в вегетативном потомстве (о закреплении в семенном потомстве, разумеется, говорить не приходится) возможно лишь при искусственном создании специальных способов размножения (например, через каллусогенез и последующий органогенез). Частным (хотя и наиболее частым) случаем химеричности является мозаичная химерность, при которой генетически разнородные клетки расположены в тканях хаотично.

Мутации в половых клетках теоретически и практически могут проявить себя в фенотипе потомков, что будет означать факт генетической (наследуемой) изменчивости, обусловленный фактором,

вызывающим непосредственно только стохастические эффекты. Однако «заметит» ли при этом сам по себе фактор (в рассматриваемых выше примере – определенные дозы ИР), вызывающий исключительно СЭ, новые фенотипы, независимо от их соматической или зародышевой предистории (происхождения)? Будут ли потомки адаптированы (радиоадаптированы) к нему больше, чем предки? И нужно ли вообще к такому фактору адаптироваться?

Поскольку сам по себе фактор не оказывает заметного детерминированного (фенотипического, физиологического и т.п.) влияния, то об адаптивном преимуществе таких особей к данному фактору (специфическая устойчивость) следует говорить лишь в будущем времени, когда уровень влияния фактора повысится до уровня, способного обуславливать детерминированные эффекты. Иначе говоря, следует говорить лишь о преадаптации некой субпопуляции, которая со временем элиминируется (или перестанет доминировать), если уровень фактора не повысится до уровня обуславливания детерминированных эффектов. При этом, впрочем, не исключена ситуация, когда фактор, вызывающий только стохастические эффекты, являясь фактором изменчивости, обеспечит адаптивные преимущества при действии другого по своей природе фактора. Например, химический фактор, не проявив себя как «детерминированный» фактор, в конечном итоге, может повысить устойчивость к какому-либо физическому фактору, например, ИР. И наоборот. Другими словами, факторы, вызывающие стохастические эффекты и обеспечивающие перекрестную (всерную) адаптацию, выступают в роли своеобразных факторов-«альтруистов», а факторы, обеспечивающие только специфическую приспособленность – факторов-«эгоистов». Вероятно, чем ниже уровень структурно-функциональной организации стресс-фактора, тем более он «эгоистичен» (например, факторы вирусной или бактериальной природы).

Исходя из сказанного, можно сделать заключение о том, что для многоклеточных организмов фактор, вызывающий у родителей только СЭ, не способен выступать в роли специфического и/или неспецифического фактора отбора.

Независимо от природы действующего фактора (но независимо от его дозы) производимые им детерминированные эффекты следует рассматривать и как эпигенетические, т.е. основанные преимущественно на изменении регуляторной активности генов вследствие, например, изменения паттерна метилирования ДНК (Михеев и др., 1999). В этом случае адаптирующее действие какого-либо фактора выражается в массовом переводе биологических объектов в состояние гиперадаптированности (сверхприспособленности) по фенотипическим признакам. Другими

словами, большинство организмов по своей резистентности превзойдет соответствующие показатели у неадаптированных особей. Если впоследствии тест-фактор (провокационный фактор) действует на «смесь» адаптированных и неадаптированных особей (на субпопуляции), то в буквальном смысле выживают преимущественно особи адаптированные, у которых может быть впоследствии (в последующем ряду поколений) произойти своеобразный генетический «импринтинг» (генетическая ассимиляция) состояния повышенной резистентности (в частном случае радиорезистентности) (Чайковский, 2008). Как бы там ни было, но в описываемом случае имеет место истинный отбор (Михеев, 2008). И хотя действие стресс-факторов может сопровождаться усиленным мутагенезом, но первично «отбираются» все же фенотипы, а не генотипы.

Какова может быть реальная ситуация (последствия) взаимодействия популяции со стресс-фактором с учетом режимов его влияния?

Во-первых, фактор может действовать хронически (постоянно), остро (кратковременно) и чередуя (комбинируя) хронические и острые режимы (см. табл.).

Т а б л и ц а

**Классификация типов действующих факторов, способных
вызвать «эволюциогенную» ситуацию**

Хронические (постоянно или длительно действующие)		Кратковременные («острые»)	
<u>Вызывающие ДЭ</u> (гормезис, ингибирование, летальное действие)	<u>Вызывающие СЭ</u> (снижающие или повышающие уровень спонтанных СЭ)	<u>Вызывающие ДЭ</u>	<u>Вызывающие СЭ</u>

Нетрудно заметить, насколько разнообразны (потенциально) «эволюциогенные» ситуации, создаваемые экзогенными факторами. Если же еще учесть разнообразие эндогенных ситуаций (исходная генетическая и эпигенетическая гетерогенность особей), то следует уже говорить об эволюциогенных сценариях.

Во-вторых, исходная популяция (популяция перед началом взаимодействия со стресс-фактором) является гетерогенной как по генетически обусловленным фенотипическим признакам, по признакам, обусловленным негенетическими (эпигенетическими, модификационными) различиями, и признакам, сочетающимися в себе генетические и модификационные признаки.

Таким образом, за «отобранными» вариантами «скрываются» как эпигенетически, так и генетически приспособленные особи. Разумеется, выживают также особи, сочетающие полезные модификационные признаки и признаки, обусловленные генетически. При этом возникает вопрос относительно того, у кого больше шансов с точки зрения эволюционной «продуктивности» («перспективности», «продвинутой», прогрессивности). Для того, чтобы ответить на этот вопрос необходимо количественно определить представленность тех или иных изменений. Если стрессор действовал однократно (остро), то, вероятно, эпигенетически измененных форм будет больше (чаще встречаются), но они могут оказаться «невостребованными» в дальнейшем. Впрочем, такая «судьба» может быть уготована и особям с полезными генетически закрепленными признаками, возникшими вследствие «принудительного» мутагенеза после действия стресс-фактора. Очевидно, что невостребованность определенного морфо-функционального типа связана с краткосрочностью действующего стресс-фактора. Ситуацию может спасти только последующее его влияние в режиме хронического действия и, естественно, при БОльших интенсивностях.

Фактор, обуславливающий изменчивость по типу ДЭ, может быть одновременно и фактором отбора, не «различая» при этом эпигенетически и генетически измененных форм. Когда же стресс-фактор вызывает (скорее всего, стимулирует, а не индуцирует, если учесть наличие спонтанного уровня стохастических событий в биологическом объекте) стохастические эффекты, то они с точки зрения возможности осуществления отбора полезных (жизнеспособных) форм могут проявиться лишь на «отбирающую (селектирующую) способность» другого фактора, «предъявляющего» свои запросы или требования к фенотипическим характеристикам особей (отбор слеп, он непосредственно не «видит» хорошего генома или и полезных мутаций в нем).

СЭ способен индуцировать/стимулировать любой фактор, но если этим только и ограничивается его влияние и он не вызывает фенотипических (детерминированных) реакций, то в роли тест-фактора, т.е. фактора отбора может выступать любой другой фактор. Фактически, особям первично не нужна «стохастическая» устойчивость (устойчивость генетических систем), им требуется устойчивость фенотипическая, поддерживаемая (закрепляемая) впоследствии возникающими генетическими факторами (механизмами). Последнее, в конечном счете, выражается в повышении и уровня надежности функционирования самого генома (Михеев, 2009).

Хотя мы и упоминали об адаптирующем действии стресс-факторов, все же вышеизложенное основывалось на явном или

неявном предположении об исключительно ингибирующем влиянии стресс-факторов. Если руководствоваться классификацией типов стрессов, предложенной Г. Селье (1979), то речь, фактически, шла о дистрессирующих эффектах (дистрессе). Эустрессирующие действие при этом не рассматривалось. А какова же роль гормезисных (фактически, эустрессирующих) доз стрессора с точки зрения возможностей реализации процедуры отбора? Если его ингибирующие (дистрессирующие) дозы «отбирают» наиболее приспособленных (а таковых гораздо больше среди эпигенетически измененных особей – во всяком случае, в условиях хронического действия стрессора), то какое влияние на популяцию способен оказать стрессор в гормезисной (эустрессирующей) дозе? Не исключено, что, обеспечивая благоприятные условия для организмов (собственно гормезисный эффект), такой фактор снимает давление стабилизирующего отбора (Шмальгаузен, 1968), создавая благоприятные условия для «наименее приспособленных», у которых, возможно, проявится повышенная генетическая и эпигенетическая изменчивость (Кунах, 2000). Таким образом, эволюцию можно представить как чередование процессов отбора «наиболее и наименее приспособленных» в зависимости от качественных и количественных характеристик стресс-факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Грант В.* Эволюционный процесс: Критический обзор эволюционной теории. – М.: Мир, 1991. – 488с.
2. *Кунах В.А.* Геномная изменчивость соматических клеток растения. 6. Изменчивость и отбор в процессе адаптации к условиям выращивания *in vitro*// Биополимеры и клетка. – 2000. – 16, № 3. – с. 159-185.
3. *Меркель А.Л.* Стресс и эволюция // Вестник ВОГиС, 2008, т. 12, № ½, с. 206-215.
4. *Михеев А.Н.* Молекулярно-генетические основы радиорезистентности и филогенетический процесс // В сб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції. Т. 6: Присвяч. 200-річчю від народж. Чарльза Роберта Дарвіна, 125-річчю від народж. І.І. Шмальгаузена. – К.: Логос, 2009. – 445 с. (с. 69-75).
5. *Михеев А.Н.* О соотношении селектогенетических и номогенетических механизмов филогенеза. – «Фактории експериментальної еволюції організмів», б. наук. Праць, т. 4, Київ: Логос, 2008. – 472 с. (с. 24-28).
6. *Михеев А.Н., Гуца Н.И., Малиновский Ю.Ю.* Эпигенетические реакции клеток на действие ионизирующей радиации // Радиационная биология. Радиоэкология., 1999, т. 39, в. 5, с. 548–556.
7. *Равкин А.С.* Действие ионизирующих излучений и химических мутагенов на вегетативно размножаемые растения. – М.: Наука, 1981. – 192 с.

8. *Селье Г.* Стресс без дистресса. – М.: Прогресс, 1979. – 122 с.
9. *Чайковский Ю.В.* Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 726 с.
10. *Шилина Ю.В., Михеев А.Н., Гуца Н.И., Овсянникова Л.Г., Дяченко А.И.* Адаптивное значение генетических и эпигенетических перестроек соматических клеток растений. – В кн.: Достижения і проблеми генетики, селекції та біотехнології, Збірник наукових праць, т. 2, Київ: Логос, 2007. – 212-217.
11. *Шмальгаузен И.И.* Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора). – М.: Наука, 1968. – 452 с.
12. *Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А.* Радиобиология человека и животных. – М.: Высш. шк., 2004. – 549 с.
13. *Epigenetic Mechanisms of Gene Regulation.* // Edited by V.E.A. Russo, R.A. Martienssen, A.D. Riggs. CSHL Press, NY, 1996, 692 P.

8. ИНЕРЦИОННОСТЬ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И ИХ ФАКТОРЫ

(Опубликовано в «Фактории експериментальної еволюції організмів», сб. наук. праць, т. 11, Київ: Логос, 2011. – с. 59-65)

Рассмотрены эволюционные факторы с точки зрения их возможных долговременных эффектов. Детерминация эволюционных преобразований происходит под влиянием внешних и внутренних факторов, каждый из которых может проявлять себя как закономерно, так и случайно. Наличие более или менее постепенного переходного процесса придает эволюционирующей системе свойство инерции и постепенности преобразований.

Явление эволюции биологических объектов связано с их долговременными преобразованиями, способных наследоваться в ряду поколений. Эволюция – это и собственно эволюция как проявление относительно медленных, количественных, необратимых изменений, и революция, как проявление относительно быстрых, качественных, необратимых изменений биологических, социальных, биотехнических и автоматических систем (Савинов, 2010). В общем случае, для эволюционных процессов необходимы как внешние, так и внутренние факторы. Несколько изменяя определение Н.Н. Иорданского (2001) причинами филогенеза, или эволюционными факторами, будем считать любые явления, вызывающие случайные и закономерные необратимые (наследуемые) изменения биологических систем, а механизмами филогенеза – способы действия и взаимодействия этих факторов. О системном подходе к описанию факторов эволюции, а также о ее возможных механизмах с позиций системологии мы писали ранее (см. Михеев, 2004; см. также в данном сборнике). В этой статье мы уделим основное внимание факторам с точки зрения их возможных долговременных (наследуемых) эффектов.

Развитие систем (изменение) вообще и биологических в частности является неизбежным при изменении внешних и внутренних условий их существования. Будем рассматривать такой процесс развития системы, при котором она не теряет своей индивидуальности, т.е. не дезинтегрируется на составляющие ее элементы. Непротиворечиво (и нетавтологично) понятие «развитие» определить невозможно, поскольку оно принадлежит к фундаментальным понятиям науки. Тем не менее, следует сказать, что его главным содержательным компонентом является представление, с одной стороны, о соотношении роли случайности и закономерности (направленности) в развитии, а, с другой – о соотношении внешних и внутренних факторов.

Каким образом, вернее, под влиянием чего происходят такого рода изменения? Во-первых, это происходит под влиянием внутренних (эндогенных) факторов, обуславливающих спонтанный мутагенез, кроссинговер, эпимутации, онтогенетические структурно-функциональные модификации и, во-вторых, под влиянием внешних (экзогенных) факторов, также обуславливающих сходные изменения по сходным механизмам. Действие указанных факторов складывается из элементов случайности (вероятностных, трудно прогнозируемых) и элементов необходимости (предсказуемости, направленности, канализованности, детерминированности). Другими словами, с позиций теории филогенеза детерминация эволюционных (вкуче с революционными) преобразований происходит под влиянием внешних и внутренних факторов, каждый из которых может проявлять себя как закономерно (однозначно, направленно), так и случайно (стохастично). Таким образом, следует говорить о возможных четырех слагаемых механизма изменчивости (одного из слагаемых эволюционного процесса), два из которых представлены внешними и внутренними случайными изменениями, а два – внешними и внутренними закономерными (см. табл. 1 и 2). В соответствии с приведенной классификацией должны рассматриваться и существующие эволюционные теории (гипотезы), ни одна из которых, взятая в отдельности, не описывает полностью эволюционного процесса. Например, селектогенез указывает на определяющую роль поиска биологическими системами («организмами») эволюционных решений методом проб и ошибок, т.е. на отбор адекватных вариантов, возникающих в результате неопределенной изменчивости, которой синтетическая теория эволюции (СТЭ) отводит доминирующую роль, но при этом не учитывается вклад внутренних факторов.

Таблица 1.

Классификация действия факторов, детерминирующих эволюционногенную изменчивость

Внешние влияния (проявление экзогенеза)		Внутренние влияния (проявление автогенеза)	
Случайные (селектогенез, СТЭ)	Закономерные (направленные) (ламаркизм, номогенез)	Случайные (селектогенез, СТЭ)	Закономерные (номогенез, лamarкизм)

Таблица 2.

Классификация типов влияния факторов по степени направленности их действия

Ненаправленное (случайное) влияние (селектогенез, СТЭ)	Направленное (закономерное) влияние (ортогенез)
--	---

Внешних факторов	Внутренних факторов	Внешних факторов	Внутренних факторов

Вероятно, в эволюции вклад указанных механизмов меняется в разных условиях, при действии разных по своей природе факторов, на разных уровнях их интеграции. В частности, возможно возрастание доли направленности (канализованности) по мере увеличения степени организованности действующего фактора.

Доля определенной (направленной) изменчивости может увеличиваться в экстремальных условиях (Михеев, 2004; Михеев, Гродзинский, 2007; см. также в данном сборнике). Не следует забывать и о том, что биологические системы способны к спонтанной («эндогенной») эволюции, при которой их генетическая адаптация, происходит к собственной, т.е. внутренней среде, в процессе и результате чего эволюционирующая система становится все более и более адекватной определенной экологической нише. Фактически, речь в данном случае идет о самоорганизационном аспекте эволюционного процесса, который парадоксальным образом недостаточно учитывается в эволюционистике. Другими словами, направленность эволюции биологических систем под влиянием эндогенных факторов следует рассматривать как своеобразное проявление их структурно-функциональной «самосборки».

Если говорить об эволюционных изменениях биологических объектов, то роль случайности более-менее освещена в селектогенетических представлениях (например, в классическом дарвинизме и СТЭ), роль же закономерности, при всей очевидности ее значения, учитывается недостаточно. Закономерность в развитии феноменологически проявляется в его преемственности (направленности, наследуемости, номогенетичности, ортогенетичности), т.е. в детерминированности внешними и/или внутренними факторами (Раутиан, 1988). С нашей точки зрения, понятия преемственность и наследственность являются синонимичными, и в дальнейшем мы их будем употреблять как равноценные.

Как сказано выше, случайными как, и закономерными могут быть не только внешние, но и внутренние факторы. Учет этого обстоятельства является очень важным при построении общей теории филогенеза, поскольку до сих пор случайные факторы преимущественно отождествлялись с внешними и не учитывался возможный внутренний источник случайных воздействий, которые особенно важны, например, в случае спонтанной нестабильности ДНК (Виленчик, 1987).

Благодаря преемственности ряд состояний системы связывается (объединяется) в единый процесс развития, в котором система, постоянно изменяясь, тем не менее, сохраняет свою индивидуальность. Количественные и качественные характеристики системы при этом хоть и меняются, но система остается «узнаваемой» на всем пути своего развития. Сказанное в равной мере относится как к постепенному (эволюционному), так и к скачкообразному (революционному) развитию. Очевидно, что преемственность, как феномен, обеспечивается определенными механизмом, обуславливающим непрерывность процесса развития и, вообще, движения систем.

С понятием развития тесно связаны понятия причины и следствия. В процессе развития постоянно наблюдается временное отставание последствий (следствий) от вызывающей ее причины. При этом влияние прошлого на будущее не заканчивается мгновенно. Иначе говоря, влияние прошлого (причины) на будущее (следствие) продолжается какое-то время, т.е. наблюдается инерционность реагирования, которую можно рассматривать в качестве обобщенного представления о наследственности (наследуемости, памяти).

Инерция – это развитие следствия во времени. Поскольку следствие развивается (изменяется), то у этого развития должны быть не только первичные, но и вторичные (промежуточные) причины. Следовательно, причина также развивается, трансформируясь из первичной во вторичную, третичную и т.д. Преемственность – мера причинной зависимости (неслучайности) последующих состояний объекта развития от предыдущих. Она связывает те и другие в единый процесс развития, придавая ему свойство гомеорезиса – определенной упорядоченности, канализованности, направленности и устойчивости (по терминологии К.Х. Уоддингтона) (Уоддингтон, 1970).

Всякое развитие направлено, по крайней мере, по причине ограничений, накладываемых преемственностью, на пространство потенциальных возможностей его осуществления. Чем сильнее преемственность, 1) тем слабее каждое последующее состояние будет отличаться от предыдущего; 2) тем более градуальным будет данный процесс развития; 3) тем выше, в соответствии с принципом П. Кюри (новизна вызывает диссимметризацию структуры причин по отношению к структурам возможных альтернативных следствий) будет симметрия между структурами причин и следствий (Раутиан, 2006).

Наличие более или менее постепенного переходного процесса (динамичность) придает развивающейся системе свойство инерции и известной градуальности преобразований. Инерция в общем случае следует рассматривать как отставание (запаздывание) следствия от вызывающей (производящей) его причины. В биологии особенно

важен гистерезис – особый случай инерции, при котором величина запаздывания следствия практически не зависит (точнее, этой зависимостью можно пренебречь) от скорости процесса. Системы с гистерезисом наделены памятью, которая обеспечивает долгосрочную преемственность состояний субъекта развития.

Запаздывание следствия от вызывающей его причины в общем случае является необходимым условием действия принципа причинности. Последовательная смена состояний динамической системы (например, смена адаптивных норм) в результате переходного процесса, обусловленная инерционностью, с необходимостью наделяют ее собственным внутренним временем. Иными словами, все и только динамические системы подчиняются принципу причинности, а инерционность и наличие собственного внутреннего времени являются ее атрибутами. Таким образом, Л.Г.Ф. Додерлайн, автор инерционной трактовки филогенеза (по Раутиан, 2006) и его последователи были в принципе правы. Хотя Додерлайновский закон инерции представляет собой простую констатацию того факта, что процесс филогенеза может быть реконструирован лишь постольку, поскольку его предшествующие (более древние) стадии развития преемственно (а, следовательно, инерционно и причинно) связаны с последующими (более поздними), но он все же позволил О.Абелю довести эти представления до уровня широкого общебиологического обобщения под названием «закона инерции органического развития», или «биологического закона инерции». Его можно назвать законом Додерлайна-Абеля. Этот закон оказывается логическим следствием инерционной интерпретации наследственности, (частного случая преемственности), независимо предложенной К.В. фон Нэгели и К.А. Тимирязевым.

Биологические объекты, вероятно, непрерывно стремятся к оптимизации своих отношений с внутренней (о чем упоминалось выше) и внешней средой (в пределах экониши, разумеется). Происходит это по инерции движения в «эволюционном канале» (Буровский, 2004). Разумеется, нас интересует, прежде всего, генетическая инерция как способность популяции приводить в равновесие свою генетическую структуру и противостоять внезапным изменениям условиям внешней среды (Жученко, 1980). Можно было бы назвать это явление просто генетической устойчивостью популяции, порог которой надо какому-либо фактору преодолеть, чтобы «произвести» новый вид. Так, по мнению Г.Х. Шапошниковой (1977) адаптивная направленность эволюции определяется типом структурно-функциональной организации биологического объекта, т. е. потенциями, возможностями развития эволюционирующей системы, и той средой, т.е. теми условиями, в которых эти потенции реализуются в процессе естественного отбора. Совершенно правильно

отмечается роль внешних и внутренних факторов, задающих рамки (каналы) эволюционного развития. Если под понятием «адаптивная направленность» понимать и эволюционно дезадаптивные процессы, то, фактически, оно становится синонимом понятия «эволюция». Более того, говоря именно о направленности адаптивной эволюции, мы указываем на элемент телеономичности (детерминация будущими) в объяснение эволюционных процессов. На самом деле, он имеет место, но все же под направленностью эволюционной чаще всего понимают структурно-функциональную канализованность эволюционных преобразований, которые могут или не могут в дальнейшем иметь адаптивное значение (Мейен, 1975). Другими словами в последнем случае имеет место классическая детерминация, т.е. детерминация прошлым.

По мнению М.Д. Голубовского (1985) ведущим фактором в возникновении наследственной изменчивости в природных популяциях является взаимодействие компонентов биоценоза. Одним из доноров и акцепторов генетического материала в природных популяциях являются вирусы. С нашей точки зрения все это важно и интересно, но мы хотели бы обратить внимание на еще одно важное обстоятельство.

Мы уже не раз отмечали факт существования иерархически организованной системы филогенетических факторов, но пока не пытались определить какова роль каждого из уровней и насколько значимо влияние высокоорганизованных факторов, которые, фактически, не являются собственно факторами, а представляют собой один из компонентов коэволюционирующих систем. Высокоразвитая (высокоуровневая) система, кроме всего прочего, характеризуется и высокоразвитым окружением, вне пределов которого она попросту не могла бы существовать. «Высокоразвитое окружение» системы есть ни что иное, как совокупность таких же равноуровневых или близких или несколько более организованных систем. В любом случае всегда существует определенная «разница потенциалов», т.е. разница уровней (в значении степеней) развития равноуровневых в структурно-функциональном отношении систем. Эта разница обуславливает приобретение более развитой (на конкретный момент времени) системой активности, превращающей ее в систему-фактор (СФ). Именно к действию СФ как раз и приспосабливается система-объект (СО). В качестве примера можно привести филогенетические взаимоотношения хищника и жертвы, первый из которых (опять же на определенном этапе) является более развитым не только в физическом отношении, но и в ментальном (интеллектуальном). При этом, чем организованнее СФ, тем более организованным (информативным, направленным) будет его влияние на СО. Следует постулировать, что наибольшее влияние на СО

оказывает СФ равного или более высокого чем СО уровня организации. Разумеется, доза СФ не должна быть «летальной» для СО, иначе произойдет либо стойкое ингибирование последней, либо понижение уровня ее организации, либо полная ее элиминация.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Буровский А.М.* Экстремальные ситуации и мыслящее вещество // http://www.humans.ru/humans/29675/h_print_view_t
2. *Виленчик М.М.* Нестабильность ДНК и отдаленные последствия воздействия излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 192 с.
3. *Голубовский М.Д.* Организация генотипа и формы наследственной изменчивости эукариот. В кн.: Молекулярные механизмы генетических процессов: Молекулярная генетика, эволюция и молекулярно-генетические основы селекции. – М.: Наука, 1985, с. 146 – 162.
4. *Жученко А.А.* Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз). – Кишнев: Штиинца, 1980. – 588
5. *Иорданский Н.Н.* Эволюция жизни. – М.: Academia, 2001 – 432 с.),
6. *Мейен С.В.* Проблема направленности в эволюции // Итоги науки и техники. Зоология позвоночных. Том. 7. Проблемы теории эволюции. – М.: ВИНТИ, 1975. – с. 66-117.
7. *Михеев А.Н.* Системные характеристики филогенетических факторов и объектов. – В кн.: Фактори експериментальної еволюції організмів: Зб. наук. пр., Т. 2. – К.: КВІЦ, 2004. – 416 с. (с. 37 – 41).
8. *Михеев А.Н., Гродзинский Д.М.* О понятии «биологический отбор» (об экзогенной и эндогенной селекции) / В зб. наук. праць. Досягнення і проблеми генетики, селекції. – К.: Логос, 2007. – с. 149-153
9. *Раутиан А.С.* Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. - В кн.: Современная палеонтология: В 2-х томах. - М.: Недра, 1988, – Т. 2. – с. 76-78.
10. *Раутиан А.С.* Букет законов эволюции. – В кн.: Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю.Розанова. М.: КМК, 2006. – с. 20-38.
11. *Савинов А.Б.* Диалектический эволюционизм в теории развития жизни (к 120-летию со дня рождения А.А. Любищева) // XXIV Любищевские чтения. Современные проблемы экологии и эволюции. – Ульяновск: УлГПУ, 2010. – с. 179-169.

12. Уоддингтон К.Х. Основные биологические концепции // На пути к теоретической биологии. 1. Прологомены. М.: Мир, 1970. – с. 11-36.
13. Шапошников Г.Х. Направленность эволюции // ЖОБ., 1977, т. 38, № 5, с. 649-655.

9. ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЕ УСИЛЕНИЕ МУТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ, ПОВЫШАЮЩЕЕ РАЗРЕШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

(Опубликовано в «Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології», сб. наук. праць. – Т. 4. – К.: Логос, 2012. – с. 165-170.

В статье проблема обоснования эффективности естественного отбора сводится к проблеме обоснования возможности «разложения» на жизнеспособные элементы системы, «доказавшей» свое эволюционное преимущество (адаптированность). Показано, что работа механизма биологического усиления обеспечивает, в конечном итоге, заметное фенотипическое проявление мутационных изменений, что, в свою очередь, позволяет биологической системе проявить свое модификационное «приобретение» и продолжать участвовать в «эволюционном конкурсе».

Среда обитания постоянно ставит перед организмами определенные «проблемы», которые они должны «решать». При этом решения могут быть как оперативными (онтогенетическими), так и долговременными (генетическими, наследуемыми, эволюционными). В последнем случае основным механизмом приспособления (генетической адаптации) является естественный отбор, специфика которого не может быть прояснена только с помощью понятий «случайности», «необходимости», «статистичности» и пр. (Борзенков, 2003). Принцип естественного отбора должен быть содержательно развит эволюционной наукой до такой степени, чтобы с его помощью решить основную проблему биологической науки – проблему возникновения (эволюции) сложности. Очевидно, что она также имеет два аспекта – онтогенетический и филогенетический (эволюционный). В данной статье нас будет интересовать второй аспект указанной проблемы с привлечением воззрений, касающихся онтогенеза.

Множество примеров наличия сложных качественных признаков (глаз млекопитающих, способность к эхолокации у летучих мышей, пропеллероподобный жгутик бактерий, защитные приспособления жука-бомбардира, ловчее устройство рыбы-брызгуна и др.), возникновение которых допускается биологами-эволюционистами эволюционным путем, тем не менее, зачастую порождает у них сомнение относительно возможности возникновения таких признаков путем постепенного улучшения исходной функции, сея у них креационистские настроения. С этих позиций, представляется невозможным постепенное (эволюционное на основе естественного отбора) улучшение системы-предшественника, поскольку любой предшественник системы (т.е. промежуточная стадия), сложность

которой нередуцируема, будет нефункциональным. Фактически, проблема обоснования эффективности естественного отбора сводится к проблеме обоснования возможности «разложения» на жизнеспособные элементы системы, «доказавшей» свое эволюционное преимущество (адаптированность). Другими словами, все промежуточные морфо-функциональные стадии конечного эволюционного «продукта» должны полноценно существовать в ряду своих поколений.

Эволюция постоянно создаёт структуры, существование которых кажется маловероятными, поскольку трудно представить их последовательную сборку при сохранении постоянного «рабочего состояния». И, тем не менее, они реально существуют. При этом речь идёт не только об организмах, но и об эволюции сообществ, которые основываются на системе кооперативных взаимодействий разных организмов.

Ярким примером последнего является гетереобатмия и взаимная дополнительность функций. В биологических системах – от организма до биосферы – можно найти элементы, находящиеся на разных стадиях эволюционного развития. Термин гетереобатмия ещё в 1959 г. Ввел А.Л. Тахтаджян (от греч. bathmos - ступень, уровень), рассматривая объединенность в одном растении примитивной проводящей системы стебля и эволюционно позднее сформировавшиеся репродуктивные органы (Гиляров А.М. 2007).

Гетереобатмия – важная особенность биосферы, результат её эволюции, происходившей по принципу аддитивности, когда происходит добавление новых, позднее возникших компонентов, к старым, возникшим ранее, причём именно добавления, а не замены. Старые компоненты могут быть потеснены новыми, но они не только не исчезают, но и делают возможным существование новых.

Хотя аддитивное становление и возникающая при этом гетереобатмия биосистем распространены в органическом мире, в некоторых случаях комплементарность и взаимная зависимость разных элементов биосистем проявляются столь явно, что трудно представить себе их формирование путём последовательной «сборки» (добавлением нового к старому, давно существующему самостоятельно) очень трудно. Наличие таких систем, убеждает некоторых эволюционистов в невозможности применения принципов дарвинизма к анализу эволюции биосферы. Так, одну экологическую нишу часто могут занимать популяции родственных видов, но если рассматривать трофические связи между функциональными группами в сообществе, то бывает, что тесно взаимосвязанные группы, как правило, представлены эволюционно далекими друг от друга организмами. Другими словами, невозможно представить себе, что организмы, выполняющие в сообществе принципиально

различающиеся функции, могли возникнуть в результате дивергенции какого-либо исходного типа (вида).

Кроме сказанного, сомнения в достаточной эффективности естественного отбора часто основываются на представлении об исчезающе малой вероятности возникновения сложных качественных признаков. В значительной степени данная проблема разрешается с помощью идеи нарастающего отбора, которую развивает Р. Докинз (Докинз, 1993), полагая, что «деятельность» естественного отбора обладает кумулятивным эффектом, т.е. памятью. Действительно, сутью эволюционного процесса является запоминание модификационных изменений, имеющих фенотипический и/или генотипический характер, и которые обеспечивают определенные конкурентные преимуществ их обладателям.

Биологические системы, обладая способностью к размножению, не начинают каждый раз свою эволюционную (да и онтогенетическую!) «биографию» с чистого листа – их текущие модификации основываются или даже канализируются (направленность эволюции) предшествующими состояниями. При этом не происходит возврата в изначальное состояние, качественный характер которого, фактически, невозможно представить. Внешние воздействия «запоминаются» биологическим объектом (эпигенетический компонент) путем модификации предсуществующих программ (не только генетической) и в дальнейшем предопределяют (преформистский компонент) измененный характер активности, передаваемый в поколениях. При этом отпадает необходимость ждать завершения практически бесконечного процесса перебора приемлемых вариантов, что делает достижение целесообразных эволюционных результатов вполне обозримым по срокам.

При всей очевидной эффективности и убедительности подхода Р. Докинза остается ряд проблем, решение которых придало бы принципу естественного отбора дополнительную объяснительную мощь. В связи с этим, особо важными представляются две взаимосвязанные проблемы: разрешающая способность естественного отбора («замечает» ли отбор незначительные изменения и насколько они должны быть значительными для приобретения статуса адаптивно-значимых), о которой мы уже писали (см. Михеев, Гродзинский, 2007 – помещено в данном сборнике) и представление качественных скачков как совокупности мелких изменений – проблема эволюционной декомпозиции.

Зачастую сложность проблемы обусловлена неразработанностью метанаучных (например, системологических) подходов, методов и методик смежных наук, потому что любая проблема науки, занимающейся изучением систем определенного уровня организации,

это, фактически, проблема и наук менее «организованных» и более «организованных» (метанаук). Решение указанных выше проблем становится возможным в свете новых данных и подходов. Так, развитие радиобиологии обогатило общую биологию рядом фундаментальных понятий, среди которых принцип «усилителя» может иметь непосредственное отношение к решению эволюционных проблем.

Существование биологических механизмов усиления обеспечивает преодоление факторами (в том числе эволюционными) соответствующих порогов чувствительности или устойчивости биологических систем, что являясь условием развития их реакций (переходных процессов, выражаясь языком биокибернетики), а также (при соответствующей дозе фактора) формирования состояния приспособленности к действию данного фактора (адаптации вообще и эволюционной в частности) (Михеев и др., 2005).

Функционирование системы биологического усилителя лежит в основе как повреждающего, так и регуляторного действия факторов. Разнообразные факторы могут индуцировать изменение экспрессии ряда генов и, в конечном итоге, приводить к усилению работы, например, ферментативных репарационных систем, что повышает устойчивость клетки к последующим стрессовым воздействиям. Механизм усиления лежит в основе реакций всех биологических объектов на действие различных экзогенных и эндогенных факторов, а также в основе регуляции всех их жизненных функций. Его реализация обеспечивается существованием систем трансдукции сигналов с участием ряда вторичных посредников. Задействование «сети» систем трансдукции сигналов может обеспечить значительное усиление первичного эффекта фактора (например, мутационного), его генерализацию и передачу на более высокие уровни интеграции, определяя характеристики их реагирования. В результате действия системы биологического усиления может происходить умножение и передача генетических сигналов, обеспечивая условия реализации генотипа в фенотип через ряд эпигенетических систем управления. Явление трансдукции сигнала проявляет себя в функционировании, росте и развитии биологических систем в нормальных и экстремальных условиях.

Кажется очевидным, что чем сложнее цепь передачи сигнала и чем больше вторичных посредников в ней задействовано, тем большим является усиление первичного сигнала. При этом каждый из компонентов этой цепи может служить независимой мишенью для регуляторного воздействия, что создает широкие возможности для управления реакцией биологических систем разных уровней интеграции.

Именно работа механизма биологического усиления обеспечивает, в конечном итоге, значимое фенотипическое проявление мутационного изменения. Это, в свою очередь, позволяет манифестировать биологической системе свое модификационное приобретение и продолжать участвовать в «эволюционном конкурсе».

С учетом того, что система биоусиления является неотъемлемой частью функционирования и развития живых систем, может быть проблема разрешающей способности естественного отбора преувеличена и любая потенциально полезная мутация благодаря работе механизмов эпигенетического усиления (а, собственно говоря, в организме все механизмы усиления – эпигенетические) способна в конечном итоге «породить» результат, который значимо (существенно, заметно, достоверно) и с необходимостью повышает шансы на выживание обладателя этого признака? Именно система биоусиления и позволяет реализоваться «полезной» мутации. Как, впрочем, и «вредной»...

Что же из собой представляют эпигенетические реакции. Понятие «эпигенотип» пришло в физиологическую генетику из эмбриологии («Физиологическая генетика», 1976; Ванюшин, 2009) При рассмотрении характера функционирования генома, среди общей совокупности генов различают облигатно неактивные гены, облигатно активный генетический материал, представленный генами, функционирующими во всех соматических клетках независимо от типа их дифференцировки, и факультативно активный генетический материал, который может находиться в клетках данного типа дифференцировки в активном и в неактивном состояниях в зависимости от стадии митотического цикла или факторов внешней и (или) внутренней среды. Если дифференцированные клетки сохраняют способность к делению, то спектр генной активности клеток данного типа наследуются в ряду клеточных поколений. Поскольку в данном случае речь идет о наследовании не только общей генетической программы, но и о наследовании спектра функционально активных генов, то имеет место эпигенетическое наследование.

Считается, что факультативное (модификационное) изменение активности генов носят временный характер и не наследуются (точнее, не наследуются долго). Даже если это так, то следует учитывать возможное возрастание уровня мутирования активно транскрибируемых локусов (Корогодин, 1982).

Хотя наследуемые эпигенетические изменения носят массовый характер, охватывающий большинство клеток, и отличаются от единичных мутационных изменений соматических или половых клеток, но не следует забывать, что мутации половых клеток животных или соматических клеток растений, рано или поздно благодаря работе эпигенетических систем усиления, проявят себя в

фенотипе и будут влиять на жизнеспособность (конкурентоспособность и т.д.) их обладателя. Например, клетки стеблевой меристемы образуют вегетативные ткани стебля и флоральную меристему, из которой формируются репродуктивные структуры и клеточные линии, дающие начало гаметам. Вследствие этого соматические мутации могут переходить в гаметы, что делает такие изменения потенциально эволюционно значимыми. (Шилина и др., 2006).

Достижения системного подхода позволяют подойти и к решению декомпозиционной проблемы. Эволюционные «достижения» можно рассматривать как результат эволюционного (постепенного) системогенеза, порождающего новые (эмерджентные) качества. Яркой иллюстрацией этого может быть «история» с оценкой эволюционной роли молекулы ${}_{23}\text{S-rPНК}$, которая осуществляет присоединение аминокислот к синтезируемой в рибосоме молекуле белка (Марков, 2012). Определяющая важность этой молекулы в синтезе белка позволила предположить, что происхождение (эволюция) рибосом началась именно с этой молекулы. Однако молекула ${}_{23}\text{S-rPНК}$ слишком сложна, чтобы можно было представить ее появление одномоментно, т.е. в готовом виде. Другими словами, необходимо было представить эволюцию молекулы ${}_{23}\text{S-rPНК}$ как цепь, *постепенно* сменяющих друг друга молекул-предшественниц, каждая из которых способна достаточно эффективно выполнять свою функцию. Действительно, оказалось, что молекулу ${}_{23}\text{S-rPНК}$ можно представить как систему, состоящую из 60 самостоятельных структурных блоков (элементов) и, что самое важное, как систему, поддающуюся последовательной «разборке» без поломки остающихся элементов. Таким образом, удалось выделить фрагмент, составляющий 7 % от общей массы молекулы и представляющий каталитический центр молекулы. Р. Докинз, рассматривая последовательные стадии эволюции глаза, фактически, тоже производил своеобразную декомпозицию такого сложного образования, одномоментное возникновение которого (как, например, результат макромутации) представить невозможно. Важно также отметить, что эволюционная «сборка» упомянутого молекулярного агрегата и/или глаза осуществляется на разных структурно-функциональных уровнях из элементов, возникновение которых (субъединиц или тканей с новыми качествами) может произойти одномоментно. Фактически, эволюция «сводит» решение крупных задач (о существовании которых она, кстати, и не «подозревает») к последовательному (постепенному) решению ряда мелких задач.

Таким образом, постепенность, как одно из проявлений естественного отбора, кроме всего прочего (механизмов усиленной мутабельности функционально активных генетических локусов,

генетической ассимиляции эпигенетических изменений, элементов эволюционной канализованности и др.) обеспечивается эпигенетическими механизмами усиления мутационных изменений и возможностью «эволюционного» существования промежуточных стадий на всех структурно-функциональных уровнях организации, которые случайно и/или неслучайно достраиваются новыми структурами, повышающими их конкурентоспособность. Более того, следствием принципа естественного отбора является требование возможности декомпозиции наличных качественных признаков до более простых. Если же это условие не соблюдается, то приходится констатировать либо неполноту палеонтологической летописи (вечная проблема «недостающего звена») либо неспособность исследователей осуществить такую декомпозицию спекулятивно (теоретически). Как было сказано выше, принцип декомпозиции применим не только в ситуации, касающейся строения организмов, но и имеет общебиологическое значение, в частности, его следует использовать при рассмотрении эволюционных механизмов формирования сообществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борзенков В.* Телеология в современной биологии // Высшее образование в России. – 2003. – № 4, с. 145-151.
2. *Гиляров А.М.* Ариаднина нить эволюционизма // Вестник РАН, 2007, т. 77, № 6, с. 508-519.
3. *Докинз Р.* Слепой часовщик. – М: Мир, 1993. – 317 с.
4. *Корогодин В.И.* Радиотаксоны и надежность генома // Радиобиология, 1982, т. 22, в. 2, с. 147-154.
5. *Марков А.* Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня: неожиданные открытия и новые вопросы. – М.: Астрель: CORPUS, 2012. – 527 с.
6. *Михеев А.Н., Гродзинский Д.М.* О понятии «биологический отбор» (об экзогенной и эндогенной селекции) / В зб. наук. праць. Досягнення і проблеми генетики, селекції. – К.: Логос, 2007. – с. 149-153
7. *Михеев А.Н., Гуца Н.И., Малиновский Ю.Ю.* Эпигенетические реакции клеток на действие ионизирующей радиации // Радиационная биология. Радиоэкология., 1999, т. 39, в. 5, с. 548 – 556.
8. *Михеев А.Н., Шилина Ю.В., Гуца Н.И.* Механизмы биологического усиления у растений и микроорганизмов в норме и патологии // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля, 2005, вип. 3, частина 2, Парадигми сучасної радіобіології, с. 29 – 35.
9. *Физиологическая генетика.* /Под ред. М.Е. Лобашева и С.Е. Инге-Вечтомова/ – Л.: Наука, 1976. – 472 с.
10. *Шилина Ю.В., Михеев А.Н., Гуца Н.И., Овсянникова Л.И., Дяченко А.И.* Связь эволюционного формирования растений с

особенностями стресс-индуцированных перестроек их геномов / В сб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції. Т. 3» – К.: Логос, 2006. – с. 57-61.

10. ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ МИКРОЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

(Опубликовано в «Фактори експериментальної еволюції організмів», сб. наук. праць. - Т. 12. – К.: Логос, 2013. – с. 57-62.

Рассмотрена применимость системного подхода к изучению явлений биологической эволюции. В теории эволюции эмерджентность выражается в виде возникновения новых функциональных единиц системы, которые не сводятся к простым перестановкам функций уже имевшихся элементов. Идея системности требует системного описания субъектов эволюционного процесса, т.е. описания и последующего учета внутренних связей регуляции. Существование групповых адаптаций указывает на недостаточность геноцентрической концепции эволюции. Таким образом, эффект группы в популяции проявляется в ее своеобразной поляризации по определенным признакам, которые могут закрепиться генетически.

Тенденция распространения и доминирования системного подхода в биологической науке естественным образом охватила и подходы к изучению явлений биологической эволюции. Синонимом понятия «системность» являются понятия «эмерджентность», «неаддитивность», целостность (фактически, философский термин, употребление которого в биологии является примером эклектичности стиля) и другие понятия, отражающие появление новых качеств у систем при отсутствии таковых у образующих их элементов.

Эмерджентность (от англ. *emergence* — возникающий, неожиданно появляющийся) в теории систем – наличие у системы свойств, не присущих её подсистемам (элементам), а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов. Так, свойства биологической популяции не представляют собой простой суммы свойства отдельных особей; понятия рождаемость, смертность неприменимы к отдельной особи, но применимы к популяции в целом.

В биологической эволюции эмерджентность проявляется в виде возникновения новых функциональных единиц системы, которые не сводятся к простым перестановкам функций уже имевшихся элементов.

Разработанные в общей теории систем закономерности и принципы, указывающие на неаддитивность внутрисистемных процессов применимы и для решения проблем эволюции:

- «принцип взаимно-дополнительных соотношений» (сформулировал А. А. Богданов): «системное расхождение включает в

себе тенденцию развития, направленную к дополнительным связям». Необходимой «основой всякой устойчивой системной дифференциации является развитие взаимно-дополнительных связей между её элементами» (Богданов, 1989);

- «закон необходимого разнообразия» (по У. Р. Эшби). Очевидно, что рост разнообразия элементов систем может приводить к повышению устойчивости (за счёт формирования обилия межэлементных связей и обусловливаемых ими компенсаторных эффектов);

- «закон расхождения» (по Г. Спенсеру), также известный как принцип цепной реакции: активность двух тождественных систем имеет тенденцию к прогрессирующему накоплению различий. При этом «расхождение исходных форм идёт «лавинообразно».

С методологической точки зрения научное исследование должно проходить три этапа: 1. Феноменологический (в случае исследования биологической эволюции – описание самого явления эволюции, определение скорости эволюции и факторов ее обуславливающих и др.) 2. Изучение механизмов (форм, источников, характеристик изменчивости, естественный отбор и механизмы генетического закрепления (ассимиляции) адаптивных фенотипических признаков). 3. Определение смысла, значения изучаемого явления (направленности, прогрессивности и т.д. для биологической эволюции). В своей статье мы, прежде всего, хотели бы обратить внимание на источники изменчивости и рассмотреть роль популяционных эффектов (внутрипопуляционных взаимодействий) в определении их характеристик. В связи с этим, считаем необходимым ввести в более широкий научный обиход системогенетические идеи, высказанные А.А. Малиновским (1973).

Фактически, еще Чарльз Дарвин предложил популяционный подход, рассматривая определенную и неопределенную изменчивости (популяционные характеристики) как основополагающий фактор эволюционного развития. Возможны несколько вариантов изменчивости, которая подвергается последующему отбору: 1. Предсуществующие на момент начала селекционного процесса варианты признаков, которыми обладают либо все особи популяции, либо особи субпопуляций. 2. Генетические мутанты, возникшие в ответ на давление (действие) стрессора 3. Эпигенетические (фенотипические) мутанты (эпигены – наследственные единицы, имеющие не менее двух режимов работы подчиненных им генов – Голубовский, Чураев, 1997).

Идея системности требует системного описания субъектов эволюционного процесса, т.е. описания и последующего учета внутренних (межэлементных, субсистемных) связей регуляции, поиска критических элементов с точки зрения оценки мест «приложения»

эволюционных факторов (Михеев, 2004), определения степени независимости, автономности субэлементов, селфинговости (Лекавичус, 1986). Все сказанное относится, прежде всего, к эволюционным событиям на уровне популяции, т.е. микроэволюции.

В настоящее время популяция чаще всего представляется как бесструктурная, стохастическая, панмиктическая, ограниченная только физическими барьерами и не имеющая собственной структуры система. Но еще в семидесятые годы XX-го столетия указывалось, что существуют особые, экологические закономерности эволюции, в частности, популяционные (Шварц, 1980). Так, популяции могут активно ограничивать приток особей извне, стремясь сохранить или воспроизвести специфический паттерн популяционной структуры, делая, тем самым популяцию более устойчивой к широкому спектру внешних возмущений и возмущений внутренних, обусловленных демографическими сдвигами в самой популяции. Таким же образом популяции могут обеспечивать стабильность генных частот в субпопуляциях – локальных пространственных группировках, направленно перераспределяя между ними особей – носителей разных генотипов (Шмерлина, 2004).

В.С. Фридман (2000) пишет о большей продуктивности рассмотрения механизмов эволюции «сверху вниз», т.е. с уровня популяций, обладающих системными качествами, что, в конечном счете, способствует достижению «общей, а не локальной, адаптации». В подтверждение сказанного можно еще указать на значимость эффектов группы (например, у растений – Титов, 1978).

В силу интегрированности популяции все производимые естественным отбором изменения передаются по внутрисистемным и межсистемным (случай коэволюции разнородных популяций) связям, производя, таким образом, мультиплицирующий (усиливающий) эффект. В последнем случае, еще раз можно убедиться в важности идеи биологического усилителя – в данном случае применительно к механизму эволюции (Михеев и др., 2005).

Системная интегрированность популяции не ниже чем, у организма, просто она основана на других механизмах – прежде всего, на гетерофобии (повышенной толерантности к «своим» и враждебностью к «чужим» элементам (особям популяции, например) или их отторжением). Общенаучный термин гетерофобия был предложен Г.А. Заварзиным (2002; 2009) для описания эволюции популяций. Само по себе это явление обусловлено эффективным функционированием контуров положительных обратных связей в «хорошо (корректно) выделенной» популяционной системе, устанавливающих соответствующую «полупроницаемость» на своей границе с внешней средой. В конце концов, гетерогенность на основе

гетерофобии дает материал для последующих системогенных процессов (Малиновский, 1973).

В своих статьях мы не раз подымали вопрос о «разрешающей способности естественного отбора» (Михеев, Гродзинский, 2007; Михеев, 2012). Соглашаясь с тем, что «единицей эволюции» является не особь, а популяция (Тимофеев-Ресовский, Воронцов, Яблоков, 1969), следует признать, что в результате «давления» среды наблюдается однонаправленность фенотипических и мутационных изменений практически у всех особей такой популяции. Из этого, во-первых, следует, что особи популяции совершают активные действия («напрягаются» в одном и том же направлении), что, в свою очередь, повышает мутабельность генных локусов, обеспечивающих соответствующую и «поголовную» биологическую (поведенческую, физиолого-биохимическую и молекулярно-биологическую) активность. Например, у видов с привязанностью к партнеру (что, несомненно, оказывает на партнеров стрессирующее влияние) существуют множественные повторы в регуляторной области гена вазопрессинового рецептора *avpr1a*, функционирующего в мозге. Вазопрессин – гормон, связанный со стрессоустойчивостью и родительским поведением, а также с обучением и памятью. У видов, у которых нет привязанности к партнеру, повторы в регуляторной области этого гена гораздо короче. В ДНК человека и бонобо много повторов этого гена, а у шимпанзе, где постоянных пар практически нет или они образуются на короткое время, этих повторов мало (Фридман, 2000). А, во-вторых, следует также предположить наличие системных качеств кооперативного перехода в популяции, т.е. своеобразного «сложения» преимуществ отдельных особей, которые могут быть реализованы только в популяции, например, то же самое, упомянутое, выше, партнерство. Селективные воздействия на популяцию не сводятся к воздействиям на организмы, которые считаются «глиной» в руках отбора. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что популяции имеют свою историю, обладают существенной автономизацией от среды, активностью и селективностью в отношении её воздействий.

В популяции (на уровне популяции) появляются новые качества, дающие заметные преимущества в отношении выживания отдельных особей. Эти качества у отдельных (изолированных от взаимодействия с себе подобными) особей оставались «незамеченными», скрытыми, а системообразующие (неаддитивные) свойства могли проявиться лишь у активно взаимодействующих особей. Видообразование (микроэволюция), таким, образом, происходит на основе системогенетических процессов (Богданов, 1989, Малиновский, 1973). Несимметричное сложение малозаметных для отбора качеств (возникших в результате направленного

мутагенеза) отдельных особей даст новое качество в виде повышенной жизнеспособности популяции, а, точнее, субпопуляции. На популяционном уровне появляется также возможность (как, впрочем, и любых других, надсистемных уровнях) перекombинации признаков особей в процессе их скрещивания.

Примером внутрипопуляционной гетерогенности (изменчивости) является тот факт, что элиминирующие факторы (факторы отбора), как и сами условия среды, различаются в центре и на периферии любой плотной популяции многоклеточных организмов или колоний клеток (Лабас, Хлебович, 1976). Специфический характер прерывающегося естественного отбора в разные моменты развития популяции или разных ее участках создает функциональную дивергенцию соответствующих фенотипических окон (комбинация наследуемых признаков, одновременно проявляемых в фенотипе и контролируемых естественным отбором – Серебровский, 1973) генома и специфические вариации фенотипа клеток, зависящие от взаимодействия с другими фенотипами. Примером эффекта группы у многоклеточных является ситуация, возникающая у клопов-водомеров, у которых существуют крылатые и бескрылые дискретные адаптивные нормы (Хлебович, 2006). В зависимости от размера водоема формируются либо крылатые формы, сигналом для образования которых служит стресс от интенсивных столкновений в водоеме малого размера, либо бескрылые формы, доминирующие в больших водоемах. Групповые генно-регуляторные эффекты выявлены также у бактерий, у которых многие белковые синтезы регулируются их собственными метаболитами, выделяемыми в культуральную среду (Лабас, Хлебович, 1976).

Была высказана очень важная мысль (Лабас, Хлебович, 1976) о том, что «...изменение фенотипа клеток в процессе дифференцировок, по-видимому, начинают в принципе отличаться от фенотипических адаптаций только с того момента, когда становятся относительно необратимыми в результате большого числа последовательных делений, сопряженных со специализацией». По нашему мнению это становится возможным благодаря дифференциальной структуре популяции, которая, в свою очередь, обусловлена градицией условий существования ее субпопуляций, например, разницей в условиях питания периферических и центральных частей колонии бактерий, что, в свою очередь, с неизбежностью приводит центральную часть к спорообразованию, а периферическую – к пролиферации.

Поскольку популяция многоклеточных очень гетерогенна (больше, чем одноклеточных), то соответственно в ней одновременно «раскрыты» больше фенотипических (точнее говоря, «эпигенетических») окон и, следовательно, имеется больше «поводов»

для мутационных событий (направленных и ненаправленных). В этом состоит эволюционное преимущество популяции перед особью, которая не может «представлять» все разнообразие фенотипических окон одновременно, не подвергаясь одновременному действию всего разнообразия стрессоров, каждый из которых способен выявить скрытые мутации, имеющие адаптивное значение.

Генетическую фиксацию признака, проявившегося как модификационный (эпигенетический), можно объяснить выпадением (своеобразной дезактивацией) альтернативной программы, т.е. генетической основы альтернативного фенотипического окна (Хлебович, 2006). Однако альтернативная программа должна была сначала возникнуть. Вероятно, для эволюционных «находок» характерна определенная избыточность, которая в дальнейшем служит резервом эволюционных преобразований.

Г.Ф. Гаузе считал (1984), что «...адаптивная модификация, будучи продуктом естественного отбора, уже в силу своей адаптивности, указывает на то, что случайно возникшая похожая на нее мутация будет подхвачена отбором и будет эволюционно закреплена». Правда, не ясно, как такая мутация будет «закрепляться», но ясно одно – случайная мутация (даже полезная) не может сравняться по своему популяционному эффекту (по масштабу представительства в популяции) с модификационной (эпигенетической, адаптивной, т.е. направленной) изменчивостью. На начальных этапах генетический мутант маскируется многочисленными (массовыми) эпимутантами, создающими для первых своеобразный эпигенетический «туннель», по которому мутант со своими потомками движется, постепенно подводя генетическую базу (дрейф генов) под первичную масштабно представленную модификационную (эпигенетическую) изменчивость – происходит генетическая ассимиляция.

В популяции под действием стрессора вначале появляется целый «веер» разнообразных форм (Волков, 2006). Далее из множества первичных форм выделяется существенно меньшее число «стволовых линий», а другие вымирают. Из этого факта следует два важных вывода, характеризующих системогенные (неаддитивные) свойства популяции: во-первых, ясно, что на определенном этапе популяция может представлять собой совокупность гетерогенных по фенотипическим признакам субпопуляций, между которыми возможна как конкуренция, так и сотрудничество; во-вторых, получается, что естественный отбор на первых этапах может «не работать», поскольку «всевозможные» формы длительно существуют, «умудряясь» после себя оставлять даже ископаемые остатки.

Таким образом, эффект группы в популяции проявляется в ее своеобразной поляризации по определенным признакам, которые

могут закрепиться генетически (за счет «мутационного груза»). Подобные «последствия», вероятно, имеет и географическая изоляция популяций или субпопуляций. Функциональная дивергенция популяции обуславливает, в свою очередь, и разную чувствительность к мутагенным и эпигенным факторам, формируя в этом отношении критические субпопуляции, которые, вероятно, и будут самыми «перспективными», с точки зрения адаптивной эволюции. Кроме этого, критическим субпопуляциям могут помочь выжить не критические популяции, в чем, также, проявляется эффект группы.

Среди нерассмотренных, но важных для понимания роли интегративных (системных, эмерджентных) процессов в эволюции следовало бы упомянуть такие явления, как подражание у общественных животных, которое существенно ускоряет внутривидовые изменения, эффект свидетеля, ускоряющий направленный мутагенез у колоний одноклеточных организмов и другие эффекты, для описания которых недостаточен объем статьи. Кроме этого, известная проблема «генотип-фенотип», т.е. проблема фенотипического выражения генетической программы, не сводится только к рассмотрению этого взаимодействия на уровне организма. Так же остро она стоит и для надорганизменных уровней, прежде всего, популяционного, как основного «поля деятельности» естественного отбора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов А.А. Тектология (всеобщая организационная наука). – М.: Экономика, 1989. – 304 с.
2. Волков П.И. Ложь креационизма // <http://www.sivatherium.h12.ru/lozhcrea.htm>
3. Гаузе Г.Ф. Экология и некоторые проблемы происхождения видов // Экология и эволюционная теория. – Л.: 1984. – с. 5-105.
4. Голубовский М. Д., Чураев Р.Н. Динамическая наследственность и эпигены // Природа. 1997. № 4. С. 16–25.
5. Заварзин Г.А. О познании // Доклады РАН, 2009, т. 79, № 5, с.439-449.
6. Заварзин Г.А. Роль комбинаторных событий в развитии биоразнообразия // Природа, 2002, № 1, с. 12-19.
7. Лабас Ю.А., Хлебович В.В. «Фенотипическое окно» генома и прогрессивная эволюция // Солёные адаптации водных организмов. – Л.: Изд-во Зоол. ин-та., 1976. – с. 4-25.
8. Лежнев Э. Э. Элементы общей теории адаптации. – Вильнюс, Мокслас, 1986. – 276 с.

9. *Малиновский А.А.* Механизмы формирования целостности систем // Системные исследования. Ежегодник 1973 – М.: Наука, 1973. – С. 52–62.
10. *Михеев А.Н.* Системные характеристики филогенетических факторов и объектов. – В кн.: Фактори експериментальної еволюції організмів: Зб. наук. пр., Т. 2. – К.: КВІЦ, 2004. – 416 с. (с. 37 – 41).
11. *Михеев А.Н.* Эпигенетическое усиление мутационных изменений, повышающее разрешающую способность естественного отбора // «Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології», сб. наук. праць. – Т. 4. – К.: Логос, 2012. – с. 165-170.
12. *Михеев А.Н., Гродзинский Д.М.* О понятии «биологический отбор» (об экзогенной и эндогенной селекции) / В зб. наук. праць. Досягнення і проблеми генетики, селекції. – К.: Логос, 2007. – с. 149-153.
13. *Михеев А.Н., Шилина Ю.В., Гуца Н.И.* Механизмы биологического усиления у растений и микроорганизмов в норме и патологии // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля, 2005, вип. 3, частина 2, с. 29–35.
14. *Серебровский А.С.* Некоторые аспекты органической эволюции. – М.: Наука. – 168 с.
15. *Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В.* Краткий очерк теории эволюции. — М.: Наука, 1969. – 408 с.
16. *Титов Ю.В.* Эффект группы у растений. – Л.: Наука, 1978. – 151 с.
17. *Фридман В.С.* Направленное развитие пространственно-этологической структуры популяции при равновесии полярных жизненных стратегий их членов - возможный сценарий "недарвиновской" микроэволюции // Теоретические проблемы экологии и эволюции: Материалы III Любичевских чтений. Тольятти, 2000. – с. 208-219.
18. *Хлебович В.В.* Адаптация особи и клона: механизмы и роли в эволюции // УСБ, 2002, т. 122, № 1, с. 16-25.
19. *Хлебович В.В.* Новое окно в эпигенетику // Природа, 2006, № 7, с. 22-29
20. *Шварц С.С.* Экологические закономерности эволюции. – М.: Наука, 1980. – 280 с.
21. *Шмерлина И.А.* Идея целостности в социологии и биологии // Социологический журнал. 2004. № 1/2. С. 5-33.

11. СУЩЕСТВУЕТ ЛИ НЕОБХОДИМОСТЬ В ГИПОТЕЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ГЕНОМА?

(Опубликовано в «Факторы экспериментальной эволюции організмів», сб. наук. праць. – К.: Логос, 2014. – с. 245-249)

Рассмотрена предложенная Михаилом Шерманом новая модель эволюционных механизмов, отражающую их генетическую основу, в соответствии с которой предполагается появление в кембрийском периоде многоклеточных организмов, обладающих «универсальным геномом», в котором содержалась генетическая информация о плане строения всех существующих и ныне типов животных. Обосновывается идея об отсутствии генетической преемственности между разными типами хордовых животных. Одновременное существование простых и сложных типов организмов не обязательно означает, что вторые произошли от первых. Указывается на эвристические достоинства предложенной модели, указывающей на существование у более примитивных организмов генетических программ структурно-функционального развития эволюционно «продвинутых» организмов.

Изучение механизмов биологической эволюции по-прежнему остается актуальной задачей, несмотря на существование множества ее концептуальных моделей – начиная от дарвиновской и заканчивая гипотезой М. Шермана [1]. Очевидно, что новые эволюционные концепции (идеи, представления) появляются по причине неполноты или противоречивости (по мнению авторов концепций), прежде всего, дарвиновской теории (ДТ) и основанной на ней синтетической теории эволюции (СТЭ). Главным образом, указанным теориям «вменяется в вину» невозможность объяснить возникновение сложных структур и функций (например, глаза, танца пчел и т.п.). Использование принципов декомпозиции и биологического усиления, с нашей точки зрения, может быть вполне достаточно для преодоления этого кажущегося противоречия, о чем мы уже писали [2].

Чаще всего тема «парадокса сложности» возникает при описании эволюционных скачков, которые якобы не вписываются в ДТ и СТЭ, в рамках которых используется принцип градуализма. Особый интерес в связи с этим у биологов-эволюционистов вызывает ситуация с так называемым «кембрийским взрывом» (КВ), который считается чуть ли самым значительным событием в эволюции животных. Так, если самые древние прокариотические организмы появились около 3,5 млрд. лет назад, т.е. спустя 1-1,5 млрд. лет после образования самой Земли, то практически все многообразие типов

современных животных было сформировано в кембрийском периоде палеозойской эры приблизительно 490-540 млн. лет назад. Длился это период примерно 50 млн. лет, что существенно меньше, чем длительность предыдущих архейской и протерозойской эр (около 1,0 и 2,0 млрд. лет, соответственно). Этот «взрыв» как бы разделил историю эволюции жизни на земле на два основных периода – на период, когда существовали преимущественно одноклеточные организмы (бактерии и водоросли), и на короткий период, в течение которого появилось основное разнообразие форм многоклеточных животных, наблюдаемое по сей день. При этом парадоксальность ситуации состоит в том, что до сих пор нет достоверных свидетельств существования переходных форм, т.е. КВ не предшествовало длительному накоплению постепенных изменений и усложнений. Дарвину «кембрийский взрыв» тоже казался загадкой, которую невозможно было объяснить в рамках его собственной (по сути градуалистической) теории, и которая признавалась им в качестве убедительного аргумента против предложенной им теории эволюции.

Хотя с момента окончания кембрийского периода прошло уже более чем 500 млн. лет, но за это время не появилось ни одного нового типа животных с принципиально новым типом строения. Данное обстоятельство можно объяснить тремя типами гипотез: геологическими, экологическими и биологическими. Во-первых, существуют геологические данные о существенных изменениях положения земной оси относительно твердой оболочки, образованной континентами, за чем могли последовать значимые изменения эволюционных факторов. Во-вторых, выдвинута так называемая «кислородная» гипотеза (и большинство исследователей склоняется именно к ней), в соответствии с которой за период, предшествующий кембрийскому произошло значимое увеличение концентрации кислорода в земной атмосфере, что способствовало переходу к более эффективному аэробному метаболизму и снижению интенсивности ультрафиолетового излучения на земной поверхности. Указанные изменения могли привести к появлению дополнительного количества экологических ниш, которые и были в кембрии реализованы путем ускоренного формообразования (точнее, морфофункциогенеза). [3]. В конце концов, эволюция не может быть самоцелью живой материи, хотя и существует определенная инерционность эволюционных процессов. Следует учитывать также конечность разнообразия экологических ниш в земных условиях, формирующих определенные «запросы» для осваивающих их популяций. Вероятно, во всю последующую геологическую историю Земли условия не так сильно менялись, чтобы возникали принципиально новые по своим характеристикам экониши, требующие, в свою очередь, от организмов принципиально новых форм и функций. Если мы постулируем

однозначную связь формообразовании (таксонообразования) с появлением новых экониш, то переходным формам организмов должны соответствовать переходные формы климатических и прочих условий (экониш). Если и не было вторых, то неоткуда было появиться и первым. Однако, фактически, были и первые и вторые, но появлялись (и исчезали) в относительно короткий по геологическим меркам срок. Быстрые адаптивные радиации характерны для периодов, наступающих сразу после крупных экологических кризисов. Кембрийский взрыв как раз и является ярким примером быстрой («катастрофической») адаптивной радиации. Стоит, однако, при этом помнить, что сам по себе экологический кризис не гарантирует ускоренной эволюции и даже просто адекватной филогенетической реакции (адаптации). В общем случае при изменении значений экологических параметров возможно как отставание, так и опережение необходимых эволюционных преобразований.

Как бы там ни было, но очевидно, что со временем экологические условия, с одной стороны, становились жестче (например, появление полярных областей холода), а, с другой – мягче (упомянутая выше защита от солнечного ультрафиолета). Все это указывает на необходимость учета двух возможных механизмов эволюционных преобразований – за счет появления новых экологических ниш, в которых могут быть реализованы наличный генетический и эпигенетический потенциалы, и за счет стрессирующего и, как следствие, мутагенного (эпигенного) действия экологических факторов. Последнее обстоятельство указывает на возможную роль собственно биологических (генетических, эпигенетических) факторов, объясняющих причины кембрийского взрыва.

Еще одним поводом для ревизии канонических теорий эволюции является так называемый парадокс величины С (C-value парадокс), суть которого состоит в том, что размеры генома эукариот настолько велики, что их потенциальная геновая (информационная) емкость существенно превышает наличное (потребное) число генов. Кроме этого, вариация величины С у эукариот составляет 80 тыс. раз, а «эволюционно примитивные» реликтовые формы по содержанию ДНК на клетку зачастую превосходят представителей эволюционно «продвинутых» таксономических групп. По словам Б.М. Медникова «Судить о степени эволюционной продвинутости по размерам генома столь же правомочно, как оценивать общественное положение человека по его весу» [4].

Выяснилось, что главным «виновником», ответственным за существование С-парадокса является некодирующая часть ДНК. Так, доля негеновой ДНК может оставлять почти 99 % всего генома. Количественная разница же между геномами представителей

многоклеточных (притом, что эволюционно они сильно отстают друг от друга) значительно меньше. Гены многоклеточных эукариотических организмов в процессе эволюции дублировались либо мутационно изменялись, но принципиально новых генов почти не появлялось, что также сложно объяснить с позиций дарвиновской концепции эволюции [1]. При этом, вероятно, следует учитывать то обстоятельство, что эволюция могла идти и по пути совершенствования регуляторных систем, для чего не требуется появления качественно новых генов. В данном случае, следует говорить о своеобразной «эндогенной эволюции», не обусловленной переходом в новую экологическую нишу.

Вызывает также определенное затруднение для объяснения факт того, что генетические программы развития морфологически различных, но функционально подобных органов включаются одинаковым способом. Так, ген, включающий развитие глазного яблока у хордовых животных и членистоногих, представляет практически один и тот же ген, называемый *Pax6*. По теории Дарвина такого не может быть, поскольку у предков данных типов животных глаз не было. Похоже на то, что генетическая основа сходных качеств и функций существовала еще у предков, но никак себя не проявляла. Известны и другие подобные примеры (сходство генетических механизмов формирования речи человека и обучения птиц пению). Особенно показателен пример с *Нох*-генами, ответственными за план формирования отдельных сегментов тела, который (план) аналогичен у всех типов животных. Кроме этого, оказалось, что последовательность *Нох*-генов на хромосоме соответствует пространственно-временному порядку развития сегментов (головы, груди и т.д.), которые они кодируют. Это тоже трудно объяснить на языке дарвиновской теории, в соответствии с которой необходимые мутантные локусы появлялись в случайной последовательности, т.е. в случайных местах хромосом эукариот или в нуклеоиде прокариот. Здесь, вероятно, будет уместным сказать, что символичность, знаковость генетического кода не имеет абсолютного значения. Противоположную точку зрения следует рассматривать в качестве проявления своеобразного кодоцентризма. На самом деле, может оказаться, что многоуровневая организация генетического материала в определенной степени отражает структурно-функциональную организацию биологических систем. Яркой иллюстрацией к сказанному (хоть и из весьма далекой от теории эволюции сферы) является пример из нейрофизиологии с расшифровкой визуальных объектов по содержанию спектров нейронной активности мозга. Нейроны не только кодируют информацию, но и в значительной степени топографией своей активности воспроизводят реальные (пространственные, временные) характеристики объектов, на которые направлено внимание.

Указанные выше обстоятельства («трудности» эволюционной теории) побудили Михаила Шермана [1] предложить новую модель эволюционных механизмов, отражающую их генетическую основу. Правда, он сразу и откровенно мистифицирует («креационизирует») эту модель, считая, что причины особых событий, произошедших в начале кембрийского периода не могли иметь земного происхождения, и, что здесь не могло обойтись без «вмешательства извне» («акта творения»). Тем не менее, в модели Шермана наличествует элемент «сермяжной правды», который мы и рассмотрим.

Модель М. Шермана предполагает появление в кембрийском периоде многоклеточных организмов, обладающих «универсальным геномом», в котором содержится генетическая информация о плане строения всех существующих и поныне типов животных. Другими словами, предполагается, что представитель любого типа организации имеет (или имел) в своем геноме информацию любого другого типа и, в конечном счете, именно разница во включении программ определила принадлежность к тому или иному типу организации. Таким образом, одни животные стали червями, а другие хордовыми.

В дальнейшем «доводка» генетических программ, по мнению М. Шермана, могла происходить в соответствии с концепцией Дарвина, т.е. путем небольших случайных изменений и последующего отбора. Очевидно, что определенный биологический (структурно-функциональный) прогресс все же был, что нашло отражение в существовании более совершенных форм многоклеточных организмов (например, млекопитающих). Фактически, автором гипотезы (претендующей на «высокое звание» теории) в неявном виде утверждается идея об отсутствии прямой генетической связи (т.е. генетической преемственности) между разными типами хордовых животных – основная (базовая) информация предсуществовала еще на этапе, когда возникли основные типы многоклеточных организмов. С логической точки зрения такая позиция вполне корректна. Действительно, одновременное существование простых и сложных типов организмов вовсе не означает, что вторые произошли от первых. Фактически, предполагается наличие родственных связей между многоклеточными организмами в виде общего предка, а не в виде непрерывного (и иногда разветвляющегося) ряда все более и более усложняющихся со временем форм. Забегая вперед, скажем, что, может быть, в этом содержится самое главное рациональное зерно воззрений М. Шермана, дополняющее традиционное («фрактальное») представление генеалогического дерева. Во всяком случае, логично предположить существование двух вариантов генеалогического дерева – классического, с ветвями нескольких порядков разветвления и щеткоподобного (или кисточкоподобного), наиболее полно иллюстрирующее идею М. Шермана об «универсальном геноме». В

любом случае, здесь на примере биологической эволюции поднимается очень важная проблема общей теории системогенеза – проблема возникновения нового качества у элементов, изменения их количества и отношений между ними [5].

Мы считаем, что в процессе эволюции происходила иерархизация генома, т.е. часть генов (генома) приобретала регуляторные (управляющие) функции. Данные гены, будучи способными вызывать полную структурно-функциональную реорганизацию (модифицировать морфогенез или даже просто его «породить»), занимают более высокое «положение» по сравнению со структурными генами, поэтому их можно назвать метагенами, а некоторые даже суперметагенами (регуляторы метагенов).

М. Шерман предлагает искать универсальный геном у примитивных многоклеточных, представителями которых являются кишечнополостные. При этом важно было ответить на вопрос – или в процессе эволюции появляются новые гены, которые в принципе отсутствовали у предковых форм и тогда можно строить «классическое» эволюционное дерево, или происходит потеря генов первичного «универсального генома», что означает щеткоподобность эволюционного древа. М. Шерман предполагает вторую возможность, считая, что у предков кишечнополостных было гораздо больше генов, но они «потерялись» из-за неиспользования, и в доказательство приводит пример отсутствия у плоских червей генов, кодирующих белки семейства *EphR*, но имеющихся у человека. Идея Шермана состоит в том, что если у более примитивных, чем черви, форм такие гены сохранились, то это будет подтверждением его гипотезы.

В неявном виде гипотеза М. Шермана базируется на факте избыточности биологических систем, которая проявляется на всех уровнях биологической интеграции и, в частности, на макромолекулярном уровне. Возможно несколько путей возникновения избыточности генома, т.е. такого, у которого не вся наличная генетическая информация задействована в морфо-функциональном генезе и собственно в онтогенезе. Наряду с явлением полифункциональности генов увеличение информационной емкости генома возможно за счет полногеномной и частичной дупликации генных локусов. Правда, остается открытым вопрос о механизме дупликации генетического материала. Неясно также были ли это нейтральные макромутации (геномные мутации), заложившие основы для дальнейшего адаптационного генеза, или они сразу имели адаптивный характер остается неясным.

Информационному расширению генома могла способствовать и вставки чужеродных генетических текстов, и хромосомные рекомбинации, точечные и хромосомные мутации. Подобная ситуация

несколько не противоречит законам генетического наследования, поскольку нейтральные изменения генома тоже наследуются.

Можно согласиться с мыслью М. Шермана о том, что отсутствие какой-либо структуры и/или органа у более простого организма не обязательно указывает на их обязательное появление (приобретение) в процессе эволюции (что, фактически, означает необязательность прогрессивной эволюции), но также может указывать на факт потери или структурно-функционального упрощения у данного организма за последние 500 млн. лет эволюции.

Достоинство предложенной модели состоит еще и в том, что она обладает определенной эвристичностью, т.е. предсказательной силой, главным образом, указывая на существование у более примитивных организмов генетических программ структурно-функционального развития эволюционно «продвинутых» организмов.

Необходимо также учитывать то, что регуляторных генов (генов «домашнего хозяйства») не так уж много и требуется (генетическая «поддержка» плана строения тела, функционирования выделительной системы, локомоторных органов, сенсорных систем, системы пищеварения, выделительной система, иммунитета, систем размножения, нервной и кровеносной систем), и что они могли первично существовать в виде квазигенов (протогенов). Ведь первичная молекула ДНК не представляла собой «гроздь» генов, не имеющих ни возможности транскрибироваться, ни, тем более, транслироваться.

Гены не только мутируют (мутируют «старые» гены вследствие точечных мутаций), кодируя приобретение новых функций и/или оптимизируя существующие, но возникают и новые гены на новой структурной основе (например, вследствие дупликации наличного генетического материала или путем горизонтального или вертикального переноса генов). Новые гены на новой структурной основе возникают как спонтанно («непреднамеренно») в силу эндогенных процессов, так «преднамеренно» в ответ на стрессирующие «запросы» среды, представленной совокупностью биотических и абиотических факторов. Например, популяция в процессе своей жизнедеятельности сама может «породить» фактор в принципе любой природы, который, с одной стороны, будет выступать фактором изменчивости, и, с другой стороны, должна будет к нему приспосабливаться, т.е. фактор может выступить одновременно и фактором отбора [6]. О спонтанности и индуцибельности мутаций, разумеется, следует говорить и в отношении точечных мутаций.

Идея избыточности «универсального генома» М. Шермана требует ответа еще на один вопрос (снова системологическая проблема) – мог ли возникнуть геном с такой степенью избыточности? Каковы вообще пределы биологической избыточности, каков

механизм биологической избыточности и как его проявление зависит от уровня структурно-функциональной организации биосистем? В этом отношении интерес представляют взгляды С.Б. Пашутина [7] на механизмы биологической эволюции. Он, в частности, считает, что можно представить «...эволюционный процесс как предварительное, за длительный срок, накопление потенциально или условно полезных химических сочетаний, которые ожидают подходящих условий, чтобы оказаться востребованными... докембрийский этап филогенеза можно рассматривать, как чрезвычайно важную стадию биологической эволюции... Его историческая ценность заключалась в накоплении «биосырья». Не исключено также, что элементы «универсального генома» существовали у одноклеточных предшественников многоклеточных организмов и их возникновение и эволюция происходило на основе «самосборки» предсуществующих генетических систем.

В заключение следует заметить, что вместо того, чтобы обвинять Михаила Шермана в креационистских настроениях (против чего, кстати, он и сам не возражает), не лучше ли подумать о принципиальной возможности существования «универсального генома» (или о возможности геной и/или геномной избыточности) и о том, как он мог возникнуть (если мог вообще). В конце концов, гипотеза М. Шермана не претендует на статус новой эволюционной теории, она лишь призвана описать определенный этап биологической эволюции, а именно, этап после возникновения «универсального генома». Самого механизма возникновения такого генома гипотеза не касается. Даже, если гипотеза М. Шермана не подтвердится, она уже сыграла положительную роль, являя собой яркий пример проявления принципа поризма [8], в соответствии с которым поризм – это утверждение («непредвиденное следствие»), сформулированное в ходе решения какой-либо задачи, которое по содержанию своему охватывает намного более широкий круг явлений, нежели тот, к которому эта задача относилась. И ошибочные теории могут быть пористичны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sherman M.* Universal genome in the origin of metazoan // *Cell Cycle*. – 2007. – 6, № 15. – P. 1873-1877.
2. *Мухеев А.Н.* Эпигенетическое усиление мутационных изменений, повышающее разрешающую способность естественного отбора // «Достижения і проблеми генетики, селекції та біотехнології», сб. наук. праць. – Т. 4. – К.: Логос, 2012. – с. 165-170.
3. *Sperling E., Friederich C., Ramanc A., Girguis P., Levin L., Knoll A.* Oxygen, ecology, and the Cambrian radiation of animals // www.pnas.org/cdi/doi/10.1073/2013/07/pnas.1312778110.

4. *Медников Б.М.* Происхождение и эволюция нуклеиновых кислот. Журн. Всесоюз. хим. о-ва им Д.И. Менделеева, 1980, т. 25, №. 4, с. 425-431.

5. *Урманцев Ю.А.* Эволюционика, или Общая теория развития систем природы, общества и мышления. – М.: Либрикон, 2009. – 240 с.

6. *Михеев А.Н.* Может ли фактор генетической и/или эпигенетической изменчивости быть одновременно фактором отбора измененных им форм? // Сб. наукових праць «Фактори експериментальної еволюції організмів», т. 8., Київ: Логос, 2010. – с. 56-61.

7. *Пашутин С.Б.* Биологическая эволюция и морфогенез // Биология. Приложение к газете "Первое сентября". – 2004. – Дек. (N 45). – С. 2-5, дек. (N 46). – С. 22-23.

8. *Корогодин В.И., Корогодина В.Л.* Информация как основа жизни. – Дубна: Издательский центр «Феникс», 2000. – 208 с.

12. ИНВАРИАНТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭВОЛЮЦИОНИЗМА

Опубликовано в «Факторы экспериментальной эволюции», Київ, Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова, 2015, т. 16. – с. 68-73.

В статье рассмотрено состояние теории глобального эволюционизма (ТУЭ) с точки зрения его инвариантов. Создание ТУЭ предполагает поиск таких свойств эволюционирующих систем, которые характерны для всех систем независимо от уровня их структурно-функциональной организации, т.е. эволюционных инвариантов – единых механизмов эволюции и величин (качественных и количественных) ее характеризующих. Утверждается, что ТУЭ способна обогатить теорию биологической эволюции (ТБЭ). И, наоборот, возможно использование эвристических возможностей ТБЭ для решения проблем ТУЭ. Предполагается, что синергетика, общая теория систем и меметика в качестве метанаучных дисциплин могут составить основу ТУЭ.

Логика предыдущих статей автора, опубликованных более чем за десятилетний период в сборниках «Факторы экспериментальной эволюции», привела к необходимости рассмотреть проблемы более высоко уровня абстрагирования, т.е. метаэволюционные проблемы и, прежде всего, проблему выявления последовательности причин, породивших все многообразие окружающего нас мира. Например, если «причиной космоса» считается спонтанная флуктуация физического вакуума [1], то как представить всю иерархию причин, породивших видимый мир? Именно это составляет предмет междисциплинарной теории универсального эволюционизма (ТУЭ) – учения об общих принципах эволюции наблюдаемой Вселенной как о едином процессе, являющемся путем к вершине эволюции – человеческому разуму (этап когнитивной эволюции) и, возможно, к сверхразуму – ступень Z_0 по А.Д. Панову [2]. ТУЭ является результатом эмпирического обобщения наблюдаемых фактов сходства эволюционных процессов на разных уровнях интеграции материальных и идеальных объектов, синтезом множества эволюционных знаний о частных проявлениях эволюционизма на основе предположения о существовании единых механизмов эволюции – инвариантов эволюции для мега-, мезо- и микромиров [3]. Хотя ТУЭ претендует на статус общенаучной теории, подобно кибернетике, синергетике или общей теории систем (ОТС), но по своим формальным признакам она еще далека от полноценной теории и станет таковой, лишь достигнув своей конечной цели – создания

теории эволюционного системогенеза. Пока же ТУЭ характеризуется неизбежной эклектичностью содержания по причине незавершенности поиска инвариантов эволюционных изменений, которые могли бы служить элементами будущей ТУЭ, что (незавершенность) отражается на форме и содержании данной статьи.

Рассмотрение того, чем может обогатить ТУЭ теория биологической эволюции (ТБЭ) и, наоборот, использование эвристических возможностей ТУЭ, т.е. выяснение применимости глобальных обобщений ТУЭ для решения проблем ТБЭ, составляет основную задачу статьи, название которой можно было бы переформулировать следующим образом: «Почему возможна самоорганизация (фактически, синоним понятия «глобальный эволюционизм»)»?». Нас, разумеется, будут интересовать, прежде всего, возможности ТБЭ, для которой ТУЭ предполагается использовать в качестве исследовательской программы.

Биологическая эволюция – частный случай эволюции материи вообще, под которой обычно понимается процесс ее спонтанной самоорганизации от простых форм к более сложным, прогрессивным формам. В рамках ТУЭ идея спонтанного усложнения материальных объектов принимается как аксиома. При этом считается, что продукты самоорганизации предыдущего уровня являются исходными элементами для организации («самосборки») последующего уровня. Таким образом, возникает наблюдаемая в настоящее время иерархичность окружающего нас (и иерархичность нас самих) мира.

Существующих частных эволюционных теорий (космологических, геологических, эволюционных и др.) самих по себе недостаточно для решения проблем ТУЭ. Недостаточно для этого и общенаучных теорий. В частности, синергетика, претендующая на эту роль, не способна объяснить эволюцию сложных систем, для которых характерно наличие принципиально новых качеств, отсутствующих в явном виде у слагающих ее элементов. Так, по мнению А.В. Болдачева [4] синергетики недостаточно также для описания сложного развития, связей и взаимодействия элементов систем, процессов, функционирования, причин и направленности их эволюционного развития. Например, такое синергетическое по своей природе явление, как ячейки Бернара (возникновение упорядоченности в виде конвективных трехмерных ячеек) хорошо описывается теорией синергетики, но лишь на уровне явления, а механизм образования макроструктур с новыми качествами остается нераскрытым.

Собственно создание ТУЭ предполагает поиск таких свойств эволюционирующих систем, которые характерны для всех систем независимо от уровня их структурно-функциональной организации (УСФО), т.е. эволюционных инвариантов (ЭИ) – единых механизмов эволюции и величин (качественных и количественных) ее

характеризующих. Имеется множество ЭИ, факт существования которых указывает на универсальность эволюции [3]. К числу ЭИ, в первую очередь, следует отнести универсальные типы структурно-функциональной изменчивости, что, собственно говоря, и составляет феноменологию универсального эволюционизма. Так, упоминание эволюционирующих систем неминуемо приводит нас к мысли о возможности рассмотрения ТБЭ в качестве прототипа общей теории развивающихся систем (фактически, ТУЭ) и, наоборот, использование достижений общей теории систем (ОТС как начального варианта ТУЭ) для решения проблем биологической эволюции. В связи с этим, велик соблазн использовать ОТС для решения проблем ТУЭ, например, использовать положения одной из самых разработанных ОТС [5] о типах преобразования систем или положения И.Г. Моисеевой о векторах изменений [6]. В частности, И.Г. Моисеева предлагает рассматривать изменения типа «плюс-минус», «прогресс-регресс», «усложнение-упрощение», учитывать заданный уровень исследований (молекулярный, клеточный, тканевой, органный, индивидуальный, популяционный и т.д.), на каждом из которых возможны такие изменения, а также учитывать изменения на разных временных этапах существования объекта (филогенетический, онтогенетический, возрастные периоды). Возможны также и другие аспекты рассмотрения – материальный и нематериальный (идеальный), относящийся к объектам, обладающих сознанием, генетический и негенетический (эпигенетический), учет количества и качества взаимодействий, наличие одно- и двусторонних взаимодействий, тип оказываемого эффекта – положительный, отрицательный и нейтральный. Все перечисленное составляет огромное множество типов изменчивости, требующих оценки в качестве «кандидатов» на универсальные инварианты эволюции.

Следует выделять два типа инвариантов – константные (например, консервативность эволюции и др.) и экстремальные (например, «усиление-ослабление», «усложнение-упрощение» и др.). Два важнейших инварианта эволюции – эволюционный консерватизм (каждый УСФО материи базируется на предыдущем, включая его в качестве субструктуры или подсистемы) и явление диспропорционирования энтропии (сопряжение двух процессов – возникновение низкоэнтропийного продукта сопровождается выделением большого количества высокоэнтропийных продуктов в окружающую среду) [7]. Фактически, последний принцип указывает на локализацию порядка (организованности в ограниченном пространстве) за счет глобализации (распространения в окружающей среде прогрессивно организующегося объекта) хаоса. Эволюционирующим системам приходится все более и более

возрастающей хаотизацией мира «платить» за переход космической энергии в энергию психическую [8].

Сутью эволюционного консерватизма является то, что прогрессивное развитие феноменологически проявляется в его преемственности (наследуемости, номогенетичности, ортогенетичности), т.е. во внутренней причинной связи между следующими друг за другом состояниями изменяющейся системы [9]. Поскольку состояние системы определяется совокупностью ее текущих качественных и количественных характеристик, то преемственность выражается в виде зависимости последующих состояний системы от предыдущих, опосредуемых текущим состоянием, т.е. в относительно устойчивом сохранении последствий (влияний, детерминаций) предыдущих состояний при замене их новыми состояниями. Благодаря преемственности ряд состояний системы связывается (объединяется) в единый процесс развития, в котором система, постоянно изменяясь, тем не менее, сохраняет свою индивидуальность. Количественные и качественные характеристики системы при этом хоть и меняются, но система остается «узнаваемой» на всем пути своего развития. Правда, «узнаваемость» представляет собой идеальный случай для изучения эволюции. Чаще же всего, мы постоянно сталкиваемся с проблемой недостающих звеньев в эволюции (и в эволюции косной материи также), решение которой и позволяет нам «узнавать» систему, воссоздавая все этапы ее эволюции. Очевидно, что преемственность (наследуемость), как феномен, обеспечивается определенным механизмом преемственности, обуславливающим непрерывность процесса развития систем.

Вероятно, эволюция вообще не смогла бы осуществляться, если бы состояла из одних «инвариантов» и не появлялись специфические (уникальные) особенности на каждом новом уровне прогрессивно развивающихся объектов. Прогресс «ломает» универсализм. Возможно, идею глобального универсализма следовало бы дополнить идеей глобального «уникализма». Другими словами, эволюционный консерватизм должен сопровождаться эмерджентностью (неаддитивностью).

Но почему же системы движутся? Почему они изменяются, причем изменяются с повышением уровня своей организации? Почему изменяется тип симметрии?

С понятием развития тесно связаны понятия причины и следствия. В процессе развития постоянно наблюдается временное отставание следствий от вызывающих их причин. Влияние прошлого (причины) на будущее (следствие) не заканчивается мгновенно. Иначе говоря, влияние прошлого на будущее продолжается какое-то время, т.е. наблюдается инерционность развития, которую можно

рассматривать в качестве обобщенного представления о наследственности (наследуемости). Любое развитие системы инерционно, т.е. система, пребывая в текущем состоянии, обладает способностью наследовать причины. Таким образом, в инерционности проявляется фундаментальная способность объектов любой природы к взаимодействию с окружающими их объектами и проявляется эта способность, прежде всего, в способности реагировать на какие-либо воздействие. Наш мир устроен причинно и в основе причинности, вернее, условием ее проявления является способность систем к инерционному движению, которое в скрытом или явном виде содержит предысторию системы. Инерционное движение, имеющее определенные характеристики, представляет собой актуализированную идею (план, квазиплан, потенцию) развития системы, которая присутствует в ней до начала движения в скрытом, потенциальном виде. Система всегда движется по инерции (или просто движется) так, как она может, с одной стороны, двигаться, а, с другой стороны, так как ее может двигать влияющая на нее система-фактор. Характеристики движения системы могут быть таковы, что она сама и все последующие новообразованные с ее участием системы будут обладать способностью продолжать взаимодействие с новыми системами. Влияние первичного акта взаимодействия двух систем может распространиться на системы более высокого уровня интеграции, что будет свидетельствовать о своеобразном наследовании характеристик систем-прародительниц на других уровнях интеграции, но, конечно же, в измененном виде. Поведение первично взаимодействующих систем как бы «инструктирует» поведение последующих новообразованных систем.

Еще один эволюционный инвариант предлагает выделить А.Д. Панов [3], а именно свойство аддитивности – возникновение в процессе эволюции новых уровней не сопровождается исчезновением старых, которые в модифицированном виде участвуют в последующих эволюционных преобразованиях. С нашей точки зрения аддитивность в качестве эволюционного варианта является структурным аналогом принципа эволюционного консерватизма. К эволюционным инвариантам относят также и показатели ускорения разного рода эволюционных процессов [3].

Предпринимаются попытки использовать терминологию ТБЭ для описания эволюционных процессов, имеющих универсальный характер. Так, В.В. Казютинский [1] предлагает дополнить дарвиновскую триаду (изменчивость, наследственность, отбор) апориями А.А. Любищева: «... 1) эволюция (трансформизм) и постоянство (генезис – стазис); 2) эволюция (преформация) и эпигенез; 3) эволюция и революция; 4) эволюция и эманация...» [10], рассматривая их как инварианты универсального эволюционизма.

Особую методологическую ценность, с нашей точки зрения, представляет первая из перечисленных апорий, а именно «эволюция (трансформизм) и постоянство». Чаще всего, понятие эволюции ассоциируется, как правило, именно с трансформизмом, т.е. с какой-то динамикой, непрерывными, постепенными или скачкообразными преобразованиями. С учетом последнего (т.е. скачкообразности), принцип универсального эволюционизма должен быть дополнен принципом универсального революционизма. Что же касается «постоянства», то в действительности, механизмы, за счет которых повышается исходный уровень изменчивости (генетической в виде мутагенеза при работе системы ошибочной репарации или эпигенетической в виде эпимутагенеза за счет функционирования систем перепрограммирования паттернов генетической активности), одновременно (и главным образом!) являются механизмами, обеспечивающими стабильность функционирования или существования вообще.

Для развития ТУЭ важно подчеркнуть, что материальные (да и идеальные) объекты не стремятся эволюционировать. Им важно существовать, т.е. быть стабильными. Но так уж устроен наш Мир, что стабильность возможна только динамическая и не просто динамическая, а прогрессивно динамическая. Свободна ли эволюция? Эволюция как познанная необходимость прогрессивно изменяться с целью сохранения?

Обобщить дарвиновскую триаду с целью создания метаязыка ТУЭ предлагает и Н.Н. Моисеев [11]. Изменчивость, являясь объективной характеристикой нашего мира, указывает на источник эволюционного материала, который, в свою очередь подвергается отбору в соответствии с законами сохранения. Механизмы наследственности указывают не только на способность материальных объектов сохранять свои свойства и характеристики, но и на «способность будущего зависеть от прошлого», т.е. на преформистский компонент из вышеупомянутой любичевской апории «эволюция (преформация) и эпигенез». На роль преформистского (телеономического) инварианта, фактически, указывает и В.В. Налимов [12], говоря о том, что эволюция представляет собой последовательность дискретных состояний-распаков исходного «семантического поля», и С.П. Курдюмов [13], утверждая, что в нелинейных средах возникают лишь такие структуры, которые предсуществовали в них в форме структур-аттракторов.

В конечном счете, еще плохо разработанную теорию биологической адаптации («сохранения») можно «положить в основу» будущей общей теории адаптации как главного компонента ТУЭ. Н.Н. Моисеев [11] считает, что использование дарвиновской триады позволяет увидеть общую логику развития материального мира. Мы

считаем, что настал момент обобщения понятия «наследственность» на все структурные уровни Универсума – косной материи, живого вещества и человеческого разума. Фактически, такое обобщение уже в неявном виде произошло при возникновении меметики, но она обращает внимание преимущественно на наследование в социокультурных процессах (эволюция «психической энергии»), но, по сути дела, должна охватывать генетику, эпигенетику и гипогенетику (изучение наследование в косных системах). В связи с последним целесообразно рассмотреть роль меметики в качестве варианта ТУЭ [14]. Еще Ричард Докинз [15] предложил дополнить дарвиновскую концепцию эволюции концепцией репликатора культурной эволюции – мема. Для рассматриваемой нами темы важны рассуждения Р. Докинза о том, что «... дарвиновское «выживание наиболее приспособленных» – это на самом деле частный случай более общего закона выживания стабильного. Мир населен стабильными объектами. Стабильный объект – это совокупность атомов, которая достаточно стабильна или обыкновенна, чтобы заслуживать собственного имени». По мнению Р. Докинза естественный отбор тоже эволюционировал, представляя собой уже на самых ранних этапах сохранение стабильных форм и отбрасывание нестабильных. При этом обеспечение стабильности возможно двумя способами: путем длительного сохранения или путем самокопирования. С этой точки зрения ген – лишь частный случай копирования (репликации). Если речь идет о репликации единиц культурной информации, то такое копирование называется копированием мемов. Таким образом, мем есть единица культурной информации, способная к хранению, модификации («мутированию»), репликации и распространению в социальных группах. Все это составляет предмет меметики, необходимость в расширении предмета которой давно назрела, поскольку накоплен огромный массив эволюционных знаний в самых разных научных дисциплинах, требующих обобщения разнообразных проявления наследования в рамках единой теории, на роль которой как раз и претендует меметика. Во всяком случае, если учесть увеличение чувствительности и возрастание роли информационных факторов в процессе эволюции мира, меметика должна занять свое достойное место.

Можно ли применить меметику к описанию эволюции двух ее «рукавов» – до образования тяжелых элементов и после? [3]. Вероятно, да. А если это так, то «отбор на стабильность» по Докинзу, является единственно «универсальным» инвариантом, характеризующим состояние всех эволюционирующих систем независимо от уровня их структурной организации. Кроме этого, если распространить воззрения В.В. Козютинского [1] и Н.Н. Моисеева [11] на идеальные объекты, то они (воззрения) существенно дополняют (или

даже составят основу!) миметическую (и, следовательно, ТУЭ) теорию.

Н.И. Горбунов [16] считает, что необходимо ввести представление об эталонной эволюционирующей системе. Примером последней является эволюция жизни на Земле, изученные тонкие механизмы которой «...ждут экстраполяции на другие уровни организации Вселенной», в частности, такой экстраполяции (биологизации) «ждет» физика элементарных частиц, результатом чего может быть нахождение механизма их эволюции. Очевидно, что критериями такой «эталонизации» биологической эволюции должны быть как раз инварианты эволюционизма.

Возвращаясь к идее самоорганизации, как, вероятно, самому фундаментальному инварианту эволюционирующих систем, следует сказать, что абсолютной самоорганизованности в природе не существует. Недетерминированных процессов быть не может. Все имеет свою причину. Вопрос только в том, в какой мере процессы вообще и эволюционные в частности самостоятельны, т.е. каково соотношение внешних и внутренних факторов-причин. Самоорганизация – процесс упорядочивающего («организующего») взаимодействия элементов системы одного уровня за счёт ее внутренних факторов, без внешнего специфического воздействия. Внешние условия могут быть как стимулирующими, так и подавляющими воздействиями. В результате самоорганизации появляется структура следующего качественного (структурно-функционального) уровня. Фактически, в процессе самоорганизации происходит переход от стохастической системы к детерминированной. При этом происходит реализации морфообразующего потенциала стохастической системы.

А.В. Болдачёв [4] к эволюционирующим (саморазвивающимися) относит только две системы: авангардную систему и весь Мир, эволюционный потенциал которых как раз и реализуется в текущих («здесь и сейчас») преобразованиях данных систем. По А.В. Болдачёву нынешний авангард эволюции – социальная система. Вероятно, имеется ввиду антропная социальная система. Однако, исходя из собственного определения эволюции как процесса, «...при котором возникающие определенности являются новыми, уникальными не только для конкретной системы, но и для всего Мира в целом», и определения саморазвития, как процесса автономного (самостоятельного, не направляемого внешними воздействиями) образования некоторой функционирующей системы из независимых, рассредоточенных элементов или как процесса «...появления (формирования, образования) у некоторой автономной системы новых признаков, свойств, функций и так далее, под воздействием только внутренних причин», А.В. Болдачев

саморазвивающейся системой в итоге считает только Мир. Но даже и Миру он, в конце концов, отказывает в «праве» на саморазвитие. В этом терминологическом сумбуре все же есть рациональное зерно. Во-первых, в процессе квазисаморазвития происходит возникновение новых качеств и, во-вторых, при этом реализуются предзаданные (существующие потенциально) сценарии. Вероятно, к эволюции авангардных систем следует отнести глобальный закон (инвариант) самоорганизации: максимальный уровень организации материи во Вселенной растет со временем в процессе консервативной эволюции, проходящей через последовательность качественно различных форм структурной организации материи [2].

Таким образом, в качестве выводов хотелось бы повторить положения, которые могут стать своеобразными «точками роста» ТУЭ. Вероятно, синергетика, общая теория систем и меметика в качестве метанаучных дисциплин могут составить основу теории универсального эволюционизма. Существует огромное множество типов изменчивости материальных и идеальных объектов, требующих оценки в качестве «кандидатов» на универсальные инварианты эволюции. В результате самоорганизации появляются структуры следующего качественного уровня. Фактически, в процессе самоорганизации происходит переход от стохастической системы к детерминированной. При этом происходит реализации морфообразующего потенциала стохастической системы. В процессе эволюции осуществляется постоянная локализация порядка (организованности в ограниченном пространстве) за счет глобализации (распространения в окружающей среде прогрессивно организующегося объекта) хаоса. Эволюция вообще не смогла бы осуществляться, если бы состояла из одних «инвариантов» и не появлялись специфические (уникальные) особенности на каждом новом уровне организации прогрессивно развивающихся объектов. Механизмы, за счет которых повышается исходный уровень изменчивости, одновременно являются механизмами, обеспечивающими стабильность функционирования или существования вообще. И, наоборот. В связи с этим, представляется возможным идею глобального универсализма дополнить идеей глобального уникализма. Существует необходимость обобщения понятия «наследственность» на все структурные уровни Универсума, что возможно при помощи меметической теории, которая должна включать генетику, эпигенетику и гипогенетику (изучение наследование в косных системах).

Литература

9. Казютинский В.В. Эпистемологические проблемы универсального эволюционизма – в кн. Универсальный эволюционизм и глобальные проблемы. – М.: ИФ РАН, 2007. – с. 4-32.
10. Панов А. Глобальный закон самоорганизации – <http://astroera.net/content/view/105/43/> – 2015.
11. Панов А.Д. Инварианты универсальной эволюции и эволюция в Мультиверсе. – в кн. Универсальный эволюционизм и глобальные проблемы. – М.: ИФ РАН, 2007. с. 73-96.
12. Болдачёв А.В. Терминология и мифы эволюционизма. — СПб.: Питер. – 2004.
13. Ю.А. Урманцев. Симметрия природы и природа симметрии (Философские и естественно-научные аспекты) – М.: Мысль, 1974. – 229 с
14. Моисеева И.Г. Теоретические аспекты изучения форм изменчивости в биологии // Сб. научн. тр. "Съезд генетиков и селекционеров, посвященный 200-летию со дня рождения Чарльза Дарвина. V съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров. Часть I. Москва, 21-28 июня 2009. – с. 88."
15. Галимов Э.М. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. – М.: Едиториал УРСС, 2006. – 256 с.
16. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. – М.: Мысль, 1995. – 768 с.
17. Раутиан А.С. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. – В кн.: Современная палеонтология: В 2-х томах. – М.: Недра, 1988, – Т. 2. – с. 76-78.
18. Любищев А.А. Проблема формы, систематики и эволюции организмов. – М.: Наука, 1982. – 279 с.
19. Моисеев Н.Н. Современный рационализм. – М.: МГВП КОКС, 1995. – 376 с.
20. Налимов В.В. В поисках иных смыслов. – М.: Прогресс, 1993. – 278 с.
21. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики СПб.: Алетейя, 2002. – 414 с.
22. Поляков Е.М. Меметика: наука или парадигма? // Вестник ВГУ. Серия: Философия. – 2010. – № 2. – с. 160-165.
23. Докинз Р. Эгоистичный ген – М.: Мир, 1993. – 318 с.
24. Горбунов Н.И. Универсальность дарвиновской триады (наследственность, изменчивость, отбор) для реализации эволюционных механизмов саморазвития эволюционирующих систем [Электронный ресурс]. – 2014 – Режим доступа: <http://SciTecLibrary.ru>

13. ЭМПИРИЧЕСКИЕ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Опубликовано в «Фактори експериментальної еволюції», Київ, Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім.. М.І. Вавилова, 2016, т. 19., с. 257-261.

Процесс дифференциации наук привел к дисциплинарному построению научного знания. На современном этапе актуальным становится движение к интегрированности научного знания путем использования идей и методов одних наук в других науках. Наблюдается все усиливающийся переход от дисциплинарных методов исследования к проблемно-ориентированным. Происходит формирование универсальной научной картины мира, построение которой основывается на использовании принципов развития (эволюции, самоорганизации и системогенеза) [1] для решения собственно проблемы развития, одним из аспектов которой является проблемы биологического онто- и филогенеза. Другими словами, общенаучная тенденция концептуализации («концентрирования») знания распространяется и на общенаучные проблемы, объединяющие меж- и внутридисциплинарные подходы. Однако, пока этого не произошло в достаточной мере, частные знания об объекте (в нашем случае о биологической эволюции) чаще всего пытаются свести в общую теоретическую систему чисто механически, что является, в частности, отражением нерешенности проблемы механизмов системогенеза.

С точки зрения методологии и теории науки в систему научной дисциплины входят восемь основных элементов: 1) факты; 2) средства выражения (специфические и метанаучные языки); 3) методы и методики, фиксирующие исследовательские приемы; 4) онтологические схемы, отражающие идеальную действительность изучения; 5) модели, представляющие частные объекты исследования; 6) элементы теории; 7) проблемы, парадоксы; 8) задачи научного исследования [2]. Очевидно, что междисциплинарное взаимодействие возможно и необходимо по всем перечисленным позициям. Каждый научный предмет существует и изменяется («эволюционирует») в широком окружении других научных предметов, математики, общей методологии и философии, из которого он может получать эмпирический материал, онтологические и методологические представления и схемы, а также средства выражения. Некоторые из элементов окружения – например, философия и методология – управляют функционированием и развитием научных предметов, т.е. выполняют регулирующую функцию. В процессах объединения и синтеза знаний участвуют все указанные элементы научного предмета

и многие единицы из более широких охватывающих его систем методологии и философии.

Науки никогда не развивались самостоятельно – между ними всегда существовали горизонтальные и вертикальные связи. Связь первого типа предполагает внутрипредметные взаимодействия (например, между биологическими науками) и межпредметные (например, между биологией и физикой), а вторые – взаимовлияние между частными науками и науками, стремящимися выработать общенаучные принципы, т.е. метанаучные дисциплины, претендующие на обоснование и изучение различных наук на основе общего, общего для них метаязыка, и представляющие собой обобщение какой-либо научной проблемы (проблемы биологической эволюции, например), и могущее захватывать и смежные науки. Методологическое значение метанауки определяется фактом присутствия точек пересечения между конкретными дисциплинами и проявляется в практике сведения человеческих знаний во всеобъемлющую, согласованную науку, основанную на каком-либо едином комплексе понятий. Примером метанаучных дисциплин может быть, прежде всего, системный подход (системология), кибернетика и синергетика.

При всей целесообразности метанаучных подходов к решению проблем биологической эволюции (ПБЭ) и, в частности, построении общей теории биологической эволюции, на что указывалось в статье «Инварианты универсального эволюционизма» [3], необходимо постоянно «заботиться» об ее (теории) адекватности. Поскольку в целом проблема биологической эволюции не решена, то в данной статье мы попытались определить чего «не хватает» для ее решения. Во-первых, это может быть недостаток фактического материала, источником («поставщиком») которого для теоретических изысканий являются палеонтология (с ее вечной проблемой «недостающего звена»), результаты экспериментального изучения биологической эволюции (БЭ), подобные тем, которые получал в свое время Г.Х. Шапошников [4], практика селекции и биоинженерии [5], результаты математического моделирования БЭ и др. Во-вторых, «стимульным материалом» для решения ПБЭ являются исследовательские проекты и соответствующие концептуальные построения (гипотезы, теории, законы, постулаты, принципы и т.п.), имеющие своей целью объяснение механизмов БЭ. В данном случае, фактически, перечислены области специфические для решения ПБЭ. Следует, как указывалось выше, также учитывать и возможность «помощи» в решении ПБЭ со стороны смежных дисциплин (физики, химии и др.), а также со стороны дисциплин, имеющих общенаучный и метанаучный характер (математики, системного подхода и даже философии).

Проблема эволюции (развития) вообще, т.е. ее адекватное описание, раскрытие механизмов и изучение ее телеономических аспектов, является общенаучной проблемой. Специальные дисциплины вносят свой вклад в исследование эволюции на разных уровнях ее проявления. Так, физика изучает закономерности эволюции в микромире, развитие физических тел, эволюцию в мегамире. Химия изучает молекулярную эволюцию – процесс развития материи от простейших неорганических веществ до биополимеров (белков, нуклеиновых кислот). История изучает эволюцию человеческого общества. Психология исследует эволюцию индивида, его знаний, умений, его личностных качеств. Существует также множество философских проблем теории эволюции – соотношение необходимости (закономерности, направленности) и случайности, внутреннего и внешнего (факторов, например), дискретного (прерывистого) и непрерывного (градуального) в эволюционном процессе. Важными для решения ПБЭ являются также рекомендации со стороны гносеологического компонента философии – критерии верификации истинности теорий, оптимальное сочетание аналитических и синтетических процедур, индукции и дедукции и др.

В представленной ниже таблице учтены возможные пути «обогащения» собственно эволюционной биологии, рассмотренные на основании принципа специфичности/неспецифичности возможных междисциплинарных влияний. Под специфическими элементами понимаются, прежде всего, биологические науки, как источник внутрипредметных связей. К неспецифическим отнесены межпредметные источники, обеспечивающие горизонтальное и вертикальное взаимодействие наук.

Таблица. Классификация источников фактических и концептуальных элементов системы решения проблем биологической эволюции

Источник элементов						
Специфические				Неспецифические		
Опытные		Теоретические		Научные		Метанаучные
Наблюдение	Эксперимент	Гипотезы	Постулаты Принципы Законы Теории	Опытные	Теоретические (термодинамика, синергетика, физика, химия, космология)	(математика, системный подход, философия)

Для решения ПБЭ также требуется «помощь» со стороны смежных наук в вопросах поиска новых феноменов (фактов) и их механизмов, в вопросах методологии научного исследования (специфические и общие способы построения теорий и т.п.). Так, невладение «технологией» определения причинно-следственных связей приводит к путанице в объяснении феноменов биологической эволюции. Сказывается специфика психологии познания, когда возникает желание всем биологическим явлениям придать какой-либо значимый смысл, например, это проявляется в попытках придать эволюционный смысл явлению репродуктивной изоляции, которая, фактически, является не причиной видообразования, а следствием изоляции конкретного вида от вида-предка. Рассмотрим это пример подробнее.

Концепции вида можно разделить на три группы: 1) типологическая, согласно которой особи не находятся друг с другом в каких-либо особых отношениях, будучи просто выражением одного и того же типа; изменчивость представляет собой результат несовершенных проявлений «идеи», заложенной в каждом виде; 2) номиналистическая, согласно которой в природе существуют только особи со своей изменчивостью, тогда как виды – это абстракции, 3) биологическая концепция (современная), подчеркивающая популяционный аспект и указывающая на то, что реальность вида определяется исторически сложившимся, общим для всех особей информационным содержанием его общего генофонда [6].

Если биоту рассматривать как открытую сильно неравновесную саморазвивающуюся и самоорганизующуюся систему, то это означает, что она включает некий универсальный элемент своей структуры, который допустимо обозначить общим понятием «биологический вид». Вид обладает определённой устойчивостью (в том числе определёнными пространственно-временными границами) и собственной структурой, что позволяет считать его индивидом или хотя бы квазиндивидом. Устойчивость вида обеспечивается механизмами, действующими на уровне биоты в целом, на уровне структурирования «потока развития» биоты [7]. Здесь следует констатировать методологический «прокол» – обосновывается идея реальности существования биологического вида, как особого уровня организации жизни, т.е. происходит возврат все к той же типологической концепции вида.

Н.В. Тимофеев-Ресовский с соавторами [8] среди прочих эволюционных факторов (которые являются, фактически, элементами механизма эволюционных преобразований), и которые обеспечивают определенную временную и пространственную устойчивость вида, выделяют изоляцию: «...необходимо наличие фактора или факторов,

расчленяющих одну исходную популяцию на две или несколько...». Такая изоляция, по мнению авторов, представляет собой барьер, нарушающий или полностью исключаящий панмиксию. Считается, что изоляция закрепляет возникающие различия генотипов в разных изолирующихся частях популяции. Здесь мы снова имеем дело с сугубо методологической проблемой. Нескрещиваемость (репродуктивная изоляция – РИ) являются следствием, а не причиной видообразования. Если популяцию чисто механически разделить на две субпопуляции, сохранив при этом для двух субпопуляций прежние условия существования неизменными, то РИ не произойдет, т.к. сохранятся все значения параметров экологических ниш, к которым они уже генетически адаптировались. Иначе говоря, если новые экониши не будут существенно различаться (в какой степени они должны различаться с точки зрения возможности дальнейшей эволюции (микроэволюции) популяций – тоже эволюционная проблема) сам по себе барьер не приведет к видовой дивергенции. Вышеупомянутые авторы, рассматривая РИ, в качестве первичного механизма (а не фактора) видообразования, упоминают мутагенез, ведущий, в конечном итоге, к эколого-этологической изоляции. Мутации (плюс эпимутации, как существенно более вероятные по частоте встречаемости события) либо позволяют популяциям (за счет эпимутаций) или субпопуляциям (за счет генетических мутаций) осваивать новые экологические ниши на новых территориях (вот и изоляция «территориального» типа) либо повышать конкурентоспособность одной из субпопуляций на территории предковой («материнской») популяции. Последнее, между прочим, означает существование не традиционно понимаемого отбора, а механизма вытеснения, что, в свою очередь, указывает на преимущественно (первично) эпимутационный характер видовой дивергенции, для которой характерен множественный характер однонаправленной изменчивости, и результаты которой, вероятно, закрепляются (ассимилируются – генетический импринтинг) в процессе направленного мутационного процесса, т.е. собственно генетической адаптации.

Даже самая важная с эволюционной точки зрения форма изоляции, а именно генетическая, возникает без всяких барьеров – либо спонтанно, либо под влиянием внешних факторов. Например, возникновение тетраплоидных форм у растений, позволяет им репродуктивно изолироваться от диплоидных форм и дает им определенные преимущества в исходной или новой эконише. В дальнейшем может произойти накопление большого числа других генетических и/или эпигенетических отличий, еще больше усиливающих РИ. Фактически, ввиду эпифеноменального характера РИ, она носит характер видового маркера.

Таким образом, не изоляция вызывает и закрепляет групповые различия а, наоборот, детерминированные эндогенными и/или экзогенными факторами различия приводят к изоляции, которая возможна и на общей территории (например, как это произошло у галапагосских (дарвиновых) вьюрков).

Если же рассматривать территориальную изоляцию, «вынуждающую» субпопуляцию (или всю популяцию в случае ее «попадания» в новую эконишу целиком) адаптироваться к новым условиям, то она сопровождается не только первичной онтогенетической (эпигенетической) адаптацией, закрепляемой, в конечном итоге, генетически, но и оптимизацией генетической и эпигенетической (регулятивной) организации, ведущей к еще большей биологической изоляции, которая, очевидно, никогда не бывает абсолютной (полной). Разве что у паразитических видов. На молекулярном уровне оптимизация происходит, например, путем увеличения доли серин, что способно обеспечивать более оптимальный (эффективный) способ эпигенетической регуляции. Подгонка путем оптимизации проходит и на уровне сообщества, как, например, это происходит в тропических лесах, в которых вынос отмершей подземной органики на поверхность осуществляется исключительно термитами, половое поколение которых почти полостью выедается хищниками [9]. Экосистема приспосабливается сама к себе, т.е. оптимизируется, а не популяция одного вида приспосабливается к популяции другого вида. Оптимизация происходит на всех уровнях биологической интеграции, что является проявлением эндогенной эволюции, происходящей по инерции [10].

Определяющий эволюционный критерий – повышение эффективности использования биологической системой вещества, энергии и информации [11]. Новый вид является результатом генетической и эпигенетической оптимизации всех популяций предшествующего вида (если речь идет о филетическом способе видообразования) или отдельных популяций или субпопуляции (дивергентный тип видообразования) к условиям новой экониши. Оптимизация может происходить в пределах старой ниши и тогда «старый» вид-предок как бы исчезает, а эволюция выглядит не как дивергенция, следствием чего является увеличение количества видов, а как линейный (филетический) процесс, когда новый вид становится репродуктивно изолирован (потенциально) от своего вида-предка (своеобразная ретроизоляция). Особая форма видообразования – гибридогенное (сингенез) мы специально не рассматриваем, т.к. она ничего не добавляет принципиально нового в качестве эволюционного фактора.

У вида (популяции), если его специализация (оптимизация) не зашла слишком далеко, всегда существует определенный запас

толерантности [4]. Наблюдается своеобразная эволюционная гиперкомпенсация, которая, в свою очередь, является результатом инерционности механизмов восстановления [10], позволяющим осваивать популяциям относительно новые по значениям своих параметров экологические ниши. За этим может последовать и РИ – признак (маркер) видообразования.

Типы видовой организации тоже эволюционируют – от простейших прокариотических форм, допускающих широкую «практику» горизонтального переноса генетической информации, до многоклеточных эукариотических организмов, «требующих» для своего развития и функционирования эффективных механизмов регуляции генетической информации, что является результатом точной (оптимальной) подгонки к «требованиям» экониши, что, опять же приводит к РИ, существующей в реальности во множестве форм – от поведенческих до собственно генетических.

Исходя из сказанного, можно дать следующее определение вида. *Вид – популяция организмов, у которых процесс генетической и эпигенетической оптимизации, происходящий в соответствии с диапазоном варьирования параметров занимаемой ими новой или старой экологической ниши, достиг предельного значения, следствием чего является комплекс морфо-функциональных их отличий от представителей существующего (дивергенция) или вымершего (филетическая эволюция) вида-предка.* Одним из таких существенных признаков является репродуктивная изоляция, которая не может быть самоцелью эволюции, являясь, фактически, своеобразным эпифеноменом процесса (механизма) видообразования, следствием, побочным продуктом «притирки» организмов к биотическим и абиотическим параметрам экониши.

Литература

1. Исакова Е.И., Дьяконов И.В. Современные процессы дифференциации и интеграции наук // Гуманітарний вісник ЗДІА. – 2010. – Вип. 43. – С. 30–33.
2. Щедровицкий Г.П. Избранные труды. – М.: Шк. культ. полит., 1995. – 800 с.
3. Михеев А.Н. Инварианты универсального эволюционизма // Фактори експериментальної еволюції: зб. наук. праць / Під ред. В.А. Кунаха [та ін.]. – К.: Логос, 2015. – 16. – С. 68–73.
4. Шапошников Г.Х. Возникновение репродуктивной изоляции в эксперименте с тлями и видообразование // Зоолог. журн. – 1965. – XLIV, № 1. – С. 3–25.
5. Беляев Д.К. О некоторых проблемах коррелятивной изменчивости и их значении для теории и селекции животных // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.-мед. наук. – 1962. – № 10. – С. 111–124.

6. Алтухов Ю.П. Вид и видообразование // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 4. – С. 2–10.
7. Павлинов И.Я. Классическая и неклассическая систематика: где проходит граница // Журн. общей биол. – 2006. – 67, № 2. – С. 83–108.
8. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. – М.: Наука, 1977. – 304 с.
9. Чайковский Ю.В. Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 26 с.
10. Михеев А.Н. Проблемы теории биологической эволюции (Прологомены эволюционистики). – К.: Фитоцентр, 2014. – 206 с.
11. Ильин А.А., Кожевников Н.Н. Философский анализ основных аспектов эволюции // Вестник ЯГУ. – 2005. – 2, № 1. – С. 52–59.

14. КОГНИТИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ИЛИ КОГНИТИВНЫЙ ОНТОГЕНЕЗ?

Перед любой экспериментальной наукой рано или поздно встает задача поиска максимально репрезентативного и удобного в эксперименте модельного объекта, подобного «собаке Павлова» или дрозофиле генетиков. Может ли человеческий мозг и его эволюция (нейроэволюция) быть искомым универсальным объектом? Ведь при этом исследователи столкнутся (и уже сталкиваются) с двойкой сложностью: с одной стороны, мозг представляет крайне сложную нейрофизиологическую систему, а, с другой стороны, непонятно, как можно исследовать эволюцию системы, не зная досконально ее структуру и принципы функционирования. При всей парадоксальности такого подхода все же представляется, что существенным подспорьем в исследовании эволюции мозга является возможность интроспекции, т.е. самоотчета, самонаблюдения, обусловленные наличием сознания и самосознания, содержание которых непосредственно открывается субъекту (Гиппенрейтер, 1988).

Интроспекция или самонаблюдение (от лат. *introspecto* – смотрю внутрь) – метод психологического авторефлексивного исследования, который заключается в наблюдении собственной ментальной активности (мысли, образы, чувства, переживания, акты мышления) без использования каких-либо инструментов. Фундаментальная способность объектов к отражению характеристик внешних объектов одновременно детерминирует способность человека к самосознанию (самоотражению), выражающаяся в формировании представлений о своем персональном «Я» («Отражение, познание, логика», 1973). Преимущество метода интроспекции состоит в том, что сам человек может лучше познать свою психику, закрытую от внешнего наблюдателя. При этом существенным недостатком этого метода является его возможная необъективность. Кроме этого, наблюдение за собственной ментальной деятельностью мешает самой деятельности, вплоть до ее разрушения. Тем не менее, хотя интроспекция когнитивно замкнута, но все же она способна «поставлять» определенную феноменологию процессов сознания и самосознания. В конце концов, интроспекция является психологической основой теоретического мышления.

«Работа» сил естественного отбора сделала человека одним из самых «мозговитых» видов на Земле. Способность к целенаправленному управлению мысленными конструктами, позволяющая человеку генерировать большое количество решений любой проблемы, а также оценивать риск последствий этих решений, обеспечило ему преимущество над другими видами (Палмер, Палмер, 2006). Определяющую роль в этом сыграла способность человека к

самосознанию – способности к сознанию субъектом самого себя, сознанию человеком факта и процесса своего взаимодействия с объективным миром и миром субъективным (собственной психикой), своих жизненно важных потребностей, мыслей, чувств, мотивов, инстинктов, переживаний, действий.

В мозге взрослого человека около 100 млрд. нейронов. Каждый из них имеет от 1000 до 10000 контактов с другими нейронами. Если взять эти оценки за основу, то число перестановок и комбинаций активности мозга превысит численность элементарных частиц во Вселенной. Каким же образом биологическая эволюция (БЭ) «дошла» до уровня сознания и самосознания? Д.И. Дубровский (2007) считает, что возникновение многоклеточных организмов потребовало слаженности действия множества клеток, имевшие на момент объединения достаточно жесткие эволюционно выработанные индивидуальные генетические программы. С этой задачей, в конечном счете, «справилась» нервная система, хотя определенная самостоятельность, селфинговость (Лекавичус, 1976) клеток все же осталась. Мера (оптимум) централизации и децентрализации функционирования клеток в многоклеточном организме была достигнута благодаря возникновению и последующего доминирования информационного типа управления. Это положение в полной мере относится лишь к многоклеточным животным, которые пошли по пути централизации управления и достигли его высших уровней у позвоночных животных. На определенном эволюционном этапе начала производиться «...информация об информации, что служит условием ее субъективной переживаемости для индивида; создается новый уровень интеграции и переработки информации и новый способ управления целостным поведением организма. Многоступенчатость операций такого рода позволяет выходить за рамки текущей ситуации, обобщать опыт, развивать способность «отсроченного действия», «пробного действия без его реализации, прогнозирования, проектирования, построения моделей желательного и нежелательного будущего, т.е. способность действовать в виртуальном плане». (Дубровский, 2013). В этот процесс была вовлечена кора больших полушарий мозга, обеспечивающая возможность сознания высшего порядка, т.е. самосознание, которое качественно отличает нас от других видов (Палмер, Палмер, 2007). Мы субъективно переживаем события сознания, т.е. отражаем отраженное, на что способен только человек. Способность к самосознанию дает возможность провести хотя бы умозрительную (интроспективную, спекулятивную, теоретическую) границу между психикой человека и других животных. Представляется, что развитие личностных качеств (способности к самопожертвованию, отзывчивость, искренность,

доброта и т.п.) невозможно без развитой способности к самосознанию (интроспекции, самоанализу, самонаблюдению).

К.В. Анохин (2001) выделяет три уровня структурно-функциональных уровня организации мозга. Первый – геном, второй – коннектом, совокупность всех связей между отделами мозга и единичными нейронами, – когнитом, «библиотека произведений мозга» – сумма элементов индивидуального опыта, весь набор когнитивных элементов мозга, которые составляют нашу личность. Заметим, что понятие когнитом, отражающее лишь познавательную активность индивида, следовало бы заменить на понятие психом или ментом. Каждый из указанных элементов представлен в мозге, в нашем коннектоме, в виде функциональной системы. Когнитивная единица – это распределенная сеть клеток, причем клетки одной структуры могут входить в самые разные элементы субъективного опыта. А каждый элемент субъективного опыта – масса синхронно активируемых в определенный момент нейронов в разных областях мозга. Элементы когнитома, так же, как и весь когнитом, – это не статическая картина, это постоянно развивающаяся система. В результате нового опыта, обучения в эту сеть добавляются те или иные новые элементы, меняющие структуру когнитома.

В любом биологическом объекте существует построенная по иерархическому принципу система управляющих программ. Психическая структура индивида является одновременно и структурой его памяти, в которой содержатся результаты более или менее полного запоминания всех состояний, через которые «проходил» индивид. Очевидно, что такое чередование состояний происходит вследствие работы систем управления, обеспечивающих стабильность психических параметров в обычных условиях жизнедеятельности индивида. Действие определенных доз стрессоров (субстратно-энергетическими и/или информационными) способно оказать временно ингибирующее или даже необратимое повреждение доминирующего в данный момент состояния. Разумеется, после снятия «апикального доминирования» текущего состояния происходит полное или частичное восстановление активности латентных состояний. В том случае, когда стрессор не приводит к полному снятию апикального доминирования текущего состояния, а лишь временно ингибирует его проявление, становится возможной такая ситуация, когда в процессе восстановления психическая система переходит в состояние сверхвосстановления (гиперкомпенсации) текущего состояния. На практике это означает приобретение индивидом повышенной способности к адекватному реагированию на текущие события его жизни, а также указывает на усиление когнитивных (в частном случае прогностических, креативных, творческих) потенций индивида. При этом, индивид нуждается в

определенном уровне интенсивности и качестве информационного потока, чтобы обеспечивать приемлемое структурно-функциональное состояние определенного уровня (особенно высших уровней) психического управления. Внешние или внутренние факторы могут существенно уменьшать поток поддерживающей информации, следствием чего может явиться снижение уровня интеллектуальной активности, раннее или «своевременное» благоприобретенное умственное одряхление.

В онтогенезе индивида при адаптации могут использоваться системы управления все более и более высокого уровня интеграции вплоть до надиндивидуальных (коллективных, групповых, социальных). Проблема оценки способности биологических систем к адаптации сводится к определению *индекса иерархичности* системы, т.е. количества уровней управления, и выявлению характеристик переходных процессов на каждом уровне управления (интеграции). Например, интеллектуальное развитие индивида представляет собой, по сути, процесс и результат интеллектуальной адаптации (тренировки) – чем большее количество уровней иерархии-управления используется индивидуумом, тем выше его интеллектуальный «уровень» при прочих равных условиях.

Более высокая «уровневость» интеллекта способствует большей эффективности репродуктивного и продуктивного мышления индивида. Достижение высшего психического уровня, т.е. уровня самосознания, делает индивида гораздо более адаптированным к решению интеллектуальных задач и, вообще, более независимым (автономным, свободным) от окружающей и внутренней фрустрирующей психику среды. Для непрерывного повышения интеллектуального уровня необходимы не просто «умственные» нагрузки, а определенный тренировочный режим, суть которого принципиально сходна с режимом физической (физиологической) тренировки (прежде всего, оптимальные дозы информационных стрессоров).

Эволюция психики проявилась в росте многоуровневости и многоплановости генерирования информации об информации, что особенно ярко проявляется в вербальном и невербальном мышлении человека (Дубровский, 2007). Эволюционный путь рефлексивности можно представить в виде следующего ряда: раздражимость – ощущение – восприятие – представление (сознание) – представление о представлении (самосознание). Самосознание представляет новый уровень управления (отражения). Очевидно, что этот уровень возник в процессе эволюции и способность его образовывать реализуется (может реализоваться) в онтогенезе. У некоторых индивидов это уровень представлен минимально или вообще отсутствует (крайняя степень отсутствия – разнообразные случаи с детьми-маугли).

Таким образом, увеличивающаяся в ходе БЭ многоступенчатость переработки информации позволила выйти за рамки текущей ситуации, обобщать опыт, развивать способность к прогнозированию. У высших животных сложность производства информации об информации (собственно самосознание) отсутствует, поэтому им нельзя приписывать самосознание и свободу воли (Черниговская, 2008).

Высшие растения «пошли другим путем», используя в полной мере механизм метамеризации, сделавшей их практически бессмертными. Развивающееся растение представляет собой совокупность непрерывно нарастающих частей (метамеров), каждая из которых несет в себе следы взаимодействия с внешней средой, т.е. своеобразную память (квазипамять) о прошлых состояниях. Попутно заметим, что животные заплатили высокую цену за свою развитую рефлексивную способность, став смертными, поскольку необходимость в долговременной памяти вынудила организмы приобрести структуры, состоящие из практически непролиферирующих клеток с ограниченным сроком жизни.

Как мозг же формирует самосознание? Какова здесь роль зеркальных нейронов, которые, кроме того, что они имеют отношение к актам имитирования и подражания, они, вероятно, обеспечивают условия для дублирования собственных психических, т.е. обеспечивают процесс формирования самосознания?

Результаты генетических исследований указывают на то, что наш вид возник около 150 тыс. лет назад. Объем мозга в процессе антропогенеза увеличивался, в основном, за счет неокортекса и его фронтальных отделов. Вероятно, произошла такая мутация, которая позволила резко, избыточно увеличить объем мозга, возможностям которого нашлось применение гораздо позже. Однако, несмотря на объем, сопоставимый с современной популяционной нормой, это не обеспечивало *Homo sapiens* никакого видимого материального и культурного прогресса в течение сотен тысяч лет. Быстрый рост в этом отношении («креативный взрыв», «большой когнитивный взрыв») начался около 50 тыс. лет назад, когда появились новые инструменты и зачатки искусства, что ассоциируется с ростом интеллекта и сознания; Вполне вероятно, что именно в это время сформировалась высшая психическая функция (самосознание), необходимая не только для языка, но и шире: для многоэтапного планирования, формирования цепочек логических операций, изобретения игр на основе конвенциональных правил, поиска закономерностей в наблюдаемых явлениях, и музыки.

Культурный застой (стагнация) в течение 100 тыс. лет до креативного взрыва породил загадку относительно поздних стадий эволюции головного мозга человека. (Палмер, Палмер, 2007;

Черниговская, 2006). Что же «мешало» мозгу такого объема обеспечить необходимый орудийный и культурный прогресс, гарантирующий успешную конкуренцию с другими видами? Что позволило мозгу, который уже сотни тысяч лет был по объему достаточен для возникновения сложного поведения и языка, внезапно стать несравненно более эффективным? Вероятно, здесь проявилась общеэволюционная закономерность, проявляющаяся в определенной избыточности новоприобретенных структур и функций, которая позволила в дальнейшем обеспечить «сознание высших порядков». Не исключено также, что мозг на «довзрывном» этапе выполнял другую неизвестную нам, функцию, например, сложную акустическую, а затем произошла его переспециализация. Следует констатировать, что на определенном этапе собственно когнитивная эволюция мозга человека заменилась или свелась к когнитивному онтогенезу. Другими словами, возник мозг, позволивший человеку стать человеком. Описанная выше картина быстрой орудийно-культурной эволюции человека приводит к необходимости предположить, что эволюция человеческого мозга происходит в онтогенезе индивида. В какой-то момент БЭ мозга «переключилась» на онтогенез. Кажущаяся избыточность мозга реализуется в процессе приобретения индивидуального онтогенетического опыта. Последний у человека настолько разнообразен (не говоря уже об опыте творчества), что трудно предположить возможность его генетической ассимиляции. Мы – самый социальный вид на Земле, условием чего является тот факт, что мы – сверхспособные ученики. Новые ансамбли (конфигурации) нейронов, которые образуются для решения новой проблем, подобны тканям многоклеточного организма, т.е. имеют специфическую дифференциацию. И именно избыточность мозга позволяет в онтогенезе индивида формироваться и перестраиваться нейронным сетям, отражающим конкретный и зачастую очень специфичный ментальный опыт индивида. Косвенным доказательством этого являются результаты исследования генной экспрессии в процессе активности индивида. Так, в исследованиях К.В. Анохина (2001) показано, что во взрослой нервной системе в процессе обучения экспрессия генов, в отличие от эмбриональной, включена в механизмы самоорганизации поведенческих функциональных систем, что ставит морфогенез в мозге при обучении под контроль когнитивных процессов. При изучении развития (морфогенеза) и обучения обнаруживается сходство молекулярных каскадов. Это значит, что каждый эпизод развития напоминает эпизод обучения. И, наоборот. В мозге взрослого человека процесс развития («морфогенеза») никогда не прекращается. К.В. Анохин считает, что «Каждый акт познания для нас – это маленький эпизод морфогенеза и следующего развития под когнитивным контролем, в отличие от того,

что происходит во время эмбрионального развития. Иначе говоря, наши знания, наша психика, наш разум, определяя процессы приобретения новых знаний, являются также триггером и для дифференцировки клеток, хранящих эти знания». В первую очередь, это касается долговременной памяти, осуществляемой за счет перестроек эпигенома нейронов, и изменяющей, таким образом, состояние дифференцировки клетки, хранящееся в результате обучения возможно так долго, как состояние дифференцировки клетки, сохраняющее ее свойства нервной клетки определенного типа в момент развития. Долговременная память хранится в сетях вторично дифференцированных, (а может быть и передифференцированных) нейронов. Запоминание представляет собой вторичный морфогенез в системе нейронов, что проявляется в клеточном росте и изменении морфологии синапсов.

Таким образом, в отношении мозга две фазы эволюционного цикла – созревание (собственно дифференцировка и морфогенез) и адаптивные модификации функциональных нейронных систем, обеспечивающих адекватное реагирование и, в конечном итоге, выживание, оказываются тесно связанными на уровне регуляции экспрессии генов. Это означает, что на молекулярно-генетическом уровне обучение детерминирует процесс развития, составляя эпизоды дополнительного морфогенеза во взрослом мозге. Мы считаем, что именно таким образом, в процессе ментального развития мозга (приобретение ментального опыта) онтогенез сливается с филогенезом. Происходит онтогенетическая нейроэволюция. По К.В. Анохину эволюция человека – это, в большей мере, нейроэволюция. Мы же добавим, что эволюция мозга в общем значении термина «эволюция» происходит в течение онтогенеза индивида, «погруженного» в естественную для него среду.

Основные усилия эволюции мира животных были затрачены именно на создание мозга. Мозг – орган, в котором экспрессируется наибольшее число генов (более половины), причем экспрессия и них большинства мозгоспецифична. Все это вынуждает пересмотреть значение эволюции нервной системы в эволюции организмов. Действительно, до определенного периода (стадии) мозг был сверхважным органом для естественного отбора. Отсюда, однако, не следует, что биологическая эволюция мозга продолжается. Среда обитания человека стала слишком сложной и динамичной, чтобы можно было «рассчитывать» на естественный отбор, отличающийся медленным темпом.

Вероятно, наибольшей способностью к эпигенетическим перестройкам, обеспечивающими рассмотренный выше морфогенез, обладают зеркальные нейроны (ЗН), открытые Майклом Арбибом и Джакомо Ризоллатти (Rizzolatti, Craighero, 2004) в 1996 году. Основная

функция ЗН (которые есть практически во всех отделах мозга человека) и образуемых ими ансамблей – воспроизведение психических состояний и подражание действиям других. Очевидно, что ЗН могут обеспечить и авторефлексивную функцию, т.е. самосознание. Системы ЗН осуществляют синтез информации, отображающей не только внешние стимулы, но и собственные реакции и действия, обеспечивая связь между подсистемами мозга, ответственными за перцепцию, память, мотивацию и моторику, картируют субъектно-объектные отношения и формируют механизмы самоидентификации (самосознания) (Черниговская, 2008).

Очень важно знать, появляются ли ЗН в филогенезе или приобретают свою функцию в онтогенезе. Система ЗН формируется у человека в течение первого года жизни, для чего ребенку необходимо просто смотреть, проявлять интерес к другому человеку, что позволяет развить способность чувствовать эмоции других, понимать их мотивы и намерения. В конечном итоге, имеет место специализация (вторичная «когнитивная» дифференциация) нейронов, позволяющих социально адаптироваться индивиду к ментальным проявлениям окружающих людей и самого себя. В последнем случае речь также идет о социальной адаптации, поскольку индивид научается воспринимать себя как «другого», т.е. приспосабливается к собственным ментальным (эмоциональным и интеллектуальным) проявлениям. Фактически, ЗН делают человека человеком. Можно ли это связывать с эволюционным появлением сложной системы ЗН или сама эта система явилась результатом благоприобретенной системы указанных навыков? Не формируются ли зеркальные нейроны в процессе онтогенеза (как результат специализации) и есть ли смысл говорить о генетике зеркальных нейронов? Есть ли зеркальные нейроны у детей-маугли? Появляются ли зеркальные нейроны в филогенезе или онтогенезе? Другими словами, могут ли возникнуть зеркальные системы без опыта? На все эти вопросы еще предстоит найти ответ.

Существует мнение, что гены, контролирующие функцию логического обобщения, достаточно консервативны, сохраняя свою активность на протяжении миллионов лет. Из этого делается вывод о том, что среди физически здоровых людей, наделенных вполне здоровым мозгом, вряд ли возможны значимые биологические вариации в интеллектуальных способностях, а именно в способностях к логическому оперированию информацией. Если это так, то возникает два вопроса: Что же делает нас отличными в интеллектуальном отношении от других млекопитающих и почему среди биологически здоровых людей так велики различия в интеллектуальном развитии? Ответом на этот вопрос могут явиться высказанные нами выше соображения по поводу уровней интеллекта (ментального управления)

и мысль о том, что нормальное развитие человеческого мозга предполагает не столько физиологический аспект (у известных Амалы и Камалы с мозгом было все «в порядке»), сколько ментальный, т.е. способность к интеллектуальному развитию за счет повышения степени иерархичности (уровневости) ментальных операций и способности к коллективным формам мышления. Очевидно, можно согласиться с распространенной мыслью о том, что за последнюю сотню тысяч лет не было никакого прогресса в развитии мыслительных способностей человеческого мозга. Однако, не менее вероятно и то, что за последние несколько тысяч лет человеческой истории произошел сдвиг частотного распределения человечества в сторону более умных людей. Кроме того, мышление становится все более и более коллективным и не за горами то время, когда за человека будут думать если не роботы, то Интернет.

Литература

Анохин К.В. Молекулярная генетика развития мозга и обучения: на пути к синтезу // Вестник РАМН, 2001, № 4, с. 30-35.

Гиппенрейтер Ю.Б. Введение в общую психологию. – М.: Изд-во МГУ. 1988. – с. 34-47

Дубровский Д.И. Зачем субъективная реальность, или «Почему информационные процессы не идут в темноте»? (Ответ Д. Чалмерсу) // Дубровский Д. И. Сознание, мозг, искусственный интеллект. М.: Стратегия-Центр, 2007. – С. 139–163.

Дубровский Д.И. Проблема «сознание и мозг»: информационный подход // Знание. Понимание. Умение. 2013, № 4, с. 92-98.

Лежачичус Э. Элементы общей теории адаптации. – Вильнюс: Мокслас, 1986. – 273 с.

Отражение, познание, логика. – София: Наука и искусство. 1973. – 528 с.

Палмер Дж., Палмер Л. Секреты поведения Homo sapiens. Эволюционная психология. – М.: Прайм-Еврознак, 2007. – 384 с.

Черниговская Т.В. «До опыта приобрели черты...» Мозг человека и породивший его язык // Логос, 2014, № 1 (97), с. 80-96.

Черниговская Т.В. Зеркальный мозг, концепты и язык: цена антропогенеза // Физиол. ж. им. И.М. Сеченова, 2006, т. 92, № 1, с. 84-99.

Черниговская Т.В. От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека: эволюция или революция? // Физиол. ж. им. И.М. Сеченова, 2008, т. 94, № 9, с. 1017-1028.

Rizzolatti G., Craighero L. The mirror-neuron system. Annu. Rev. Neurosci. 2004; 27: 169-192.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МЕТАНАУЧНЫЕ И ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ЭВОЛЮЦИИ

Материал «Заключения» хотя и не публиковался ранее, но был основой ряда докладов-презентаций на нескольких конференциях «Факторы экспериментальной эволюции организмов». В значительной степени «Заключение» в тезисной форме повторяет содержание представленных статей, но, очевидно, имеет и самостоятельного значение, позволяя обозреть проблемы эволюционной теории «с высоты птичьего полета».

Порядок расположения разделов «Заключения» отражает, преимущественно, хронологию появления соответствующих статей, но в нем можно усмотреть и определенную логику авторского представления о составных частях эволюционной теории, которой еще предстоит возникнуть. Например, в первом разделе «Заключения» предлагается целая система понятий, которые в дальнейшем используются, дополняются и уточняются. Некоторые положения носят аксиоматический характер, в чем проявилась непроизвольная интеллектуальная нескромность автора этих строк.

Что касается «возникновения» теории, то оно, вероятно, возможно революционным и/или эволюционным путем. С психологической точки зрения теоретиков-эволюционистов, разумеется, больше привлекает первый вариант возникновения теории и каждый из них тешит себя надеждой, что можно одномоментно (внезапно, в результате ментальной макромутации) «породить» эволюционную теорию в законченном виде. Однако, подобно тому, как в биологическом филогенетическом процессе доминируют эволюционные (постепенные) события, так и «филогенез» соответствующей теории также основан на медленном накоплении элементов адекватной теории (модели).

1. СИСТЕМНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ОБЪЕКТОВ

1. Теоретический аппарат теории систем и радиобиологии позволяют более строго описать характеристики эволюционных факторов (ЭФ), которые могут быть любыми по своей природе – от физических до психосоциальных.

2. Каждый из ЭФ действует на таком **уровне структурно-функциональной интеграции системы-объекта**, который соответствует уровню интеграции действующего фактора.

3. При действии ЭФ могут доминировать его **энергетический, субстратный или информационный компонент**, что требует учета соответствующих дозовых характеристик, например, дозы поглощенной энергии, вещества или информации. Особенно важно разработать методы дозиметрии биологических факторов, без чего **невозможно построить полноценную теорию онтогенеза и эволюции**. Следует также разрабатывать методы оценки неаддитивного эволюционного действия сочетания разных факторов и их компонентов.

4. Радиобиологическая теория (как самая развитая в методологическом отношении стресс-биологическая теория) требует рассматривать **пороговость** действия факторов, что при описании эволюционных процессов означает необходимость определения не только соответствующих доз ЭФ, но и определение **минимального количества поколений**, которые должны быть подвергнуты воздействию для осуществления эволюционных преобразований – «доза на поколения».

5. Важно также учитывать **мощность, качество и режим действия ЭФ**, от которых зависит их эффективность. Для более корректного определения понятий «острое и пролонгированное действие эволюционного фактора» целесообразно ввести понятие **онтогенез вида**, в пределах которого есть смысл их рассматривать.

6. Эволюционный фактор способен оказывать на объект **нейтральное, поддерживающее (стабилизирующее) или стрессирующее влияние**. Кроме этого, следует различать **облигатные (поддерживающие, стабилизирующие), факультативные и индифферентные ЭФ**, последний из которых может быть в нейтральной, стимулирующей, ингибирующей или летальной дозе.

7. Теория эволюции в настоящее время практически не владеет методологией и методиками количественного учета **совместного влияния нескольких ЭФ**.

8. Существует необходимость ввести понятие и соответственно количественно оценивать **относительную эволюционную эффективность равноуровневых ЭФ**.

9. Сформулирован **закон (принцип) возрастания роли более организованных (интегрированных) факторов в эволюции** – наиболее значимым факторами являются те из них, которые по уровню своей структурно-функциональной организации совпадают с уровнем организации самого эволюционирующего объекта.

10. С позиций системного подхода эволюционирующий объект способен перейти либо в себя (т.е. не измениться) – посредством тождественных преобразований, либо в другие системы-объекты – **посредством одного из семи, и только семи различных**

преобразований ее элементов, а именно путем изменений: 1) количества, 2) качества, 3) отношений, 4) количества и качества, 5) количества и отношений. 6) качества и отношений, 7) количества, качества и отношений всех или части образующих систему-объект элементов.

11. Каждый уровень интеграции эволюционирующей системы имеет свой **порог устойчивости**, который также зависит и от параметра, используемого для оценки устойчивости. С понятием порога устойчивости тесно связано понятие **«критическая эволюционная подсистема»**, которая «ответственна» за эволюционные (прогрессивные или регрессивные) преобразования.

12. Применение радиобиологических понятий «стохастический и детерминированный эффект» к описанию эволюционных событий позволяет говорить о **стохастических и детерминированных филогенетических эффектах**, к которым следует отнести известные явления ненаправленного (неопределенного) и направленного влияния ЭФ.

13. Следует выделять **эндогенные и экзогенные ЭФ**. Как первые, так и вторые могут вызывать стохастические и детерминированные эффекты. Внутренние факторы, оказывающие детерминированные эффекты, вероятно, следует рассматривать как проявление **ногогенетических** (ортогенетических) процессов.

14. Радиобиологические понятия «конститутивного и стимулированного уровня какого-либо процесса» (например, мутагенеза) также должны найти свое место в теории эволюции в виде формулировки и решения проблемы соотношения вкладов **спонтанной и стимулированной вариабельности (генетической и/или эпигенетической природы) в механизме эволюционных преобразований**.

15. Вышеупомянутое понятие филогенетического стресса предполагает рассмотрение филогенеза в качестве процесса (следствия, определенного этапа или результата) филогенетического стресса, а именно **необратимого компонента повреждения (в общем случае – модификации)**, возникшего под влиянием комплекса внешних и внутренних факторов. Другими словами, видообразование следует рассматривать как «запоминание» результатов действия филогенетических факторов, т.е. как необратимый компонент его влияния.

16. Эволюцию (филогенез) следует рассматривать как адаптацию (**гиперадаптацию в случае прогрессивных изменений, и гиподаптацию в случае регрессивных**) со всеми отсюда вытекающими терминологическими и содержательными «последствиями» (адаптивное и тест-воздействие, переходный

филогенетический процесс, фазы переходного филогенетического процесса, перерегулирование, необратимый компонент и т.д.).

17. Эволюционирующий объект, проходя под влиянием экзогенных ЭФ определенные фазы (этапы), оказывается в таких фазах, в которых он проявляет максимальную и, что самое главное, повышенную по сравнению с исходной устойчивость. Очевидно, что в данном процессе реализуется **эволюционный адаптационный (гиперадаптационный) потенциал** биологического объекта, который, фактически, отражает норму филогенетической реакции эволюционирующей системы. Логично предположить, что аналогичный процесс и соответствующие результаты могут быть достигнуты биологическим объектом и под влиянием эндогенных факторов, являющихся суперпозицией множества эндогенных факторов, следы влияния которых представлены в определенных структурно-функциональных характеристиках объекта.

18. Существует **генетическая «невосприимчивость» «тупиковых» видов** к действию ЭФ, которые (виды) эволюционируют на основе преимущественно эпигенетических механизмов. Примером последнего может быть Человек разумный, т.е. как практически **«тупиковый» в генетическом отношении вид**.

II. КОНЦЕПЦИЯ УРОВНЕЙ НАСЛЕДОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

1. Биологические объекты, изменяясь под влиянием действующих на них ЭФ, вступают с ним **во взаимодействие**. Если с конкретным биологическим объектом взаимодействует такой фактор и с такими характеристиками, что образуется хотя бы временно новая система, то действующий фактор, фактически, тестирует жизнеспособность (надежность) исходной биологической системы, поскольку **переходный процесс** может завершиться необратимыми негативными последствиями для системы. Таким образом, только в отношении влияния действующего фактора на дальнейшую ее судьбу и/или судьбу ее потомков правомочно называть действующий фактор фактором отбора.

2. Выжившие особи передают свои свойства, т.е. свои индуцированные или стимулированные воздействием состояния генома и/или эпигенома, потомству либо с помощью генетических механизмов, либо передача **благоприобретенных (в течение онтогенеза) признаков** с происходит помощью эпигенетических механизмов (генетическая ассимиляция или импринтинг).

3. Человек также наследует от предков в ряду поколений не только генетическую информацию, но и эпигенетическую информацию («благоприобретенные признаки») благодаря

существованию **многоуровневой системы наследования**. Собственно говоря, человек, как вид, отличается от других видов наибольшим количеством уровней наследования, что составляет главный предмет исследования **меметики**, как науки о наиболее общих принципах и законах возникновения, хранения, трансформации и функционирования (развертывания) информации.

4. Последствия повышенной активности какой-либо биологической системы (**эффект «упражнения органов»**) необходимо рассматривать системно. Любая фенотипическая активность обеспечивается определенной эпигенетической системой, структура которой не может не повлиять на количественные и качественные характеристики **мутабельности генетических локусов**, «ответственных» за данный уровень и качество фенотипической активности.

5. **Половые клетки** на эпигенетическом уровне также в определенной степени являются носителями спектра модифицированной (по одним локусам индуцированной или полностью подавленной, а по другим стимулированной или ингибированной) генной активности, что может передаваться и потомству этих клеток.

6. ЭФ направленно действует не на качество мутабельности, а на ее количественные характеристики. Иначе говоря, **мутагенный фактор не изменяет спонтанного спектра мутирования, а влияет на его изменение его частотных характеристик**. Этого может быть достаточно, чтобы дать «пищу» для отбора. Разумеется, в процессе мутирования изменяются и отношения между генами, что также повышает общую вероятность преобразований в необходимом направлении.

7. Внешние воздействия «запоминаются» биологическим объектом (**эпигенетический компонент**) путем модификации предсуществующих программ (не только генетической) и в дальнейшем предопределяют (преформистский компонент) измененный характер активности.

III. ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ПРЕФОРМИСТКИЕ МЕХАНИЗМЫ АБИОТИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА УГЛЕРОДИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ЭВОЛЮЦИЯ СЕНСИТИВНОСТИ И КВАЗИМУТАГЕНЕЗ

1. Первичные процессы абиотического генезиса углеродистых соединений шли сотни тысячелетий в районах с повышенной радиоактивностью, давая достаточный материал для последующих синтезов аминокислот, полипептидов, нуклеотидов, полинуклеотидов, порфиринов, углеводов, липидов и других веществ, необходимых для

возникновения простейших **квазиживых** и в последующем живых образований.

2. Одними из аспектов молекулярных преобразований была **эволюция сенситивности** макромолекул и квазиживых образований. В процессе предбиотического и биотического исторического развития **возрастает чувствительность структурно-функциональных элементов объектов** (и собственно биосистем, в частности) к действию эндогенных и экзогенных факторов с одновременным возрастанием надежности их функционирования.

3. Параллельно с возрастанием чувствительности **растет изолированность систем от внешних воздействий**, способных оказать на нее разрушительное влияние (или эволюциогенное влияние?). Возрастает и **удельная надежность генетического аппарата**, позволяющего обеспечивать протекание и регуляцию онтогенеза многоклеточных организмов в виде их сложнейших морфо-функциональных преобразований.

4. **Повышение надежности генома** сопровождается его большей эволюционной пластичностью, что также может быть иллюстрацией к развиваемой идее об увеличении чувствительности биосистем только уже к ЭФ.

5. Радиационный фактор (РФ), вероятно, действовал не только непосредственно, но и опосредованно, способствуя усилению роли химического фактора (как фактора индукции и/или стимуляции вариабельности первичных молекул), а также выступал фактором их последующего отбора. Вызывая разрывы нуклеотидных цепей, РФ приводил к появлению новых вариантов нуклеотидов. Это **квазимутагенное действие радиации** в предбиотический период, длившийся миллионы лет, привело к возникновению множества различных типов полинуклеотидов и полимеров аминокислот (протопротеины), что было необходимо для следующего скачка в развитии материи – образования собственно живых существ.

6. Вероятно, в первичных процессах абиотического генезиса углеродистых соединений среди механизмов, обеспечивающих первичный органический бульон разнообразным химическим материалом роль внешних механизмов (средовых, **эпигенетических**), преобладала над внутренними (**преформистскими**).

7. **Уровень преемственности (преформированности)** в первичных процессах биогенеза был низок и возрастал по мере укрупнения и усложнения органических молекул. В частности, начинали работать механизмы комплементарного синтеза, позволяющего в большей степени сохранять биоорганическим системам накопленную информацию путем дублирования и, таким образом, двигаться по пути все более и более ускоряющегося прогрессивного развития.

8. Жизнь на Земле возникла как единое («целое», выражаясь философским языком) недифференцированное на виды.

9. Развитие биосферы (**квазибиосферы** на начальных этапах своего развития) происходило путем ее структурирования, что и выразилось в процессе видообразования, который носил и, фактически, до сих пор носит колебательный характер (по численности видов).

10. Эволюционировал также механизм существования вида, который вряд ли всегда обладал всеми теми признаками, которыми обладает современный вид. Фактически, на этапе квазибиосферы практически каждая молекула полинуклеотида представляла собой отдельный «вид». Первичный бульон был наполнен своеобразными вирусоподобными частицами (вирусоидами), обеспечивающими субстратно-информационную глобальную связь в масштабах квазибиосферы – филогенетический аналог понятия **«вирусный ИНТЕРНЕТ»**.

11. С появлением самореплицирующихся систем можно уже говорить о «включении» **квазибиологического фактора** эволюционных преобразований. Практически одновременно с появлением самореплицирующихся полинуклеотидных макромолекул началась их конкуренция за субстрат. «Выживали лишь сильнейшие» макромолекулы, вероятно, более успешно взаимодействующие с полипептидными макромолекулами.

IV. О ПОНЯТИИ «БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОТБОР» (ОБ ЭКЗОГЕННОЙ И ЭНДОГЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ)

1. Традиционно понятие **«биологический отбор» (БО)** определяют как процедуру и результат выявления наиболее приспособленных (жизнеспособных, устойчивых, надежных, виолентных и т.п.) организмов. При этом в неявном виде предполагается, что условия (факторы) отбора по своим параметрам (доза, мощность и т.д.) одинаковы по отношению ко всем объектам, участвующих в данном «соревновании».

2. С учетом дозовых характеристик факторов целесообразно дать более точное («явное») определение **БО** как процесса и результата равномерного (по поглощенной дозе) влияния на исследуемое множество биологических объектов отдельных стресс-факторов или их комплекса, в результате чего происходит разделение исходного множества объектов на подмножества, характеризующиеся разной степенью жизнеспособности – от состояния близкого к исходному до летального.

3. Необходимо рассматривать два случая равенства тестирующих условий. Во-первых, равными для всех объектов могут

быть внешние экстремальные условия существования (временные или постоянные), обеспечиваемые равномерно распределяемой между объектами дозой фактора или комплекса факторов. Данная процедура выявляет исходную гетерогенность объектов, обусловленную их генетическими и/или эпигенетическими различиями на момент применения тестирующего (селектирующего) воздействия. Такой вид отбора следует рассматривать как **экзогенный отбор (селекцию)**. Условия для экзогенного клеточного отбора могут обеспечить существенно более равномерно действующие факторы, например, практически все виды ионизирующего и неионизирующего излучения – инфракрасное, ультрафиолетовое и др.

Во-вторых, для биологических объектов равными могут быть не только экстремальные условия существования, но и исходные (текущие) условия существования, в которых также можно наблюдать определенный уровень гибели или снижения уровня жизнеспособности части биологических объектов. В этом случае, когда особи (клетки, организмы, популяции и т.д.) гибнут без видимых внешних причин, т.е. тестирующим воздействием, фактически, является нормальная среда обитания, следует говорить об **эндогенном отборе (селекции)**. При этом фактор в виде определенной напряженности параметров привычной среды обитания равномерно воздействует на биологические объекты, выявляя разницу в их текущем (эндогенном, конститутивном) состоянии. Другими словами, в этой ситуации «самопроизвольно» элиминируются особи, которые имеют какие-либо «эндогенные» повреждения, не дающие им возможности существовать даже в нормальной среде.

4. Ионизирующая радиация (ИР) в диапазоне ингибирующих доз усиливает исходную гетерогенность биологических объектов (в силу пуассоновского характера распределения актов взаимодействия квантов и корпускул ИР по клеткам). Например, для клеточных популяций, влияние ИР может привести к тому, что часть клеток (субпопуляция) станет нежизнеспособной в данных условиях существования вследствие наличия летальных мутаций или запуска одной из форм клеточной гибели (апоптоз или некроз). Фактически, может произойти усиление спонтанного (эндогенного) мутагенеза и, вследствие этого, такой вид селекции мы имеем полное право также называть эндогенным. В случае облучения клеток низкими дозами ИР, когда также имеет место не равномерное, а пуассоновское распределение по клеткам повреждений дополнительных к фоновым, имеет место эндогенный клеточный отбор, усиленный действием ИР.

5. Таким образом, **экзогенный отбор (селекция)** – процесс и результат взаимодействия равномерно распределяемого экстремального (надпорогового) влияния (дозы) внешнего фактора с множеством объектов, в результате чего часть их снижает свою

жизнеспособность или полностью элиминируется; **эндогенный отбор (селекция)** – процесс и результат элиминации в нормальных условиях существования особей из их исходного множества вследствие реализации неравномерно распределенных эндогенных и экзогенно детерминированных повреждений этих особей.

6. Применительно к проблеме биологической эволюции следует говорить о **спонтанном фоне эволюции, т.е. «спонтанной», эндогенной эволюции**, обусловливаемым эндогенными факторами, а об эволюции, идущей на основе экзогенного отбора – как об эволюции **экзогенной**. Очевидно, что скорость последней существенно превышает скорость первой, а в реальных условиях имеет место сочетание двух видов эволюционно значимых видов отбора.

7. Палеонтологические данные позволяют говорить о **смене типов эволюционных механизмов**. Особое внимание в этой связи следует уделить так называемой взрывной эволюции (ВЭ), под которой понимают резкое увеличение скорости изменения отдельных органов или структур (вплоть до молекулярных, включая гены) у представителей данного таксона в ряду поколений либо образования новых видов, родов, семейств и других систематических групп. Развиваемые нами представления об эндогенной и экзогенной эволюции позволяют существенно прояснить возможный механизм ВЭ.

V. О СООТНОШЕНИИ СЕЛЕКТОГЕНЕТИЧЕСКИХ И НОМОГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ФИЛОГЕНЕЗА

1. Системы-факторы (СФ) и элементы системы-объекта (СО) обладают как селектогенетическими, так и номогенетическими свойствами. Предшествующее состояние объекта следует рассматривать с точки зрения своеобразного плана (**квазиплана**), который при определенных условиях может реализоваться (актуализироваться) в виде преобразованного элемента-«заготовки».

2. Следует различать две **«эволюциогенные» причины-факторы**: во-первых, внешнюю причину-фактор с различными в разных случаях соотношениями селектогенетических и номогенетических потенций и, во-вторых, внутреннюю причину-фактор (комплекс факторов) с таким же различным в разных случаях соотношением селектогенетических и номогенетических потенций. Первая тип фактора способствует не только реализации внутренних потенций системы, на которую он действует, но и оказывает определенное эмерджентное (новообразующее) действие.

3. Чем менее организованы внешние факторы, тем в меньшей степени они способны оказывать формообразующее действие на СО.

4. Давление внешних факторов изменяет **квазипрограммы** и программы СО, делая их более или менее адаптированными к действующему фактору, который в данном случае выступает и в роли фактора отбора. Направленность изменений СО определяется предсуществующим набором программ (квазипрограмм, свойств, параметров) системы.

5. Система не «стремится» эволюционировать. К этому ее вынуждают внешние обстоятельства (или внутренние в виде «свободной» эволюции, являющейся результатом суперпозиции предшествующих влияний).

6. Даже если эволюция системы выглядит как «внешне беспричинная», то следует при этом иметь ввиду наличие определенной **инерционности** в ее реагировании на внешнее воздействие.

VI. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

1. Прогрессивная эволюция не могла происходить без совершенствования систем, обеспечивающих **устойчивость генома и эпигенома** к действию стрессоров вообще и к радиационному воздействию в частности.

2. В ходе филогенеза удельная радиорезистентность генома вследствие изменения его структурно-функциональной организации выросла в 100 раз, а в результате совершенствования систем ферментативной репарации – также в 100 раз. Итого – в 10^4 раз.

3. Филогенетическое развитие систем надежности элементарного генома, вероятно, полностью завершилось в рамках прокариотического генома, а высокая надежность генома эукариотических клеток обусловлена главным образом переходом к полихромосомной организации хранения генетической информации и эффектом полиплоидной защиты.

4. **Иерархия радиотаксонов непосредственно отражает основные этапы структурной реорганизации генома** в ходе прогрессивного филогенетического процесса от «голых» одно- и двуцепочечных молекул нуклеиновых кислот вирусного типа до организованных в нуклеоид и истинное ядро геномных молекул про- и эукариот.

5. Параллельно филогенетически обусловленному структурно-функциональному усложнению генома шло **уменьшение радиационно-химического выхода повреждений молекул нуклеиновых кислот**, приводящих к инаktivации облучаемого объекта.

6. **Надежность генома** характеризует, прежде всего, его способность надежно функционировать в нормальных условиях, а не радиорезистентность.

7. Фактор спонтанной деградации молекул нуклеиновых кислот, сам по себе, является достаточно значимым, чтобы выступить в роли фактора филогенетической адаптации («эндогенная эволюция»). **По надежности генома большинство эукариотических организмов намного превосходит таковую организмов прокариотических.** Такое превосходство обеспечивается целой иерархической системой средств обеспечения надежности генома.

8. Имеет место **обращение (трансформация) 2-го радиобиологического парадокса** – парадокса существования эукариотических организмов с их сравнительно низкой радиорезистентностью в парадокс существования прокариотических организмов с их сравнительно невысоким уровнем надежности генома и его низкой информационной емкостью.

9. Приспособленность **прокариотических** организмов к внешней среде обеспечивается использованием одного из двух возможных путей – повышением устойчивости генома за счет уменьшения его физических размеров и, следовательно, уровня организованности (сложности). В противоположность этому, **эукариотические** организмы в процессе прогрессивного филогенетического развития использовали другую возможность – автономизацию (или избегание) от факторов внешней среды посредством приобретения сложно организованного генетического аппарата и стабильного эпигенетического регулирования, обеспечивающего сложное поведение в разнообразных средах.

10. Для сложного поведения эукариотических организмов необходим большой объем памяти, что, в свою очередь, требует необходимым высокий уровень надежности функционирования генома, на основе которого **через ряд эпигеномных уровней регуляции формируется фенотип.**

11. Направление филогенеза генома обусловлено не только и не столько адаптивной изменчивостью и отбором форм, обладающих неспецифической радиорезистентностью, сколько **тенденцией к увеличению информационной емкости генома** и связанной с этим процессом совершенствования надежности генетических систем.

VII. МОЖЕТ ЛИ ФАКТОР ГЕНЕТИЧЕСКОЙ И/ЛИ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ БЫТЬ ОДНОВРЕМЕННО ФАКТОРОМ ОТБОРА ИЗМЕНЕННЫХ ИМ ФОРМ?

1. Соматические мутации у растений передаются как вегетативному, так и семенному потомству, поскольку клетки стеблевой меристемы формируют не только вегетативные ткани стебля, но и флоральную меристему, дающую начало гаметам. В этом случае, **эффект соматического мутагенеза может иметь эволюционное (микрорезволюционное) значение.**

2. **Фенотипическое проявление мутаций**, возникающих в специализированных тканях с ограниченным ростом, в частности в зачаточных листьях, возможно только в год их появления в виде химеричности, а закрепление мутантного признака в вегетативном потомстве возможно лишь при искусственном создании специальных способов размножения.

3. Мутации в половых клетках теоретически и практически могут проявить себя в фенотипе потомков, что будет означать факт генетической изменчивости, обусловленный фактором, вызывающим непосредственно только стохастические эффекты.

4. С том случае, когда фактор не оказывает заметного детерминированного эффекта, а только стохастический, следует говорить лишь о **преадаптации** некой субпопуляции, которая со временем элиминируется, если уровень фактора не повысится до уровня обуславливания детерминированных эффектов.

5. Факторы, вызывающие стохастические эффекты и обеспечивающие перекрестную (всерную) адаптацию, выступают в роли своеобразных **факторов-«кальтруистов»**, а факторы, обеспечивающие только специфическую приспособленность – **факторов-«эгоистов»**. Вероятно, чем ниже уровень структурно-функциональной организации стресс-фактора, тем более он «эгоистичен».

6. Для многоклеточных организмов фактор, вызывающий у родителей только стохастические эффекты, не способен выступать в роли специфического и/или неспецифического фактора отбора.

7. Независимо от природы действующего фактора, производимые им детерминированные (массовые) эффекты следует рассматривать и как эпигенетические. В этом случае адаптирующее действие какого-либо фактора выражается в массовом переводе биологических объектов в **состояние гиперадаптированности** (сверхприспособленности).

8. Если тест-фактор (провокационный фактор) действует на «смесь» адаптированных и неадаптированных особей (на субпопуляции), то выживают преимущественно особи адаптированные, у которых может быть впоследствии (в последующем ряду поколений) произойти своеобразный **генетический «импринтинг»** (генетическая ассимиляция) состояния повышенной резистентности (в частном случае радиорезистентности)

9. Исходная популяция является гетерогенной как по генетически обусловленным фенотипическим признакам, по признакам, обусловленным негенетическими (эпигенетическими, модификационными) различиями, так и по признакам, сочетающимися в себе генетические и модификационные признаки.

10. Если стрессор действовал однократно (остро), то, вероятно, эпигенетически измененных форм будет больше (чаще встречаться), но они могут оказаться «невостребованными» в дальнейшем.

11. **Фактор, обуславливающий изменчивость по типу детерминированных эффектов, может быть одновременно и фактором отбора**, не «различая» при этом эпигенетически и генетически измененных форм. Когда же стресс-фактор вызывает стохастические эффекты, то они с точки зрения возможности осуществления отбора жизнеспособных форм могут проявиться лишь на «отбирающую (селектирующую) способность» другого фактора, «предъявляющего» свои запросы или требования к фенотипическим характеристикам особей.

12. Фактически, **особям первично не нужна «стохастическая» устойчивость** (устойчивость генетических систем), им требуется устойчивость фенотипическая, поддерживаемая (закрепляемая) впоследствии возникающими генетическими механизмами. Последнее, в конечном счете, выражается в повышении и уровня надежности функционирования самого генома (и эпигенома у эукариотических организмов).

13. Не исключено, что, обеспечивая благоприятные условия для организмов, **эустрессирующий фактор снимает давление стабилизирующего отбора**, создавая благоприятные условия для «наименее приспособленных».

14. Биологическую эволюцию можно представить как чередование процессов отбора «наиболее и наименее приспособленных» в зависимости от качественных и количественных характеристик стресс-факторов.

VIII. ИНЕРЦИОННОСТЬ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И ИХ ФАКТОРЫ

1. Действие (в том числе и эволюциогенное) внешних и внутренних указанных факторов складывается из стохастических элементов (вероятностных, трудно прогнозируемых) и элементов детерминированных (предсказуемых, направленных, канализованных).

2. Следует говорить о возможных **четыре**х **слагаемых механизма изменчивости** (одного из слагаемых эволюционного процесса), два из которых представлены внешними и внутренними

случайными изменениями, а два – внешними и внутренними закономерными.

3. В соответствии с приведенной классификацией должны рассматриваться и существующие эволюционные теории (гипотезы), ни одна из которых, взятая в отдельности, не описывает полностью эволюционного процесса.

4. **Доля определенной (направленной) изменчивости может увеличиваться в экстремальных условиях.**

5. Биологические системы способны к **спонтанной («эндогенной») эволюции**, при которой их генетическая адаптация, происходит к собственной, т.е. внутренней среде, в процессе и результате чего эволюционирующая система становится все более и более адекватной (оптимизированной) определенной экологической нише.

6. Случайными как, и закономерными могут быть не только внешние, но и внутренние факторы. Учет этого обстоятельства является очень важным при построении общей теории филогенеза, поскольку до сих пор случайные факторы преимущественно отождествлялись с внешними и **не учитывался возможный внутренний источник случайных воздействий**, которые проявляются, например, в виде спонтанной нестабильности ДНК, следствием чего является спонтанный («эндогенный» мутагенез.

7. В процессе развития постоянно наблюдается **временное отставание следствия от вызывающей ее причины**. При этом влияние прошлого на будущее не заканчивается мгновенно – оно продолжается какое-то время, т.е. **наблюдается инерционность реагирования**, которую можно рассматривать в качестве обобщенного представления о наследственности (памяти, преемственности, миметичности).

8. Преемственность – мера причинной зависимости (неслучайности) последующих состояний объекта развития от предыдущих. Она связывает первые и вторые в единый процесс развития, придавая ему свойство **гомеорезиса** – определенной упорядоченности, канализованности, направленности и устойчивости (по терминологии К.Х. Уоддингтона).

9. **Чем сильнее преемственность:** 1) тем меньше каждое последующее состояние будет отличаться от предыдущего; 2) тем более градуальным будет данный процесс развития; 3) тем выше, в соответствии с принципом П. Кюри (новизна вызывает диссимметризацию структуры причин по отношению к структурам возможных альтернативных следствий) будет симметрия между структурами причин и следствий.

10. **Биологические объекты, вероятно, непрерывно стремятся к оптимизации** своих отношений с внутренней (о чем упоминалось выше) и внешней средой (в пределах экониши, разумеется).

11. Высокоразвитая (высокоуровневая) система, кроме всего прочего, характеризуется и **высокоразвитым окружением**, вне пределов которого она попросту не могла бы существовать. «Высокоразвитое окружение» системы есть ни что иное, как совокупность таких же равноуровневых или близких или несколько более организованных систем.

12. Всегда существует определенная разница уровней (в значении степеней) развития равноуровневых в структурно-функциональном отношении систем. Эта разница обуславливает приобретение более развитой (на конкретный момент времени) системой активности, превращающей ее в систему-фактор (СФ). Именно к действию СФ как раз и приспосабливается система-объект (СФ).

13. **Чем организованнее СФ, тем более организованным (информативным, направленным) будет его влияние на СО.** Следует постулировать, что наибольшее влияние на СО оказывает СФ равного или более высокого чем СО уровня организации.

XIX. ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЕ УСИЛЕНИЕ МУТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ, ПОВЫШАЮЩЕЕ РАЗРЕШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

1. Основным механизмом приспособления (генетической адаптации) является естественный отбор, специфика которого не может быть прояснена только с помощью понятий «случайности», «необходимости», «статистичности» и пр. Принцип естественного отбора должен быть содержательно развит эволюционной наукой до такой степени, чтобы с его помощью решить **основную проблему биологической науки – проблему возникновения (эволюции) сложности.**

2. Проблема обоснования гипотезы об эффективности естественного отбора сводится к **проблеме обоснования возможности «разложения» (декомпозиции) на жизнеспособные элементы той системы,** которая «доказала» свое эволюционное преимущество (адаптированность).

3. Сомнение в достаточной эффективности естественного отбора также часто основываются на представлении об исчезающе малой вероятности возникновения сложных качественных признаков.

4. Внешние воздействия «запоминаются» биологическим объектом (**эпигенетический компонент**) путем модификации предсуществующих (опять же эпигенетических) программ и в

дальнейшем предопределяют **(преформистский компонент)** измененный характер активности, передаваемый в поколениях. При этом отпадает необходимость ждать завершения практически бесконечного процесса перебора приемлемых вариантов, что делает достижение целесообразных эволюционных результатов вполне обозримым по срокам.

5. Существование **биологических механизмов усиления** обеспечивает преодоление эволюционными факторами **порогов чувствительности или устойчивости биосистем**, что являясь условием развития их реакций, а также (при соответствующих дозах эволюционных факторов) формирования состояния адаптированности к действию данного фактора.

6. Система биологического усиления «умножает» и передает генетические сигналы, обеспечивая условия реализации генотипа в фенотип через ряд эпигенетических систем управления. **Биологические усилители обеспечивают значимое фенотипическое проявление мутационных изменений.** Это, в свою, очередь, позволяет манифестировать биологической системе свое модификационное приобретение и продолжать участвовать в «эволюционном конкурсе».

7. Достижения системного похода позволяют подойти и к решению декомпозиционной проблемы. Фактически, **эволюция «сводит» решение крупных задач к последовательному решению ряда мелких субзадач.**

8. Постепенность (как одно из проявлений естественного отбора) обеспечивается эпигенетическими механизмами усиления мутационных изменений и возможностью «эволюционного» существования промежуточных стадий на всех структурно-функциональных уровнях организации, которые случайно и/или неслучайно достраиваются новыми структурами, повышающими их конкурентоспособность.

Х. ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ МИКРОЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

1. В биологической эволюции **эмерджентность** проявляется в виде возникновения новых функциональных единиц системы, которые не сводятся к простым перестановкам функций уже имевшихся элементов.

2. Разработанные в **общей теории систем** принципы и изученные закономерности и указывающие на неаддитивность внутрисистемных процессов, применимы и для решения ряда проблем эволюции.

3. Идея системности требует системного описания субъектов эволюционного процесса, т.е. описания и последующего учета внутренних (межэлементных, субсистемных) связей регуляции, поиска критических элементов с точки зрения **оценки мест «приложения» эволюционных факторов**, определения степени независимости, автономности субэлементов (**селфинговости**).

4. Большой эвристичностью отличается метод рассмотрения механизмов **эволюции «сверху вниз»**, т.е. с уровня популяций, обладающих системными качествами, что, в конечном счете, способствует достижению «общей, а не локальной, адаптации».

5. **Интегрированность («неаддитивность») популяций** обеспечивает передачу всех, производимых естественным отбором изменений по внутрисистемным и межсистемным (случай коэволюции разновидовых популяций) связям, производя, таким образом, мультиплицирующий (усиливающий) эффект.

6. В результате «давления» среды наблюдается **однаправленность фенотипических и мутационных изменений у большинства особей популяции**. Из этого, во-первых, следует, что особи популяции совершают активные действия в одном и том же направлении, что, в свою очередь, повышает мутабельность генных локусов, обеспечивающих соответствующую и «поголовную» биологическую активность, и, во-вторых, следует возможность допускать наличие **системных качеств кооперативного перехода** в популяции, т.е. своеобразного «сложения» преимуществ отдельных особей, которые могут быть реализованы только в популяции.

7. Селективные воздействия на популяцию не сводятся к воздействиям на отдельные особи. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что популяции имеют свою историю, обладают существенной автономизацией от среды, активностью и селективностью в отношении направленных на нее воздействий. **В популяции (на уровне популяции) появляются новые качества**, дающие заметные преимущества в отношении выживания отдельных особей.

8. Указанные качества у отдельных особей могли оставаться скрытыми, а **системообразующие (неаддитивные) свойства проявлялись лишь у активно взаимодействующих особей**. Видообразование (микроэволюция), таким, образом, происходит на основе системогенетических процессов.

9. Специфический характер давления естественного отбора в разные моменты развития популяции или в разных ее участках (субпопуляциях) создает **функциональную дивергенцию соответствующих фенотипических окон** (комбинация наследуемых признаков, единовременно проявляемых в фенотипе и контролируемых

естественным отбором) генома и специфические вариации фенотипа клеток, зависящие от взаимодействия с другими фенотипами.

10. Поскольку популяция многоклеточных высоко гетерогенна (выше, чем одноклеточных), то соответственно в ней одновременно **«раскрыты» больше фенотипических («эпигенетических») окон** и, следовательно, имеется больше «поводов» для направленных и ненаправленных мутационных событий.

11. **Генетическую фиксацию (ассимиляцию) признака**, проявившегося как модификационный (эпигенетический), можно объяснить как результат выпадения (своеобразной дезактивацией) альтернативной предсуществующей генетической программы. Вероятно, для **эволюционных «находок» характерна определенная избыточность**, которая в дальнейшем служит резервом эволюционных преобразований.

12. **Случайная мутация (даже полезная) не может сравниться по своему популяционному эффекту с модификационной (эпигенетической, адаптивной, т.е. направленной) изменчивостью.** На начальных этапах генетический мутант маскируется многочисленными (массовыми) **эпимутантами**, создающими для первых своеобразный **эпигенетический «туннель»**, по которому мутант со своими потомками движется, постепенно подводя генетическую базу под первичную масштабно представленную модификационную (эпигенетическую) изменчивость, т.е. происходит **генетическая ассимиляция**.

13. На определенном этапе популяция может представлять собой совокупность **гетерогенных по фенотипическим признакам субпопуляций**, между которыми возможна как конкуренция, так и сотрудничество. Из этого следует, что естественный отбор на первых этапах может «не работать», поскольку всевозможные формы длительно сосуществуют, «умудряясь» после себя оставлять даже ископаемые остатки.

14. Функциональная дивергенция популяции обуславливает, в свою очередь, и разную чувствительность к мутагенным и эпигенным факторам, формируя в этом отношении **критические субпопуляции**, которые, вероятно, и будут самыми «перспективными», с точки зрения **адаптивной эволюции**. Кроме этого, критическим субпопуляциям могут помогать выжить не критические популяции, в чем, также, проявляется эффект группы.

XI. СУЩЕСТВУЕТ ЛИ НЕОБХОДИМОСТЬ В ГИПОТЕЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ГЕНОМА? К ВОПРОСУ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ.

1. Новые эволюционные концепции появляются вследствие неполноты (противоречивости), прежде всего, дарвиновской теории и основанной на ней синтетической теории эволюции. Главным образом, указанным теориям «вменяется в вину» невозможность объяснить возникновение сложных структур и функций (например, глаза, танца пчел и т.п.), т.е. **парадокса сложности**.

2. Чаще всего тема «парадокса сложности» возникает при описании **эволюционных скачков**. Особый интерес в связи с этим у биологов-эволюционистов вызывает ситуация с так называемым «**кембрийским взрывом**», который как бы разделил историю эволюции жизни на земле на два основных периода – на период, когда существовали преимущественно одноклеточные организмы, и на короткий период, в течение которого появилось основное разнообразие форм многоклеточных животных.

3. **Эволюция не может быть самоцелью живой материи**, хотя и существует определенная инерционность эволюционных процессов. Следует учитывать также **конечность разнообразия экологических ниш** в земных условиях, формирующих определенные «запросы» для осваивающих их популяций.

4. Если постулировать однозначную связь таксонообразования с появлением новых экониш, то **переходным формам организмов должны соответствовать переходные формы климатических и прочих условий (экониш)**. Если и не было вторых, то неоткуда было появиться и первым. Однако, фактически, были и первые и вторые, но появлялись (и исчезали) они в относительно короткий по геологическим меркам срок.

5. Быстрые **адаптивные радиации** характерны для периодов, наступающих сразу после крупных **экологических кризисов**. Кембрийский взрыв как раз и является ярким примером быстрой адаптивной радиации.

6. Сам по себе экологический кризис не гарантирует ускоренной эволюции и даже просто **адекватной филогенетической реакции (адаптации)**. В общем случае при изменении значений экологических параметров возможно как отставание, так и опережение необходимых эволюционных преобразований.

7. Необходимо учитывать **два возможных механизма эволюционных преобразований** – за счет появления новых экологических ниш, в которых могут быть реализованы наличный (текущий) генетический и эпигенетический потенциалы, и за счет стрессирующего и, как следствие, мутагенного (эпигенного) действия экологических факторов. Последнее обстоятельство указывает на возможную роль собственно биологических (генетических, эпигенетических) факторов, объясняющих причины кембрийского взрыва.

8. Генетические программы развития морфологически различных, но функционально подобных органов включаются одинаковым способом. Похоже на то, что генетическая основа сходных качеств и функций существовала еще у предков, но никак себя не проявляла.

9. Символичность, знаковость генетического кода не имеет абсолютного значения. Противоположную точку зрения следует рассматривать в качестве проявления **вульгарного кодоцентризма**. Многоуровневая организация генетического материала в определенной степени отражает структурно-функциональную организацию биологических систем.

10. Михаил Шерман предложил новую модель эволюционных механизмов, в соответствии с которой предполагается появление в кембрийском периоде многоклеточных организмов, обладающих **«универсальным геномом»**, в котором содержалась генетическая информация о плане строения всех существующих и поныне типов животных. Дальнейшая «доводка» генетических программ могла происходить в соответствии с концепцией Дарвина. Таким образом, утверждается идея об **отсутствии генетической преемственности между разными типами хордовых животных**. Одновременное существование простых и сложных типов организмов не обязательно означает, что вторые произошли от первых.

11. Предложенная гипотеза позволяет допускать существования двух вариантов генеалогического дерева – классического, с ветвями нескольких порядков разветвления и щеткоподобного (или кисточкоподобного).

12. В процессе эволюции происходила **иерархизация генома**, т.е. часть генов (генома) приобретала регуляторные (управляющие) функции. Данные гены, будучи способными вызывать полную структурно-функциональную реорганизацию (модифицировать морфогенез или даже просто его «породить»), занимают более высокое «положение» по сравнению со структурными генами, поэтому их можно назвать **метагенами**, а некоторые даже **суперметагенами** (регуляторы метагенов).

13. В неявном виде гипотеза М. Шермана базируется на факте **избыточности биологических систем**, которая проявляется на всех уровнях биологической интеграции. Возможно несколько путей возникновения избыточности генома, т.е. такого генома, у которого не вся наличная генетическая информация задействована в морфо-функционализме и собственно в онтогенезе. Наряду с явлением полифункциональности генов увеличение информационной емкости генома возможно за счет полногеномной и частичной дупликации генных локусов. Информационному расширению генома могла

способствовать и вставки чужеродных генетических текстов, и хромосомные рекомбинации, точечные и хромосомные мутации.

14. Идея **избыточности «универсального генома»** М. Шермана требует ответа еще на один вопрос – мог ли возникнуть геном с такой степенью избыточности? Каковы вообще **пределы биологической избыточности**, каков механизм биологической избыточности и как его проявление зависит от уровня структурно-функциональной организации биосистем?

15. Отсутствие какой-либо структуры и/или органа у более простого организма не обязательно указывает на их обязательное появление (приобретение) в процессе эволюции (что, фактически, означает **необязательность прогрессивной эволюции**), но также может указывать на факт потери или структурно-функционального упрощения у данного организма за последние 500 млн. лет эволюции.

16. Достоинство предложенной модели состоит в том, что она обладает определенной **эвристичностью**, т.е. предсказательной силой, главным образом, указывая на существование у более примитивных многоклеточных организмов генетических программ структурно-функционального развития эволюционно «продвинутых» организмов.

1. ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ «МИКРОЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ»

Повышенный уровень радиационного фона в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС не мог не привлечь внимание биологов-эволюционистов и всех тех, кто интересуется эволюционной проблематикой, возможностью экспериментально исследовать явление микроэволюции.

По инициативе академика НАН Украины Дмитрия Михайловича Гродзинского, заведующего отделом биофизики и радиобиологии Института клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины планируется создание лаборатории **«Микроэволюционные процессы в зоне влияния Чернобыльской катастрофы»**. В связи с этим, хотелось бы поделиться некоторыми соображениями относительно методических и методологических аспектов этой проблемы.

Биологические объекты, обитающие в конкретных экологических условиях и, в частности, в зоне влияния ЧАЭС, подвергаются действию целого **комплекса факторов** физической (ионизирующая радиация, гранулометрический состав почвы, влажность, температура и др.), химической (неорганические и органические вещества, в частности, тяжелые металлы и микроэлементы) и биологической природы (внутри- и межвидовые взаимодействия). Перечисленные факторы теоретически могут выступать в роли как факторов изменчивости (генетической и/или эпигенетической), так и в роли факторов отбора.

Перед будущей лабораторией, как представляется, стоит, прежде всего, задача **определения вклада («веса»)** фактора ионизирующей радиации (**ФИР**) в микроэволюционные процессы и сопоставление его с ролью других экологических факторов.

Особенно актуальной и одновременно сложной эта задача становится при попытке ее решения тогда, когда необходимо учитывать дозовые нагрузки на биологические объекты, находящиеся в условиях **хронического** действия ионизирующей радиации, обусловленного радионуклидами, которые **неравномерно** распределены по компонентам экосистем или по частям (органам) растений и животных. Кроме этого, задача еще усложняется по причине того, что **ФИР** может выступить в качестве фактора,

модифицирующего (усиливающего или ослабляющего) эволюционногенное действие других факторов.

В связи с вышесказанным участие **Отдела биофизики и радиобиологии** в работе создаваемой лаборатории возможно по нескольким направлениям:

Блок дозиметрической «поддержки»

1. Создание (выбор) радиоэкологических полигонов в зоне влияния аварии на ЧАЭС.

2. Радиометрические исследования условий обитания растений и животных (почвы, воды). Определение удельной активности органов и тканей биологических объектов.

3. Расчеты дозовых нагрузок на биологические структуры (собственно дозиметрическая «поддержка»).

4. Создание искусственных мини-радиационных полей в условиях лабораторных и полевых экспериментов.

5. Лабораторные опыты с инкорпорированными радионуклидами (в условиях почвенной и гидропонной культур).

6. Мониторинг радиоустойчивости (как интегрального показателя устойчивости) биологических объектов, длительно пребывавших (пребывающих) в условиях повышенного фона ионизирующей радиации.

Статистический блок дозиметрической поддержки

7. Осуществление наблюдений и экспериментов, предполагающих последующее применение корреляционного анализа с целью установления «веса» ФИР в микроэволюционных событиях.

8. Применение схем математического планирования эксперимента (МПЭ) для учета возможной неаддитивности (нелинейности) совместного влияния ФИР и других экологических факторов.

Методический блок

9. Физиологический, эмбриологический, гистологический, цитогенетический, биохимический, молекулярно-биологический и фитопатологический анализы.

Теоретический блок

10. Теоретический анализ и синтез.

В конечной итоге, предлагается целый комплекс методов **дозиметрической «поддержки»**, который позволит количественно строго определить **дозовые нагрузки** на изучаемые объекты от

внешних и внутренних (**инкорпорированных** в биологические объекты) источников излучения.

Существует несколько альтернативных и одновременно взаимодополнительных способов «взвешивания» ФИР.

1. Феноменологический подход

Наблюдения проводятся в неизменной обстановке (местности, территории, участке), подвергшейся радионуклидному загрязнению (аварийному или искусственному). Осуществляется либо отбор биологических образцов (вегетирующих растений, их органов и частей, семян, животных, грибов и т.д.), либо осуществляется наблюдение за объектами непосредственно на интересующем нас месте.

Чтобы вычленить вклад возможного влияния собственно **ФИР** среди комплекса других факторов окружающей среды необходимо места отбора образцов охарактеризовать по нескольким существенным для жизнедеятельности (роста, развития) растений или животных параметрам. Например, целесообразно (кроме определения уровня радиационного фона и определения радионуклидного состава почвы в зоне корнеобитания растений, а также удельной радиоактивности отдельных структур и органов) определить тип почвы, установить содержание гумуса, макро- и микроэлементов, наличие тяжелых металлов, пестицидов, уровень влагообеспеченности почвы, ее гранулометрический состав, уровень инсоляции и среднемесячных осадков, наличие симбиотических и паразитических организмов (по отношению к исследуемому). Таким способом должна быть охарактеризована каждая точка наблюдения. Сколько таких точек целесообразно использовать? Как рекомендует методика корреляционного анализа (или факторного анализа) их должно быть не менее 30. Последующее вычисление коэффициентов корреляции между интересующими нас параметрами (например, радиобиологическими, биохимическими, вирусологическими, фитопатологическими т.п.) и параметрами среды обитания (включая радиологические) позволит сделать вывод о существенности (значимости) или несущественности связи значимых для нас параметров и параметров среды. Только таким способом можно сделать вывод о возможной роли (или вкладе, «весе») ФИР в изменении уровней биологических параметров, например, вирулентности определенного штамма вирусов, устойчивости растений к фитопатогенам и т.д. Разумеется, полученные результаты позволят сделать вывод и о направлении изменения радиоустойчивости биологических объектов – в сторону радиоадаптации (гиперрадиоадаптации) или гипорадиоадаптации (сенсibilизации к действию ионизирующей радиации). Что касается

микроэволюционных событий, то материал должны анализировать популяционные генетики, которые благодаря дозиметрической «поддержке» уже могут более менее точно знать на какой фактор можно «списывать» полученные результаты.

2. Экспериментальный подход

2.1. Предварительно оценивается уровень дозовых нагрузок на биологические объекты в естественной среде обитания (включая поглощенные биологическими объектами и их критическими структурами дозы от инкорпорированных источников). В последующих экспериментах используются полученные дозовые и мощностные характеристики для моделирования в лабораторных условиях или в условиях вегетационных (полевых) опытов условий «естественного» облучения. Необходимые дозовые нагрузки можно обеспечить как с помощью острого облучения, так и с помощью хронического, которое создается источниками меньшей мощности.

2.2. Используется хорошо перемешанная почва для культивирования растений всех запланированных в эксперименте вариантов опыта. Далее в каждый сосуд с почвой для выращивания растений вносится определенный объем раствора соли радиоизотопа (например, хлорида цезия-137) с известной удельной активностью. После этого почва тщательно перемешивается. Соблюдение указанных условий позволяет обеспечить равномерное облучение всех растений. Разумеется, при таком подходе необходимо учитывать компонент внешнего облучения и компонент, обусловленный инкорпорированными в ткани растения радионуклидами. Для этого следует оценить уровень удельной активности инкубируемых на искусственно загрязненной радионуклидами почве растений.

Данные методы позволяют реально устранить разницу в уровнях дозовых (концентрационных) нагрузок всех возможных сопутствующих факторов, а наблюдаемый эффект «относить на счет» (соотносить с уровнем) только ионизирующей радиации. Недостатком такого подхода является возможный недоучет («непроизвольное игнорирование») радиомодифицирующего влияния «сопутствующих факторов», что немаловажно для интегральной и адекватной оценки радиоэкологической ситуации.

2.3. Использование водных культур экспериментальных объектов для изучения дозовых зависимостей действия ионизирующей радиации на их параметры. Поскольку поступление радионуклидов в ткани растений и, соответственно, формирование поглощенных доз будет происходить постепенно, то описанный подход позволит оценить весь возможный диапазон реакций биологического объекта, что важно для прогнозирования поведения биологического объекта в экстремальных условиях.

3. Комбинированный подход

Биологические объекты, культивируемые на искусственном субстрате, размещаются в разных точках местности, которая характеризуется повышенным радиационным фоном, обусловленным радионуклидным загрязнением. Например, растения в горшках (вегетационных сосудах) размещаются по градиенту радиационного фона. Таким образом, практически устраняется влияние неконтролируемых (или трудно контролируемых) факторов.

Приложение 2.

2. ПРОЛЕГОМЕНЫ ЭВОЛЮЦИОНИСТИКИ

Ниже представлены «сопутствующие» знакомству с различными источниками информации (книги, статьи, лекции, доклады, выступления и д.п.) «размышлизмы» автора, касающиеся эволюционной проблематики. Прошу читателя не судить строго данный материал, поскольку он являет собой своеобразный «поток сознания» на тему биологической эволюции. В определенной степени представленный материал может быть рассмотрен в контексте основного («неприложного») содержания книги. И хотя далеко не все нижеприведенные тексты обладают свойством самодостаточности, но все же они могут быть использованы в качестве «стимульного материала» для решения эволюционных проблем.

Полужирным шрифтом выделены ключевые слова, касающиеся затронутой темы. Основная часть текста заметок принадлежит автору. В других случаях выделяется цитирование и даются соответствующие ссылки.

Адаптация Классификация Адаптация специфическая Адаптация неспецифическая (перекрестная) Перекрестная адаптация Адаптация филогенетическая Преадаптация Перекрестная (неспецифическая) и специфическая филогенетическая адаптация. Первую можно рассматривать в качестве своеобразной адаптации «про запас» или преадаптации.

Адаптация Механизм Филогенетическая адаптация Классификация Эндогенная филогенетическая адаптация Номогенез Обратная филогенетическая адаптация Все различаемые нами (автором – АНМ) онтогенетические типы адаптации, а именно, *ординарная, абортивная, обратная и эндогенная*, можно, вероятно, найти и в явлениях филогенетических (генетических) адаптаций. Особый интерес представляют два последние типа адаптации с точки зрения механизмов филогенеза. Так, эндогенную филогенетическую адаптацию можно связать с номогенезом, т.е. с процессом эндогенно детерминированным. Разумеется, последнее утверждение может быть минимально верным, если в эндогенном филогенезе присутствуют два компонента – стохастический и детерминированный (см. также нашу статью «О понятии «биологический отбор» (об экзогенной и эндогенной селекции)»). Обратная филогенетическая адаптация также, вероятно, имеет место быть в ситуации, когда вслед за «тест-воздействием» определенного фактора следует действие существенно меньшего по

дозе данного или другого фактора. Эволюционные преобразования как «профилактическое» и как «терапевтическое» средство.

Адаптация План изучения Методология Факторология Модификация Уровни Онтогенез «Что?» (феноменология), «Как?» (механизм) и «Почему?»(смысл) адаптации. Дозовая, динамика, модификация, терминология, уровни, параметры, виды адаптации, «цена» ее, история изучения, видовые особенности, эволюция форм адаптации, онтогенез адаптивных свойств.

Адаптация Преадаптация Онтогенез Направленность эволюции Принцип избыточной недостаточности Преадаптация не направляет эволюцию в определенное русло, она лишь дает возможность организмам эволюционировать дальше. У динозавров тоже, вероятно, был набор преадаптаций, но недостаточно полный, чтобы приспособиться к новым условиям. Идею преадаптаций, естественно можно распространить и на онтогенез. Биологический объект всегда одновременно обладает и избыточностью одних качеств и недостатком других – принцип избыточной недостаточности.

Адаптация Преадаптация Эпигенетическая преадаптация Адаптируемость Логика Аналогия Адаптируемость актуальная Адаптируемость потенциальная (Скворцов А.К. Логика и аналогия в теории эволюции. – INTERNET-ресурс) А.К. Скворцов упоминает о генетической преадаптации. Но возможна ли эпигенетическая преадаптация? Если под преадаптацией понимать неспецифический компонент (комплекс приспособлений) адаптированности, т.е. как бы «невостребованную» часть адаптированности, то, естественно, все виды приспособленности, не связанные с генетическими перестройками, являются эпигенетическими – наследуемыми и ненаследуемыми.

Адаптация Пределы Стимуляция Гормезис Гипервосстановление Метод тестирования совершенства регуляции Модификация Если в основе прямой стимуляции (гиперадаптации) лежит механизм гипервосстановления, то более низкоорганизованные виды с менее совершенной системой регуляции должны в большей степени подвергаться стимулирующему влиянию соответствующих доз факторов. Величина стимуляции (вообще, пределы модифицируемости) как характеристика (мера) работы регуляторных систем. Необходимость учета существования гомеостатических и пойкилостатических механизмов регуляции.

Адаптация Принцип Методология Из факта существования (и размножения) организма в конкретной среде следует его адаптированность. Практически все структуры и функции организма имеют адаптивное значение. И это очевидно. Говоря «практически», мы имеем ввиду существование ряда структур и функций, которые еще или уже не имеют или никогда не будут иметь адаптивного

значения (нейтральная молекулярная эволюция по М. Кимуре?). И все же основа у биосистем «здоровая» и, собственно говоря, благодаря этому они и существуют в периодически и/или аperiodически меняющейся среде.

Адаптация Программа исследований Методы исследования Гиперадаптация Переходной процесс Стимуляторно-ингибиторный анализ Уровни Принципы Теория Программа исследований адаптивного ответа: а) изучение типов реакции на «адаптивное» воздействие (начинающиеся с ингибирования или стимулирования); б) тестирование объекта на разных этапах переходного процесса, индуцированного стрессором; в) цитологическое и гистологическое изучение вариантов с четким гиперадаптивным ответом; г) стимуляторно-ингибиторный анализ; д) прямые методы изучения адаптивного ответа; е) другие уровни и механизмы адаптивного ответа; ж) адаптивный ответ в онтогенезе и филогенезе; з) принципы адаптивного ответа; и) элементы теории адаптации.

Адаптация Системология Гетерогенность Стохастическая (статистическая) система Структурная система Норма реакции Иерархия Уровни Дифференциация Специализация Интеграция Механизм Доминирование Деграация (Алешенко Г.М., Букварева Е.Н. Некоторые вопросы моделирования разнообразия в биологических системах различных типов// УСБ, 1991, т. 111, в. 6, с. 803-811) Краткое содержание статьи о структурных и стохастических системах. Статистическая (стохастическая) система – состоит из функционально однотипных элементов, например, ткань, состоящая из клеток. Элементы статистической системы не абсолютно идентичны, их различия имеют характер флуктуаций. Структурная система – состоит из функционально различных элементов и обладает в силу этого четкой функциональной структурой, например, клетка. Иерархия биосистем построена таким образом, что статистические системы состоят из множества однотипных структурных систем предыдущего иерархического уровня, а сами являются подсистемами структурных систем следующего уровня. Переход от одного структурного уровня к следующему осуществляется через дифференциацию первоначально однотипных систем предыдущего уровня, их специализацию и интеграцию в составе структурных систем следующего уровня иерархии. Механизмы адаптации систем разных типов к изменениям среды различны. Ответом статистической системы служит отбор наиболее эффективных в данной среде элементов (структурных систем предыдущего уровня, т.е. путем изменения частот типов ее элементов. (АНМ: Вероятно, отбор происходит не только в виде изменения исходного (конститутивного, эндогенного) частотного спектра, но и в виде функционального доминирования отдельных типов элементов.

Иначе говоря, отбор может быть структурным, функциональным и смешанным – структурно-функциональным). Ответом структурной системы служат изменения функциональных характеристик составляющих ее элементов (статистически организованных подсистем), их дифференциация (разделение) или постепенная редукция (АНМ.: Гибель). Таким образом, изменения в структурных системах осуществляется благодаря процессам отбора в их статистических подсистемах. Отбор одного типа элементов соответственно сохраняет или изменяет функции статистической подсистемы (развитию структурной системы следующего уровня без усложнения).

Адаптация Стресс Классификация Фенотипический стресс Генотипический стресс Онтогенетический стресс Филогенетический стресс Факторология Понятие фенотипического стресса является дополнительным к понятию генотипического стресса, а понятие онтогенетического – филогенетического. Первая пара понятий, вероятно, отражает уровни объекта, на которые действуют факторы. При этом данные виды стресса могут наблюдаться как в течение одного онтогенеза, так и в ряду поколений. С точки зрения эволюционных механизмов хронический генотипический стресс может, в конце концов, иметь фенотипическое проявление, т.е. будет иметь место собственно эволюционное событие. Хронический фенотипический стресс (в виде эустресса или дистресса – фактические виды «упражнения органов». Кстати, почему-то в истории с оценкой эволюционной роли «наследования благоприобретенных органов» не учитывают возможной разницы ролей эустресса и дистресса) также может получить генотипическое закрепление. Вторая пара понятий, не акцентируя внимания на структурно-функциональном аспекте действия стрессора, указывает на временной аспект действия стрессора, противопоставляя онтогенез филогенезу. Таким образом, любые стрессы (от генотипического до фенотипического любого уровня (эпигенетические, тканевые, организменные, популяционные и т.д.) могут иметь филогенетические «последствия».

Адаптация Теория Системология Философия Морфогенез Онтогенез Наука Методология Биология теоретическая Информация позиционная Механизм Определение Дарвинизм Постулаты Уровни СТЭ Усилитель (Лежнев Э. Элементы общей теории адаптации. – Вильнюс: Мокслас, 1986.- 276 с.) с. 29. Со ссылкой на Г. Спенсера: «Каждая сила обладает тенденцией вызывать разнообразие». С. 40. «Назовем внутренние условия, необходимые для реализации данного следствия, механизмом явления. Объяснение, содержащее лишь данные о механизме, будем называть объяснением через механизм». АНМ: Механизм (явления, описанного для конкретной системы) – многоуровневая система отношений элементов

каждого уровня организации изучаемой системы. АНМ: СТЭ есть причинное объяснение, а теория Дарвина есть функциональное объяснение эволюции. СТЭ говорит о механизмах эволюции, а теория Дарвина объясняет ее смысл, предназначение. С. 68. Разнообразие видов падает после «изъятия» хищника. С. 83. Активное и пассивное управление (по Новосельцеву). С. 89. О принципе усиления генетической информации, введенного Н.В. Тимофеевым-Ресовским. «...локальные механизмы включаются раньше, чем эндокринные железы и ЦНС» – АНМ: Что свидетельствует об их более низком пороге чувствительности (при действии «низкоуровневых» факторов). С. 103. «Перспективное значение каждого элемента есть функция его положения в целом» (Г. Дриш). Позже данная идея переросла в гипотезу позиционной информации, выдвинутую Л. Вольпертом.

Адаптация Теория Физическая адаптация Адаптация физическая Принцип оптимизации Философия Принцип матрешки Биологическая адаптация основывается на принципах оптимизации и устойчивости функций, которые проявляются и в системах неживой природы, что подтверждает преемственность, существующую между системами органического и неорганического мира – разными этапами развития материи. Исходя из принципа матрешки, т.е. принципа вложенности физических и химических механизмов в функционирование сугубо биологических механизмов, можно предположить и существование, например, физической адаптации с соответствующими параметрами.

Адаптация Уровни Управление Многоклеточность Прогресс Переход к многоклеточности как способ обрести свободу, независимость от среды, что сопровождается повышением уровня управления. Чем больше уровней в иерархии управления, тем выше уровень развития системы.

Адаптация Филогенез Инадаптивность Палеонтология Раутиан А.С. Системология Творчество Онтогенез (Раутиан А.С. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. – В кн.: Современная палеонтология: В 2-х томах. – М.: Недра, 1988, - Т. 2, с. 76-118.) Об относительной адаптивности некоторых систем и их абсолютной инадаптивности с точки зрения будущих приспособлений.

Адаптивный потенциал, адаптивная селекция. Используемое понятие «норма реакции» относится, фактически, к фенотипу, поэтому правильное (точнее) говорить о фенотипической (эпигенетической) норме реакции. При этом логично задаться вопросом о существовании явления и соответственно понятия генотипической нормы реакции, т.е. потенциала генетической изменчивости. Отсюда следует, что необходимо ввести понятие онтогенеза вида как периода, в течение которого вид сохраняет свою качественную специфику (мера вида =

онтогенез вида). Мера индивида = онтогенез его, когда он остается в рамках своей индивидуальности (специфичности) несмотря на непрерывные процессы морфо-функциогенеза и формирование экотипов. Онтогенетическая адаптация обеспечивается за счет модификационной изменчивости в пределах нормы реакции, параметры которой задаются генотипом.

Биология Развитие Апомиксис Уровни наследования Эпигенетика Некоторые формы апомиксиса считаются эволюционными тупиками. Однако это с позиций генетической теории изменчивости. А если предположить, что эволюционные потенции могут увеличиться за счет других форм изменчивости на других (эпигенетических) уровнях наследования?

Вселенная Космогония Деградация Энергия Информация Эволюционирует ли Вселенная в целом? Может быть, наблюдаемая эволюция вещества, энергии и информации происходит за счет деградации, инволюции некой неизвестной составляющей Вселенной?

Жизнь Вселенная Энтропия Ауэрбах Развитие Жизнь земная не может иметь абсолютный антиэнтропийный характер. Если бы такое было возможно, то это бы означало, что вся Вселенная превратилась бы в живую материю. Прав Ауэрбах говоря, что «...в космосе, взятом в целом, нет развития».

Жизнь Человек Прогресс Системология Уровни Жизнь возникла сразу на всех уровнях (включая Биосферный). Человек не есть новый уровень развития живой материи. Он развивался и развивается в пределах уровня многоклеточных. Вероятно, прогрессивное развитие не всегда означает увеличение количества уровней организации. Прогресс возможен и на пути увеличения/усложнения числа связей предсуществующих структур и функций как это произошло, например, при эволюции гоминид.

Иерархия Системология Прогресс Интеграция Создание блоков – один из способов прогрессивной эволюции. Или так называемая прогрессивная эволюция, которую мы знаем, происходит за счет создания блоков, вероятность существования самостоятельно которых намного больше вероятности конгломерата, равного блоку по простой сумме частей.

Корень Морфогенез У большинства растений корни очень сходны при колоссальном многообразии надземных частей, что свидетельствует либо об эволюционной «молодости» корней либо об относительном однообразии почвенных условий. А, скорее всего, и том и другом.

Креод Направленность Развитие Цель Проблема Онтогенез Проблема целенаправленности биологического процесса (онтогенетического или филогенетического) – это проблема задания уровня и содержания активности, это проблема образования креода.

Материя Вещество Энергия Информация Принцип ускорения Принцип ускорения эволюции путем ускорения обмена вещества, энергии и информации.

Материя Направленности эволюции материи нет. Нет и самой эволюции. Да и какая же это направленность, если сплошь и рядом речь идет о вероятностях, о вероятности зарождения жизни, разума и т.д.

Методология Принцип эволюционности Принцип революционности Принцип эволюционности следует дополнить принципом революционности.

Мораль Эволюция морали. Предел морального совершенствования.

Мышление Онтогенез Творчество Онтогенез мышления повторяет в некотором роде его филогенез. И даже онтогенез мысли, идеи проходит стадии, которыми «шли» их предшественники.

Мышление Футурология Философия Придет время, когда эпоха от эпохи будет отличаться не типом «производственных отношений», а качественными (и количественными) характеристиками мышления, способов познания Мира (реального и потенциального).

Надежность Надежность эволюции (филогенеза).

Наука Методология Поризм Можно ли использовать понятие поризма (утверждение, сформулированное в ходе решения какой-либо задачи, которое по содержанию своему охватывает намного более широкий круг явлений, нежели тот, к которому эта задача относилась), точнее само явление поризма для описания новообразования в процессе биологической эволюции? Скорее всего, следует дать положительный ответ, поскольку в филогенетике известны случаи потенциальной полифункциональности органов.

Необратимость Футурология Необратимость эволюции. В принципе, я считаю, что эволюция обратима, только для этого необходима затрата внешней по отношению к эволюционирующей системе энергии. И не просто энергии, а организованной энергии (негэнтропии?). Сейчас же, после успехов геной инженерии, палеонтологии и компьютерной графики есть еще больше оснований говорить о такой возможности, имея, конечно, ввиду, что полнота восстановления (теоретического и/или практического) никогда не будет полной, а лишь бесконечно к ней приближаться.

Онтогенез Аналогия Наследственность Отбор Адаптация Филогенетический стресс Онтогенез подобен эволюции с ее наследственностью, изменчивостью, отбором, борьбой за существование и т.п. Здесь уже видны зародыши моих более поздних идей о подобии онтогенеза (морфо-функциогенеза) адаптации и о филогенетическом стрессе.

Онтогенез Дух Потребность Филогенез и онтогенез духовных потребностей.

Онтогенез Интеллект Онтогенез мышления тоже повторяет его филогенез? Если да, то это в возможности, т.е. путем воссоздания полноценных социальных (прежде всего) отношений, структуры и содержания которых формировались в историческом процессе.

Переходный процесс Классификация Революция Адаптация Аналогия Эволюционные (постепенные) и революционные (скачкообразные) типы переходных процессов. Переходный процесс Эволюционные (постепенные) и революционные (скачкообразные) типы переходных процессов.

Плазмалемма Эволюция плазмалеммы и др. мембранных структур клетки.

Принцип инвариантности Материя Принцип инвариантности (изофункционализма) космических форм жизни означает ни что иное, как признание единственности пути эволюции материи. А так ли это?

Прогресс Адаптация Уровни Управление Устойчивость Механизм Взаимодействие Системология Чем выше уровень организации системы, тем выше ее устойчивость и, следовательно, тем больше ее адаптационные возможности. Возникновение нового уровня обуславливает возникновение нового уровня (механизма) адаптации. Взаимодействие, как интеграционный процесс повышающее уровень организации, повышает адаптационные возможности биосистемы.

Прогресс Футурология Человечество Бессмертие Смысл жизни Только преодолевая все более и более сложные ситуации, Жизнь способна прогрессировать. В настоящее время Человечество, ставя (а что ему остается делать) перед собой все новые и новые задачи, не осознает, что это единственный путь к своему спасению. Человечество должно осознать, что оно смертно, но все же смысл жизни его в максимальном продлении срока своей жизни. Внешние или внутренние по своим причинам глобальные и фатальные по своим последствиям для Человечества катастрофы неизбежны. При этом важно максимально продлить срок своего существования. В этом смысл жизни всего человечества. Впрочем, не исключено и его самоубийство, если, опять же, возникнет внешне или внутренне обусловленная тупиковая ситуация.

Развитие Материя Революция Философия Идея Потенция Системология Адаптация Эволюционные и революционные этапы и способы развития объектов реальных и потенциальных. Идеи (потенции) ведь тоже развиваются. Имеется ли какая-либо специфика в революционном и эволюционном способах развития систем? Аналогична ли эта ситуации острого и хронического воздействия на систему?

Старение Мутагенез Эволюционный вес субпопуляции Каков вклад каждой субпопуляции определенного возраста в эволюционный процесс? Можно ли говорить об особо значимой роли самой молодой и более зрелой в возрастном отношении популяций, демонстрирующих наибольший уровень мутагенеза?

Отбор Разрешающая способность отбора «Случайное сходство насекомого с предметами окружающей среды могло дать ему лишь некоторое преимущество», – говорит Г.А. Югай (Общая теория жизни. – М.: 1985) АНМ: Весь вопрос в том, достаточного ли проявившейся степени случайного сходства для получения ощутимого превосходства особи в «борьбе за существование». Может ли вообще неопределенная изменчивость служить материалом для естественного отбора. Достаточно ли амплитуды изменчивости, чтобы быть различимой естественным отбором? Позже этот вопрос-идея выразились в виде понятия «разрешающая способность отбора».

Теория надежности Видообразование как отказ в системе обеспечивающей устойчивость (надежность) вида.

Филогенез Адаптация Эволюция Инадаптивность Палеонтология Раутиан А.С. Системология Творчество Онтогенез (Раутиан А.С. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. – В кн.: Современная палеонтология: В 2-х томах. – М.: Недра, 1988, – Т. 2, с. 76-118.) Об относительной адаптивности некоторых систем и их абсолютной инадаптивности с точки зрения будущих приспособлений.

Философия Наука Системология От философии к настоящему моменту остаются одни «фужеры да ножки». Ее растаскивают по частям всякие новомодные науки вроде системологии. Философии оставили только одну категорию «противоречие». Философия, очевидно, проходит стадию дифференциации, служа источником новых наук как в свое время натурфилософия распалась на множество естественнонаучных дисциплин.

Философия Потенциальное Реальное В Мире ничего не исчезает и ничего не возникает. В Мире есть все, Все в нем присутствует. Только это «все» не актуализировано, оно существует в потенции. По-моему, потенциальное существование – это такая же реальность, как любая другая (актуализированная). С этих позиций эволюцию не следует рассматривать как «пробивание дороги сквозь лес преград». Эволюция есть реализация возможностей. Синтезировать можно все. А раз «все можно», то это «все» уже существует. Например, у мужчины и женщины может родиться ребенок. При этом, мы можем заранее узнать каким он будет (хоть это чертовски сложно), т.е. он (ребенок) как бы уже есть, но еще не «собран» в целое, хотя части его уже где-то существуют.

Философия Системология Материя Иерархия Иерархия иерархий. Эволюция материи построила и продолжает строить не просто цепочку все усложняющихся систем. Результатом развития материи является древо систем. Кроме «столбовой дороги» эволюции материи от каждого ее законченного этапа-узла отходит ветвь, которая развивается относительно независимо от стальных путей. Например, биологические системы возникли из химических, но для химических систем возникновение жизни было не единственным путем развития. Они развивались до и продолжали развиваться после, образуя, конечно, более простые системы, чем даже самые простые биологические системы.

Футурология Бесконечность Вселенная В бесконечной Вселенной возможно возникновение жизни, способной бесконечно долго развиваться в пространстве и времени. Однако вероятность того, что именно наша биосфера представляет данный случай также бесконечно мала. Гораздо больше вероятность того, что рано или поздно Человечество погибнет. Становится удивительно легко и спокойно от таких мыслей.

Футурология Системология Гибель человечества (вместе с Биосферой) как индивида популяции цивилизаций, обитающей в ограниченном ареале Вселенной.

Человек Адаптация Экология Футурология Наступит ли когда-нибудь в будущем новый виток спирали приспособления Человека к Природе, а не наоборот как этот происходит сейчас.

Человек Вполне, вероятно, что у человека «на роду написано» быть «тупиком эволюции».

Человек Не были ли всяческие физические недостатки, (впрочем, вполне совместимые с жизнью, например, в виде близорукости, дальновзоркости, врожденной анатомической инвалидности и т.п.) причиной ускоренной дифференциации и специализации в человеческих сообществах?

Человек Размножение Вейсман Зародышевая плазма Человек, как и другие многоклеточные, размножающиеся половым путем, подобен футляру, в котором хранятся половые клетки. Вся эволюция многоклеточных представляет собой, по сути дела, все большее и большее совершенствование этого «футляра»-сомы, дабы как можно надежней обезопасить половые клетки (зародышевую плазму по Вейсману).

Человек Футурология Системология Взаимодействие Современная техника неотделима от человека, да и человек-то современный это и есть единство его самого и его многообразных орудий труда. Система «человек – техника» развивается, совершенствуется путем взаимосовершенствования элементов (человека) элементами (техникой).

Человек Футурология Человек создаст новые виды, новую природу, новые миры, человек изменит собственную природу – биологическую, психофизиологическую и психическую. Человечество осознало необходимость сохранения природы как необходимого условия сохранения своего «здоровья».

Человек Экология Футурология Генная инженерия Тренировка Адаптация Физиологическая инженерия В истории человечества наблюдается ритмическая смена периодов приспособления человека к природе на периоды приспособления природы к потребностям человека. Представляется, что в ближайшее будущее человек снова будет приспосабливаться к природе, используя весь арсенал биологической инженерии (генную инженерию, клеточную, тканевую и органную, физиологическую инженерию (методы адаптации или тренировки) и т.д.) Действительно, практическое применение теории онтогенетической адаптации есть, по сути, биоинженерный метод, т.е. один из методов физиологической инженерии.

Человечество Прогресс Футурология Можно предположить, что на современном этапе прогрессу (будем надеяться) развития Человечества способствуют преимущественно внутривидовые отношения, которые рано или поздно, вероятно, дополнятся или сменятся межвидовыми отношениями, на роль которых, очевидно, могут претендовать не только земные виды и в целом Биосфера, но и виды внеземные, включая внеземные цивилизации.

Эволюционный потенциал Эволюционный тупик Как оценить степень «тупиковости» современных видов живых организмов? Иначе говоря, как оценить эволюционный потенциал вида?

3. ВОЗМОЖНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО РАДИАЦИОННОГО ФОНА В ВОЗНИКНОВЕНИИ И ФИЛОГЕНЕЗЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

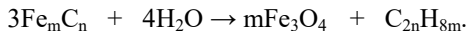
В значительной степени представленный ниже материал (см. Приложения 4-6) отражен в текстах помещенных в сборнике публикаций, рамки которых вынуждали автора жертвовать какими-то неписываемыми в концепцию статей содержательными деталями, что, впрочем, может придать этим «первоисточникам» самостоятельную ценность.

Абиогенный синтез. Стадия квазизизни (квазибиосферы).

Считается очевидным, что возникновению жизни предшествовал длительный период абиогенного синтеза простых и высокополимерных веществ на основе **углерода** (Кузин, 1991).

Среди всех химических элементов только атомы углерода, имея на своей внешней орбите четыре электрона, способны образовывать ковалентные связи друг с другом, образуя линейные и объемные структуры многочисленных органических соединений. Второй важной химической особенностью атомов углерода является его способность образовывать ковалентные связи как с **водородом**, принимая на свою орбиту четыре электрона водорода, так и с **азотом и кислородом**, отдавая им один, два и даже три электрона. Благодаря этому соединения углерода с водородом, кислородом и азотом явились химической основой живой материи, 97 % составляют эти элементы.

Каков же был источник углерода, обеспечивший «строительным» материалом абиогенный синтез? Академик А.И. Опарин (1968) в своих классических трудах о происхождении жизни изложил концепцию, согласно которой основным источником углерода для последующих синтезов все более и более сложных веществ могли быть **карбиды металлов**, дающие при взаимодействии с водой **углеводороды**:



Углеводороды могли образовываться и, вероятно, образовывались в больших количествах. Однако известно, что они являются *относительно инертными* в химическом отношении веществами и чтобы заставить углеводороды вступать в реакции с другими веществами, образуя то многообразие органических веществ, которое необходимо для возникновения жизни, требуются мощные источники энергии. В работе Т.Е. Павлоцкой (1973) приводятся результаты расчетов С. Миллера и Х. Ури, согласно которым

возможные источники энергии располагаются по удельной мощности (на единицу площади) следующим образом (см. табл. 1.):

Таблица 1.

Возможные источники энергии преобразования углеводов

Источник энергии	Удельная мощность источника, кал*см ⁻² *год ⁻¹	
Общая солнечная радиация (ФАР + УФ В + УФ В)	260 000	
Ультрафиолетовое излучение Солнца		
250 нм		
200 нм	УФ-С 570	
150 нм	885	
	3,5	
Электрические атмосферные разряды	}	4,0
Вулканическое тепло		0,13
Радиоактивность		0,8
Космическое излучение		0.0015

Традиционно, из этих оценок делают вывод о доминирующей роли в абиогенных синтезах коротковолнового ультрафиолетового излучения и незначительной роли ионизирующих излучений (Кузин, 1991). При этом не учитывается, что **коротковолновой ультрафиолет, вероятнее всего, поглощался первичной атмосферой** и верхними слоями воды древних океанов, электрические разряды происходили только в атмосфере, а энергии воды даже при 200°C (под давлением) недостаточно для разрыва прочных химических связей насыщенных углеводов. Очевидно, что энергией, способной нарушить инертность первичных углеводов могла быть **преимущественно энергия ионизирующего излучения радионуклидов земной коры**. В нижеприведенной таблице (см. табл.2) показана роль радиоактивного калия-40 в качестве одного из возможных источников такой энергии (Кальвин, 1971).

Таблица 2.

Возможные источники энергии для первичной химической эволюции (Кальвин, 1971)

Источник энергии	Среднее количество энергии на всю поверхность Земли,
------------------	--

	$n \times 10^{20}$ кал/год
Распад калия-40 (в наст. время)	0,3
Распад калия-40 ($2,6 \times 10^9$ лет назад)	1,2
УФ-лучи с длиной волны короче 150 нм (1500 Å)	0,08
УФ-лучи с длиной волны короче 200 нм (2000 Å)	4,5
Вулканизм (лава при 1000°C)	0,04
Удары метеоритов	0,05 (вероятно)
Молнии	0,05

Казалось бы, что роль радиоактивного калия как источника излучения не является значимой по сравнению с ролью коротковолновым ультрафиолетом. Однако существенной ошибкой приведенных выше расчетов является оценка энергии ионизирующих излучений по усредненным данным для всего земного шара. На самом деле, в историческом прошлом Земли в местах разломов земной коры могли возникать источники излучения, создающие во много раз более мощные уровни облучения по сравнению с усредненными величинами. Даже в наши дни в рифтовых зонах Срединно-Атлантического хребта, Индийского океана, Красного моря концентрация урана примерно в 500 раз выше его средней концентрации в горных породах. Поскольку речь идет об уникальном и, вероятно, локальном событии, коим является возникновение жизни, то весьма правдоподобно допустить одновременное образование в каком-либо ограниченном районе мирового океана первичных углеводородов и возникновение зоны повышенных уровней ионизирующей радиации, способной вызвать существенный радиолиз углеводородов.

Энергия квантов и корпускул ионизирующего излучения (ИИ) намного превосходит энергию любой ковалентной связи. Первичные углеводороды под действием ИИ разбивались на фрагменты, обладающие свободными валентностями, т.е. образовывались свободные радикалы. Свободные радикалы, в свою очередь, обладая огромной способностью взаимодействовать друг с другом, давали все более и более усложненные **цепи углеводородов**, а также взаимодействовали с другими элементами окружающих их пород (N, P, S, O), обеспечивали протекание первичных фаз абиотического синтеза. Эти процессы протекали сотни тысячелетий в районах с повышенным радиационным фоном, обеспечивая в достаточном количестве химический материал для последующих синтезов аминокислот, полипептидов, нуклеотидов, и полинуклеотидов, порфиринов, углеводов, липидов и других веществ, необходимых для

возникновения простейших квазизживых и в последующем живых образований.

Эволюция сенситивности

Многие из образующихся в вышеописанном процессе соединений уже были способны активно поглощать ультрафиолетовое излучение Солнца и, диффундируя в поверхностные воды океана, могли под влиянием ультрафиолета вступать в дальнейшие реакции синтеза, конденсации и полимеризации. Вероятно, **можно постулировать** то, что в общем процессе предбиотического и биотического исторического развития возрастает чувствительность структурно-функциональных элементов биосистем с одновременным возрастанием надежности их функционирования. Например, человеческий глаз способен различать отдельные кванты видимого света. **Постулат второй** (фактически, продолжение первого): параллельно с возрастанием чувствительности растет изолированность систем от воздействий, способных оказать на нее разрушительное влияние. Пример последнего – приобретение организмами локомоторной функции.

В последующие периоды абиотического синтеза, занявшего, вероятно, существенно большие площади и использующего дополнительные к ионизирующему и ультрафиолетовому излучению виды энергии, вклад ионизирующей радиации мог быть достаточно значительным ввиду ее способности чрезвычайно легко превращать молекулы в свободные радикалы с высокой реакционной способностью.

Радиационный фактор, вероятно, действовал не только непосредственно, но и опосредованно, способствуя усилению роли химического фактора, как фактора стимуляции вариабельности первичных молекул, а также выступал в качестве фактора их последующего отбора. Так, в местах повышенного фона ионизирующей радиации, подобных урановым месторождениям Окло (богатое урановое месторождение на востоке Республики Габон (экваториальная Африка), единственное место на земле, где работает естественный природный ядерный реактор. В результате уникального стечения обстоятельств примерно 500 тысяч лет назад (по другим сведениям – 2 млрд. лет назад) под землей началась и до сих пор продолжается цепная реакция, что создает в этом районе повышенный фоновый уровень радиации и некоторый разогрев почвы), происходил интенсивный **радиолиз воды** с выделением свободного кислорода, что явилось, вероятно, мощным фактором обогащения первичной атмосферы Земли кислородом. Наличие кислорода и радиационно-химическое окисление углеводов за счет радикалов (ОН-радикал) благоприятствовало синтезу окисленных карбонильных соединений

(карбонильная группа $-C=O$). Позже, когда в уже увеличивалось количество длинных цепей полинуклеотидов (и за счет реакций конденсации на основе комплементарности оснований), в этот период, который предшествовал периоду собственно возникновения жизни, ИИ также играло важную роль в эволюции макромолекул. Индуцируя разрывы нуклеотидных цепей, ИИ приводило к появлению новых вариантов цепей нуклеотидов. Это **квазимутагенное** действие ИИ в предбиотический период, длившийся десятки миллионов лет, привело к образованию различных типов полинуклеотидов и полимеров аминокислот (протопротеины), что было необходимо для следующего качественного скачка в эволюции материи – возникновения жизни (Кузин, 1991).

Вероятно, в первичных процессах абиотического генезиса углеродистых соединений роль внешних (средовых, эпигенетических?) механизмов, т.е. механизмов, обеспечивающих первичный органический бульон разнообразным химическим материалом, преобладала над внутренними (преформистскими?) механизмами. Уровень преемственности в первичных процессах биогенеза был низок и возрастал по мере укрупнения и усложнения органических молекул. В частности, о чем упоминалось выше, начинали работать механизмы **комплементарного синтеза**, позволяющего в большей степени сохранять биоорганическим системам накопленную информацию путем дублирования и, следовательно, двигаться по пути все более и более **ускоряющегося** прогрессивного развития.

Жизнь на Земле возникла как единое недифференцированное на виды (в современном понимании) целое. Вопрос о моно- или полифилиитическом происхождении видов, таким образом, снимается. Развитие биосферы (**квазибиосферы** на начальных этапах своего развития) происходило путем ее структурирования, что и выразилось в процессе видообразования, который носил и, фактически, до сих пор носит колебательный характер (по численности видов). Вероятно, эволюционировал и сам механизм существования вида, который вряд ли всегда обладал всеми теми признаками, которыми обладает современный вид.

Фактически, на этапе квазибиосферы чуть ли не каждая молекула полинуклеотида представляла собой отдельный «вид». Первичный бульон был наполнен своеобразными вирусоподобными частицами (вирусоидами), обеспечивающими глобальную связь в масштабах квазибиосферы – филогенетический аспект понятия «вирусный ИНТЕРНЕТ».

С появлением самореплицирующихся систем можно уже говорить о «включении» квазибиологического фактора филогенетических преобразований. Практически одновременно с

появлением самореплицирующихся полинуклеотидных макромолекул началась их конкуренция за субстрат. «Выживали лишь сильнейшие» макромолекулы, вероятно, более успешно взаимодействующие с полипептидными макромолекулами.

Филогенез

Значительную роль играла ИР и после скачка от прогрессивных преобразований в рамках квазижизни к эволюции жизни – в процессе уже собственно филогенетического развития биологических систем. Хотя роль этого фактора все больше и больше уменьшалась, уступая место более организованным факторам, например, биотическим. Все же попробуем рассмотреть возможный вклад радиационного фактора в филогенетический процесс.

Как известно, самым фундаментальным механизмом (наряду с другими более высоко организованными в структурно функциональном отношении), обеспечивающим филогенетический процесс новой информацией, подвергающейся дальнейшему отбору, является механизм мутагенеза, т.е. изменение структуры молекулярных систем, основой которых является ДНК.

Мутагенное действие ИР было открыто Г.А. Надсоном и Г.С. Филипповым в 1925 г. Исследуя влияние рентгеновских лучей на представителей низших грибов (Мисогассеае), они обратили внимание на появление отдельных колоний необычного, оранжевого цвета, наблюдение за которыми в течение многих поколений позволило констатировать наследуемость обнаруженных изменений, из чего авторы сделали вывод о мутагенности действия рентгеновского излучения. Таким образом, ИР стала рассматриваться как мощный мутагенный фактор. При этом возник вопрос: какой вклад ИР ПРФ вносит в наблюдаемый темп спонтанного мутагенеза и может ли она выступать существенным фактором отбора?

Еще в 30-х годах прошлого века эксперименты с дрозофилой позволили установить, что естественный фон радиации (1,0-2,0 мГр/год) вносит несущественный вклад в естественную мутабельность (около 0,1 %). Здесь будет уместным вспомнить, что уровень спонтанной деградации ДНК на шесть порядков превосходит уровень деградации, индуцируемый ПРФ. (Попутно заметим, что, поскольку доля мутаций, индуцированных ПРФ выше, чем доля первичных повреждений ДНК, индуцированных ПРФ, то можно сделать вывод о менее эффективной репарации радиационно индуцированных повреждений по сравнению с термоиндуцированными повреждениями). Могли ли какие-нибудь внешние и/или внутренние факторы увеличить вклад ПРФ в общий уровень мутабельности?

Несколько слов по поводу внешних факторов. Очевидно, что необходимо учитывать возможные колебания уровня ПРФ в историческом прошлом Земли и способность организмов концентрировать радионуклиды (РН) в высоких концентрациях (активностях). По крайней мере, для обитателей водных экосистем последнее обстоятельство могло оказаться существенным фактором мутагенной изменчивости. Если еще принять во внимание тот факт, что на протяжении первого миллиарда развития простейших форм жизни радиоактивный фон был выше современного, а временами из-за вспышек сверхновых звезд он существенно (в сотни и даже тысячи раз), то станет ясно, что роль ИР как постоянно действующего (прямо и/или опосредованно через продукты радиолиза – химические мутагены) мутагенного фактора, в начальный период биологической эволюции была весьма значимой.

Не исключено также, что первичные формы жизни, еще не выработавшие совершенных репарационных (в общем случае – восстановительных) систем защиты молекулярно-генетических систем от мутагенного действия ИР, были менее радиоустойчивы современных видов, что делало фактор ИР не только фактором мутационной изменчивости, но и фактором отбора. Можно даже постулировать следующее положение: Значимым фактором филогенетического отбора может быть лишь фактор, являющийся значимым в качестве фактора повышения уровня изменчивости. И наоборот. Совпадение этих двух условий делает фактор фактором прогрессивного филогенетического процесса. Для фактора филогенетического регресса такое соответствие не обязательно. Например, уровень естественной деградации ДНК является следствием термодинамической, по сути, тепловой нестабильности данной молекулы. Таким образом, с одной стороны, температурный фактор выступает в роли фактора изменчивости и он же тестирует новообразующиеся системы восстановления (надежности, репарации и т.п.) генома.

Возможная роль взрывов сверхновых звезд в истории жизни на Земле

Известно, что в историческом развитии жизни на Земле было несколько периодов колебания численности видов. Примером этого является палеозойская эра (начало 570 ± 20 млн. лет назад, конец – 230 ± 10 млн. лет назад, длительность – около 340 ± 10 млн. лет; включает кембрий, ордовик, силур, девон, карбон, пермь), для которой был характерен расцвет гигантских земноводных и пресмыкающихся и закончившаяся их практически полным вымиранием. Была высказана гипотеза (Шкловский, 1965) о том, что в конце палеозоя, на расстоянии 5-10 пс ($1 \text{ пс} = 3,26 \text{ световых лет} = 3,086 \cdot 10^{13} \text{ км}$) от Солнца, вспыхнула сверхновая звезда. Сверхновая

звезда – результат взрыва красного гиганта – поздней стадии онтогенеза звезды. Полная энергия такого взрыва может равняться энергии Солнца, которую оно излучает в течение 5 млрд. лет.

Вспышки сверхновых являются мощным источником радиационного излучения. Так, в Крабовидной туманности, считающейся остатком взрыва сверхновой, концентрация релятивистских e^- и p^0 с энергией более 10^9 эВ составляет приблизительно $3 \cdot 10^{-7}$ см⁻³. Могло ли Солнце с окружающими ее планетами, двигаясь в Галактике, попадать в такие области межзвездного пространства, где плотность первичных космических лучей в десятки или даже сотни раз больше, чем в настоящее время? За последние 1000 лет в нашей Галактике наблюдалось, по крайней мере, 5 вспышек сверхновых звезд – в 1006, 1054, 1572, 1604 и 1843 гг. Все они были очень яркие, следовательно, расстояние до них не превышало 2-2,5 кпс. Отсюда можно было бы сделать вывод, что примерно каждые 100 лет вспыхивает сверхновая на расстоянии не большем, чем 1000 пс. Принимая во внимание то, что сверхновые образуют в Галактике сильно уплотненную систему толщиной приблизительно в 100 пс, И.С. Шкловский и В.И. Красовский (Шкловский, 1965) определили, что каждые 200 млн. лет вспыхивает сверхновая на расстоянии от Земли меньше, чем 8 пс. Это означает, что за время существования Земли приблизительно 10 раз ближайшие к Солнцу звезды вспыхивали как сверхновые.

Таким образом, в историческом прошлом Земли могли быть периоды, когда поток первичных космических лучей был в сотни раз больше современного. В частности, это, вероятно, вызвало в конце мелового периода (начало – 136 ± 5 млн. лет назад, конец – 66 ± 3 млн. лет назад, длительность – около 70 млн. лет) длительное увеличение космического компонента ПРФ, что за несколько десятков тысяч лет могло привести к вымиранию, например, таких неустойчивых к действию ИИ форм пресмыкающихся, как динозавры. В течение всего этого времени шел отбор видов (+ сообществ?) по радиоустойчивости. Косвенным доказательством этого является то, что мелкие пресмыкающиеся, дожившие до наших дней, характеризуются высоким уровнем радиорезистентности – ЛД_{50/30} для них 50-200Гр. Заметим, что радиорезистентность возникших позднее млекопитающих составляет всего 2-7 Гр.

Как считают авторы данной гипотезы ее проверкой было бы палеонтологическое доказательство того, что рептилии вымерли (не все, разумеется) повсеместно за время, не превышающее несколько десятков тысяч лет, т.е. в течение периода повышенного радиационного фона, связанного с взрывом сверхновой звезды.

До сих пор таких доказательств нет, поэтому, несмотря на всю убедительность изложенной гипотезы, существует и противоположная

точка зрения, обращающая, главным образом внимание не на собственно невозможность колебания радиационного фона в историческом прошлом Земли, а на неполноту палеонтологической летописи, с одной стороны, и на факты того, что животные, живущие вместе в сходных условиях радиационного воздействия неодинаковым образом на них реагировали – одни виды вымирали, а другие нет. Так, в течение позднего мела вымерло большинство морских рептилий, включая многих морских черепах, а другие морские черепахи не вымерли (Simpson, 1968). Обращает на себя внимание и факт того, что вымирали морские виды, которые могли быть частично экранированы от ионизирующей радиации толщей воды. С точки зрения Дж. Симпсона (1968) гипотеза филогенетической значимости флуктуаций интенсивности радиационного фона не является ни необходимой, ни достаточной.

Попробуем порассуждать и мы. Предположим, что после массового вымирания одних видов, которые, очевидно, оказались наиболее радиочувствительными (или наиболее доступными действию радиации?), остались более радиорезистентные виды. Могли ли они дать начало видам менее резистентным, которые (виды-предки класса млекопитающих, например), скорее всего уже тогда существовали? Можно ли представить себе ситуацию, когда жесткие радиационные условия существования, приведшие к массовому вымиранию рептилий одних видов привели к возрастанию внутривидового (популяционного) полиморфизма других видов, что является необходимым условием видообразования? Поскольку в последнем случае речь идет о более радиорезистентных видах, то такое событие маловероятно, хотя и не исключено.

Если исходить из постулата о тождественности фактора отбора и фактора изменчивости, то последнее замечание, на первый взгляд, противоречит ему. Действительно, какой же это фактор изменчивости, если он не вызывает гибели. Однако, это противоречие лишь кажущееся. Ведь тождественность фактора отбора и фактора изменчивости означает, что мы имеем дело не просто с филогенетическим фактором, а с фактором, обеспечивающим прогрессивные филогенетические изменения, для чего требуется его определенная «мягкость», что могло явиться следствием установившегося соответствия между радиорезистентностью видов и радиационным фоном конкретной эпохи.

Связь мировых центров видообразования с районами повышенного радиационного фона

На основании масштабных ботанико-географических исследований Николай Иванович Вавилов пришел к выводу, что видообразование диких и сортообразование культурных растений

происходило в определенных регионах земли, и что оно происходило не равномерно в пространстве, а было сосредоточено в определенных центрах («центры видообразования»). Располагались такие центры преимущественно в горных и предгорных районах, которые часто совпадают с месторождениями урановой руды и наблюдается повышенный фон ионизирующей радиации. Так, в Южной Америке Н.И. Вавилов отмечает три центра видообразования, приуроченные к Андийскому хребту, по которому расположены урановые провинции Сантадер в Колумбии, Сьерра-Пампа в Аргентине и Чили, Альтиплано в Боливии. С урановыми провинциями совпадают и центры видообразования в Иране, Афганистане, Пенджабе, южных отрогах Гималаев, северо-западной Индии (Кузин, 1991).

Вспышки уранонакопления и скачки в историческом развитии жизни на Земле

Вымирание больших групп организмов связывают также со вспышками орогенетических процессов (орогенез (гр. *oros* – гора) – 1) горообразование; 2) совокупность интенсивных восходящих тектонических движений, складчатости, разрывов). Разломы земной коры и гигантские лавовые излияния, которые также сопровождаются значительными возрастаниями уровней активности радионуклидов (уран, радий). Например, вулканическое стекло Мепари (Италия) содержит $15 \cdot 10^{-6}$ г/г урана. Некоторые образцы изверженных пород содержат $200 \cdot 10^{-6}$ г/г урана (при среднем содержании в земной коре около $3 \cdot 10^{-6}$ г/г) и около $500 \cdot 10^{-6}$ г/г тория (Дысса и др., 1960). Указанные процессы приурочены к определенным фазам орогенеза и по времени совпадают с вымиранием определенных групп организмов.

На основании детального исследования накопления урана в осадочных породах в различные палеонтологические эпохи С.Г. Неручев (1982, 2007) пришел к выводу о том, что в течение миллиардов лет биологической эволюции в связи с изменениями вулканической и тектонической активности, развитием рифтовых систем и изменениями климата возникали эпохи повышенного содержания урана в горных породах и воде первичных морей. Самыми мощными радиоактивными эпохами были поздний девон – ранний карбон; поздняя юра – ранний мел; поздний карбон; поздний мел; поздняя пермь; средний – поздний эоцен. Как проследил С.Г. Неручев, эпохи уранонакопления характеризуются усиленным видообразованием, которые он связывает с «глобальной вспышкой мутационного процесса» (Неручев, 2007, с. 25)

После вспышек видообразования происходило дальнейшее концентрирование урана в живых организмах, что неминуемо должно было привести к массовому их вымиранию. Вероятно, именно по этой

причине осадочные породы, образующиеся после вспышек уранонакопления в водах первичного океана, характеризуются одновременно высоким содержанием урана и органического вещества, что и было установлено С.Г. Неручевым. Впрочем, высокое содержание органики могло свидетельствовать и высоком уровне биопродуктивности древних сообществ.

В качестве заключения раздела о роли ПРФ в филогенетических событиях следует еще раз сказать следующее. Если весь филогенетический процесс представить в виде исторического процесса последовательного возникновения все более и более сложно организованных и одновременно надежных биологических систем, то этому процессу можно поставить в соответствие не менее сложный процесс исторического развития филогенетических факторов. В ряду последних радиационный фактор занимает соответствующее ему место (самое «фундаментальное»), значимость которого для биосферы в целом со временем уменьшалась, но остается еще весомой. Лишь человек имеет возможность в значительной степени минимизировать его влияние. Собственно говоря, филогенез – это и есть совокупность факторов филогенеза и продуктов этого филогенеза, непрерывно взаимодействующих с «собственноручно» порожденными факторами.

ЛИТЕРАТУРА

Дысса Ф.М., Нестеренко П.Г., Стовас М.В., Широков А.З. К вопросу о причинах вымирания больших групп организмов // ДАН СССР, 1960, т. 131, №1, с. 185-187.

Кальвин М. Химическая эволюция. – М.: Мир, 1971. – 240 с.

Кузин А.М. Природный радиационный фон и его значение для биосферы Земли. – М.: Наука, 1991. – 117 с.

Неручев С.Г. Эпохи радиоактивности на поверхности Земли и их влияние на развитие органического мира // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007, № 2, с 1-26.

Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. – Л.: Недра, 1982. – 208 с.

Опарин А.И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. – М.: АН СССР, 1968. – 174 с.

Павлоцкая Т.Е. Абиогенный синтез биологически важных соединений. – Проблемы возникновения и сущности жизни. – М.: Наука, 1973. – с. 38-72.

Шкловский И.С. Вселенная. Жизнь. Разум. – М.: Наука, 1965. – 284 с.

Simpson G.G. Evolutionary effects of cosmic radiation // Science, 1968, N 3849, pp. 140-141.

4. ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Уровень спонтанной деградации ДНК и сопоставление его с уровнем деградации, индуцируемым ЕРФ

Выше (см. Приложение 4.) мы рассмотрели возможную роль фактора ионизирующей радиации, обусловленного природным радиационным фоном (ПРФ) в процессе возникновения жизни и дальнейшей ее эволюции. О значимости фактора ионизирующей радиации для онтогенеза можно говорить лишь с точки зрения ее канцерогенного действия, поскольку никаких видимых детерминированных эффектов она при таких мощностях излучения не обусловит.

По существующим оценкам константа скорости деградации ДНК в результате спонтанно возникающих (результат термодинамической нестабильности и атак свободных радикалов) одностранных разрывов практически совпадает у различных биологических объектов, принадлежащих к различным радиотаксонам (фаги, бактерии, клетки млекопитающих) и варьирует в диапазоне $(9-1) \cdot 10^{-11} \cdot \text{с}^{-1}$, что на шесть порядков превышает соответствующую константу деградации ДНК под действием излучения естественного радиационного фона (ЕРФ) $(2 \cdot 10^{-17} \cdot \text{с}^{-1})$ (Виленчик, 1985; Сарапульцев, Гераськин, 1991; Сарапульцев, Гераськин, 1993).

«Спонтанный» канцерогенез и вклад в него ЕРФ

Если предположить, что частота спонтанно индуцируемых опухолевых заболеваний (приблизительно 3000 случаев на 1 млн. человек в год) прямо пропорционально зависит от уровня спонтанной деградации ДНК и что частота злокачественных новообразований (ЗН), индуцируемых ЕРФ, находится в такой же зависимости от уровня деградации ДНК, индуцируемого ЕРФ, то доля ЗН, индуцируемых ЕРФ, составит $1 \cdot 10^{-6}$ -тую часть от уровня спонтанно индуцируемых онкологических заболеваний, т.е. приблизительно 0,003 дополнительных случая заболеваний в год в расчете на 1 млн. человек.

В течение года 1 млн. человек получают от излучения ЕРФ коллективную эквивалентную эффективную (КЭЭ) дозу порядка $2 \cdot 10^{+3}$ Зв, которая как раз и индуцирует 0,003 эти дополнительных случая ЗН. На 1 млн.человеко-сЗв/год (общепринятая величина коллективной дозы, используемой для расчетов канцерогенного риска) приходится, соответственно, дополнительно 0,015 случая ЗН. За 100-летнюю жизнь этот риск будет равняться 1,5.

Таким образом, коэффициент канцерогенного риска, обусловленного ионизирующим излучением может составить величину, не превышающую нескольких единиц, что как минимум на 2 порядка меньше общепринятых значений указанного параметра (Романович, Репин, 2008; Романович, Репин, Вишнякова 2008). Следует также учитывать, что наши оценки получены с использованием допущений о беспороговости и линейности зависимости «доза – эффект» и могут оказаться по этой причине даже завышенными.

Будет, вероятно, уместным упомянуть здесь также о явлении радиационного гормезиса, который хотя еще и недостаточно изучен, чтобы основывать на нем регламентацию облучения, но все же является существенным свидетельством порогового действия ионизирующей радиации.

ЛИТЕРАТУРА

Виленчик М.М. Модификация канцерогенных и противоопухолевых эффектов излучений: (Биомедицинские аспекты). – М.: Медицина, 1985. – 288 с.

Романович И.К., Репин И.К. О новых Рекомендациях МКРЗ. Часть 1. Основы обеспечения радиационной безопасности // Радиационная гигиена, 2008, том 1, № 1, с. 47-52.

Романович И.К., Репин И.К., Вишнякова Н.М. О новых Рекомендациях МКРЗ. Часть 1. Применение рекомендаций // Радиационная гигиена, 2008, том 1, № 2, с. 54-60.

Сарапульцев Б.И., Гераськин С.И. Генетическая природа феномена радиационной устойчивости клетки – Радиобиология, 1991, т. 31, в. 4, с. 593-599.

Сарапульцев Б.И., Гераськин С.И. Генетические основы радиорезистентности и эволюция – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 209 с.

5. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ И ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС (раздел 6 с дополнением)

Главным итогом рассмотрения предстоящей темы является на первый взгляд парадоксальный вывод о том, что наблюдаемые уровни (абсолютные и сравнительные) радиорезистентности представителей разных видов организмов, очевидно, не являются сами по себе результатом генетической адаптации только к действию естественного радиационного фона (ЕРФ), как единственного фактора отбора радиоустойчивых генотипов. Забегая вперед, скажем, что радиорезистентность является своеобразным эпифеноменом, т.е. побочным эффектом (проявлением) общей системы резистентности, обеспечивающей надежность функционирования генома (см. также Приложение 5).

Первым прямым экспериментальным доказательством генетической детерминации радиорезистентности (ГДР) стало получение мутаций *E. coli*, приводящих к изменению радиоустойчивости. Из УФ-облученной взвеси клеток была выделена мутантная форма В/г, которая по уровню радиорезистентности (РР) значительно превосходила исходный штамм.

Для эукариотов в настоящее время известно несколько десятков генов, влияющих на РР, многие из них картированы. При этом показано, что по геному они расположены случайно, не образуя кластеров.

Не углубляясь в подробности, следует отметить основные свойства системы ГДР: полигенность, нелокализованность, рецессивность (преимущественно), неспецифичность.

Поскольку нас интересует филогенетический аспект РР, то крайне важное значение имеет проведение исследований по сравнительной РР биологических объектов, стоящих на разных ступенях филогенетического развития и различающихся по структурно-функциональной организации. Такого рода исследования имеют достаточно богатую историю и их результаты выразились в ряде попыток создания концепции радиотаксонов.

Дифференциация организмов по уровню РР. Концепция радиотаксонов (РТ)

Диапазон варьирования РР, определяемый, например, по ЛД₅₀ достаточно широк – от нескольких Гр (млекопитающие) до нескольких тысяч Гр (бактерии, вирусы, лишайники), т.е. в пределах четырех порядков.

В 1961 г. М. Терзи (Окада, 1974) впервые попытался установить зависимость между РР и структурной организацией генома 32 видов

организмов, используя эффективность инактивации генома в качестве показателя РР:

$$e = 3,7 \cdot 10^{11} D/N,$$

где: e – эффективность инактивации;

D – доза облучения, Р;

N – молекулярная масса генома, дальтон.

В результате анализа выделено 4 группы организмов существенно различающихся по e : 1) ($e_{cp}=0,64$) однопочечные РНК- и ДНК-содержащие вирусы; 2) ($e_{cp}=0,62 \cdot 10^{-1}$) двухпочечные вирусы; 3) ($e_{cp}=1,23 \cdot 10^{-2}$) бактерии (за исключением *Haemophilus influenzae*, попавшей во вторую группу) и гаплоидные дрожжи; 4) ($e_{cp}=0,69 \cdot 10^{-3}$) клетки млекопитающих, а также ди- и полиплоидные дрожжи.

По мнению М. Терзи различие в эффективности инактивации выделенных групп организмов могли быть обусловлены различиями в структурной организации их генетических систем.

Дальнейшее развитие данное направление получило в работе Г. Каплана и Л. Мозеса (Kaplan, Moses, 1964), обратившие внимание на значимую корреляцию между РР и содержанием нуклеиновых кислот, и особенно в работах А. Спэрроу с коллегами (Sparrow, Underbrink, Sparrow, 1967). В частности, при исследовании зависимость РР (определяемую по D_0) от объема интерфазных хромосом выборка из 79 организмов была разделена на восемь групп, названных радиотаксонами, в пределах которых корреляция между D_0 и объемом интерфазных хромосом составляла 0,85-0,99. Однако при этом в один и тот же радиотаксон попадали организмы, принципиально различающиеся по структурной организации генома. Например, одни вирусы, бактерии и дрожжи попали в радиотаксон 4, а другие бактерии, дрожжи и клетки млекопитающих – в радиотаксон 5. Напротив, сходные по генетической организации формы зачастую оказывались в разных радиотаксонах. Так, разные штаммы бактерии *E. coli* попали одновременно в четыре радиотаксона – с 4-го по 7-й включительно. На основании полученных результатов А. Спэрроу с коллегами вынуждены были прийти к заключению, что радиационная таксономия не имеет никакого отношения к биологической классификации видов и не отражает их филогенетических связей.

Разумеется, при всей очевидности связи РР с таксономическим положением организма, исследователям трудно было согласиться со столь категоричным выводом и исследования продолжались в направлении поиска более адекватных критериев оценки устойчивости организмов. Забегая несколько вперед, следует сказать, что наиболее адекватно отражал бы таксономическое положение организма обобщенный параметр, учитывающий эффективность

работы систем восстановления всех уровней структурно-функциональной организации.

Структурные преобразования генома и его надежность. Концепция кариотаксонов

М.И. Шальнов (1977) выделил шесть радиотаксонов (по корреляции D_0 с размером генома), каждому из которых соответствовала своя регрессионная кривая с соответствующим коэффициентом K_i , имеющим размерность радиационно-химического выхода. Он также обратил внимание на тот факт, что вместе с усложнением структуры генома в процессе прогрессивного филогенетического развития уменьшается радиационно-химический выход реакций, приводящих к репродуктивной гибели клетки, т.е. увеличивается надежность генетических систем. Увеличение РР при переходе от таксона к таксону вследствие усовершенствования механизмов репарации ДНК можно было охарактеризовать безразмерным множителем f_i при соответствующих каждому радиотаксону радиационно-химических выходах G_i , определяемых структурно-функциональной организацией генома. В соответствии с этим коэффициенты K_i шести регрессионных прямых, полученные в результате произведения сомножителей f_i и G_i , образуют по мнению М.И. Шальнова ступени адаптивной изменчивости генома в направлении увеличения радиорезистентности.

Как будет показано ниже, направление филогенетического процесса изменения генома обусловлено не только и не столько адаптивной изменчивостью и отбором форм, обладающих неспецифической РР, сколько тенденцией к увеличению информационной емкости генома и связанной с этим процессом необходимостью совершенствования генетических систем надежности для обеспечения устойчивой (точной) работы увеличивающегося в размерах генетического аппарата.

Предложенный М.И. Шальновым подход позволил ему оценить вклад, который вносят в общую резистентность генома изменение его структурно-функциональной организации совершенствование процессов ферментативной репарации. Так, по мнению М.И. Шальнова, в ходе филогенеза РР генома вследствие изменения структурно-функциональной организации выросла в 100 раз и в результате совершенствования систем ферментативной репарации – также в 100 раз.

Развивая идеи М.И. Шальнова, В.И. Корогодина (1982) ввел понятие «надежность генома» и проанализировал с точки зрения надежности геномов распределение организмов по радиотаксонам. В качестве меры надежности генома В.И. Корогодина предложил использовать величину, равную количеству энергии излучения,

поглощение которой в ДНК необходимо и достаточно для появления одного элементарного повреждения. В качестве оценки надежности генома было использовано произведение D_0C , где D_0 - доза облучения, при которой в каждой клетке в среднем возникает по одному летальному повреждению, а C – количество ДНК в геноме. Если D_0 выразить в грехах, а C – в нуклеотидах, то надежность генома K составит:

$$K = 3,31 \cdot 10^{-6} D_0 C \text{ (эВ)}.$$

Введение этого соотношения позволило В.И. Корогодину ответить на вопрос о связи надежности генома и его размера. Если бы K оставалась постоянной в течение всего времени филогенетических процессов, то за увеличение размера генома, который колеблется в пределах 8 порядков (от $1,3 \cdot 10^3$ пар нуклеотидов у вируса сателлита некроза табака до $2,3 \cdot 10^{11}$ п.н. у *Tradescantia virginiana*) живые организмы должны были бы «расплачиваться» пропорциональным увеличением радиочувствительности (РЧ). Однако данные радиобиологических экспериментов свидетельствуют о том, что различия в РЧ биообъектов значительно меньше, чем это можно было бы ожидать и составляют меньше пяти порядков.

В.И. Корогодин выделил не шесть, а четыре радиотаксона, объединив 4-й и 5-й в один и отбросил 6-й из-за нерепрезентативности информации. Распределение биологических объектов по радиотаксонам хорошо соответствовало их распределению по уровням структурной организации генетических систем. Совокупность организмов, имеющих одинаковый уровень структурной организации генома В.И. Корогодин предложил назвать кариотаксоном.

По мнению В.И. Корогодина надежность генома организмов первых трех кариотаксонов обусловлена в основном физико-химическими факторами – переходом от однопитевого строения нуклеиновых кислот (кариотаксон 1) к двунитевому (кариотаксон 2), а затем к ДНК-белковому комплексу гаплоидного генома (кариотаксон 3). Резкое повышение надежности генома организмов 4-го кариотаксона обусловлено появлением механизма «диплоид-специфической» репарации. Однако, как считают Б.И. Сарапульцев и С.А. Гераськин (1993) данные о надежности полихромосомных геномов эукариот не требуют для своей интерпретации привлечения дополнительных гипотез о существовании у эукариот каких-либо особых способов повышения надежности элементарного генома. В частности, число репарируемых двойных разрывов на хромосому эукариотической клетки не превышает их количества, успешно репарируемого прокариотическими геномами. Упомянутые авторы

считают, что филогенетическое развитие систем надежности элементарного генома, вероятно, полностью завершилось в рамках прокариотического генома, а высокая надежность генома эукариотических клеток обусловлена главным образом переходом к полихромосомной организации хранения генетической информации и эффектом полиплоидной защиты.

Иерархия радиотаксонов непосредственно отражает основные этапы структурной реорганизации генома в ходе прогрессивного филогенетического процесса от «голых» одно- и двучепочечных молекул нуклеиновых кислот вирусного типа до организованных в нуклеоид и истинное ядро геномных молекул про- и эукариот. Последнее обстоятельство однозначно свидетельствует об общебиологической значимости радиотаксономии и позволяет поставить вопрос о биологическом смысле феномена радиационной устойчивости организмов.

Парадокс радиотаксономии (2-й радиобиологический парадокс)

Радиотаксономические исследования, оставаясь в рамках радиобиологических, были достаточно плодотворными и привели к установлению связи между либо таксономическим положением и радиорезистентностью (РР), либо между физическим размером интерфазного ядра и РР (кариотаксоны). Некоторое время казалось, что эти исследования и соответствующие результаты имеют значение лишь для радиобиологии. Однако, определенная парадоксальность этих результатов, а именно факт низкой РР эукариотических организмов по сравнению с РР прокариотических организмов вынуждал радиобиологов искать решения этой проблемы, применяя молекулярно-генетические и филогенетические методы и подходы.

Фактически, радиобиологи столкнулись со вторым по степени важности радиобиологическим парадоксом, разрешение которого может иметь не только общерадиобиологическое, но и общебиологическое значение.

Повышение надежности функционирования генетических систем в процессе филогенеза

В связи с необходимостью разрешения указанного парадокса трудно переоценить исследования М.И. Шальнова (1980), установившего, что параллельно филогенетически обусловленному структурно-функциональному усложнению генома шло уменьшение радиационно-химического выхода повреждений молекул нуклеиновых кислот, приводящих к инаktivации облучаемого объекта. Не вдаваясь в суть механизмов, обеспечивающих уменьшение выхода повреждений (рекомбинация, репарация, «шуба» из гистоновых белков), следует констатировать повышение

надежности генетических систем в процессе прогрессивного филогенетического развития биологических систем.

Радикация не является фактором, к которому адаптировались геномы в процессе филогенеза. Количественная мера надежности генома

От мысли об адаптивном значении высокого уровня надежности генома эукариотических организмов по отношению к действию фактора ионизирующей радиации пришлось отказаться, т.к. с момента зарождения жизни радиационный фактор варьировал максимум в пределах трех порядков и не мог обусловить разницу в РР некоторых представителей прокариотических и эукариотических организмов в пять порядков. Не могла быть РР и следствием выработанной неспецифической устойчивости, поскольку существует также обратная зависимость между филогенетической «продвинутостью» видов и их устойчивостью к действию других экстремальных факторов. Объясняется такая закономерность тем, что прогрессивная направленность развития жизни на земле, которая до сих пор была преобладающим направлением, приводила, преимущественно, к возникновению приспособлений, способствующих изоляции биологических объектов от действия экстремальных факторов среды (включая биотические факторы) или выработке средств, позволяющих избегать опасных средовых факторов. Иначе говоря, выработка приспособлений шла не по пути приобретения «дубовой» резистентности, а по пути приобретения высокоорганизованных поведенческих реакций (у растений, в частности, – разделение онтогенеза на активно функционирующие и пассивно переживающие неблагоприятные периоды фазы).

Таким образом, остается предположить, что надежность генома, вычисляемая, в общем виде, как произведение D_0 на объем генома (см. выше), выраженный числом нуклеотидов, характеризует, прежде всего, его способность надежно функционировать в нормальных условиях, а не радиорезистентность, которую биологическому объекту в нормальных условиях существования просто негде проявлять. Очевидно, что фактор спонтанной деградации молекул нуклеиновых кислот (следствие термодинамической неустойчивости молекулы ДНК, а также следствие ошибочности процессов репарации и репликации ДНК), сам по себе, является достаточно значимым, чтобы выступить в роли фактора филогенетической адаптации. Действительно, по надежности генома большинство эукариотических организмов намного превосходит таковую организмов прокариотических. Такое превосходство обеспечивается целой иерархической системой средств обеспечения надежности генома в частности и многоклеточного организма вообще.

Обращение 2-го РБ-парадокса и попытки его разрешения

Как в процессе прогрессивного филогенетического процесса могла возникнуть целая иерархическая система, обеспечивающая надежность генома (которая, в свою очередь, как раз и обеспечила возможность прогрессивного развития)? И, вообще, что такое прогрессивный филогенетический процесс? И почему в настоящее время в биосфере сосуществуют организмы, столь сильно различающиеся между собой сложностью генетического аппарата и, соответственно, надежностью его функционирования?

Здесь имеет место обращение (трансформация) 2-го радиобиологического парадокса. Так, если вначале казалось непонятным (парадоксальным) существование эукариотических (эволюционно «продвинутых») организмов с их сравнительно низкой радиорезистентностью, то теперь неясным становится существование прокариотических организмов с их сравнительно невысоким уровнем надежности генома и его низкой информационной емкостью.

В большинстве случаев прокариотические организмы обладают высокой РР (при низкой удельной активности генома), которая в гораздо большей степени, чем у эукариотических организмов, коррелирует с высокой устойчивостью к действию других внешних экстремальных факторов физической и (или) химической природы. Минимальная способность прокариотических организмов поддерживать постоянство внутренней (внутриклеточной) среды обусловлена сравнительной примитивностью их генетического аппарата, которая, в свою очередь, обуславливает высокую устойчивость к разрушающему действию факторов внешней среды. Свообразной «платой» за высокую и неспецифическую (универсальную) устойчивость прокариотических организмов является их неспособность поддерживать свою генетическую индивидуальность, свидетельством чего может служить высокий уровень их генетической изменчивости (нестабильности).

Фактически, прокариотические организмы использовали один из двух возможных путей обеспечения приспособленности к внешней среде – путь повышения устойчивости генома за счет уменьшения его физических размеров и, следовательно, уровня организованности (сложности). В противоположность этому, эукариотические организмы в процессе прогрессивного филогенетического развития использовали другую возможность – автономизацию (или избегание) от факторов внешней среды посредством приобретения сложно организованного генетического аппарата (с участием белков, которые не могут иметь, например, высокую термоустойчивость), обеспечивающего сложное поведение в разнообразных средах. Поскольку для обеспечения сложного поведения необходим большой объем памяти, то необходимым условием функционирования геномов

эукариотов является их высокая надежность, что достигается благодаря дублированию генетической информации и мозаичности ее расположения по негомологичным хромосомам, а также благодаря существованию систем рекомбинации и репарации. Последние два из перечисленных механизмов «унаследованы» от прокариотических организмов и составляют репарационный «фундамент» всей системы, обеспечивающей надежность функционирования генома (хранение, переработка и передача генетической информации) и на этой основе – фенома.

В конечном итоге, высокая информационная емкость генома эукариот обеспечивает широкую возможность для эпигенетической изменчивости (дифференцировки) клеток, которые, специализируясь, составили, вероятно, основу для возникновения многоклеточных организмов, а впоследствии – многоклеточных организмов. Здесь будет уместным рассмотреть возможное участие других механизмов наследования у эукариотических организмов, также повышающих надежность их функционирования.

Факторы филогенетического отбора. Уровни наследования

В общем случае, биологические объекты, изменяясь под влиянием действующих на них факторов в пределах допустимого, т.е. в пределах, задаваемых их предсуществующими структурно-функциональными характеристиками, не подвергаются отбору со стороны очередных действующих факторов (именно, очередных, т.к. предыдущие факторы определили текущее на момент взаимодействия состояние системы), а вступают с ним во взаимодействие (и в смысле кропоткинской взаимопомощи также).

Если с конкретным биологическим объектом взаимодействует такой фактор и с такими характеристиками (качество, мощность, доза), что образуется (хотя бы временно) новая система, т.е. происходит то, что мы обычно называем переходным процессом, то действующий фактор, по сути дела, тестирует жизнеспособность (надежность) исходной биологической системы, поскольку переходный процесс может завершиться весьма печально для системы. Таким образом, только в отношении влияния действующего фактора на дальнейшую ее судьбу и (или) судьбу ее потомков правомочно называть действующий фактор фактором отбора.

Выжившие особи передают свои свойства (свои индуцированные или стимулированные воздействием состояния) потомству либо непосредственно через геном, либо передача благоприобретенных признаков возможна с помощью эпигенетических механизмов, нижний уровень которых обеспечивается собственно эпигенетическими процессами, а высшие уровни – последовательно клеточными, организменными,

популяционными (и т.д. вплоть до уровня биосферных) механизмами. Так, известно, что у здоровых родителей рождаются преимущественно здоровые дети, наследующие здоровье не только и не столько на уровне генома, а на каком-либо вышележащем (эпигенетическом) уровне. В данном случае имеется ввиду не генетическая предрасположенность к высокому уровню здоровья, которая, естественно, имеет место в действительности и, естественно передается по наследству. Речь идет о передаче от родителей потомству качеств и свойств, приобретенных в течение онтогенеза родителей на эпигенетических уровнях. Очевидно, что такое приобретение возможно на всех эпигенетических уровнях, т.е., собственно, на уровне эпигенотипа, клетки, ткани и т.д.

Каждый структурно-функциональный уровень передает свою информацию аналогичному уровню другого (дочернего или взаимодействующего с данным) объекта. Таким образом, геном родителей передает в геном потомства свою информацию, клетка – в клетку, тело – в тело, интеллект – в интеллект. При этом степень точности передачи информации по мере усложнения уровней увеличивается, но делается менее детерминированной, т.е. дочерние структуры усваивают родительскую информацию с определенной степенью обязательности. Кроме этого, с повышением уровня организации увеличивается возможность передавать информацию негенетическим родственникам.

Еще один пример из цитофизиологии. Известно, что размеры однотипных растительных органов, например, листьев одного яруса у растений, образующих конкретную популяцию, или, иначе говоря, модификационная изменчивость размеров листьев, определяется не числом клеток, образующих орган, а размером клеток при относительном постоянстве их числа в пределах листа. Очевидно, что размеры дочерних клеток и их метаболический статус определяются в значительной степени конкретными условиями существования материнских клеток и непосредственно от них «наследуются». Роль генома в данной ситуации сводится к определению пределов варьирования размеров органа (нормы реакции), с одной стороны, и к определению характера реагирования клетки на конкретные условия, с другой стороны. Таким образом, размер дочерней клетки непосредственно определяется размером материнской и лишь опосредованно генотипом и менее опосредованно эпигенотипом.

Другой пример. Человек также наследует от предков в ряду поколений не только генетическую информацию, но и эпигенетическую информацию («благоприобретенные признаки») благодаря существованию многоуровневой системы наследования. Собственно говоря, человек, как вид, отличается от других видов наибольшим количеством уровней наследования, включающих

культуру, традиции, науку, религию. Наукой, изучающей общие закономерности хранения, наследования и модификации информации является **меметика**, частным случаем которой является генетика. Меметика – общая теория наследования (репликации), функционирования (развертывания) и эволюции (модификации) мемов. Мем – информационная модель, содержащаяся в структурах памяти (диффузных или структурированных, специализированных), способная путем копирования передаваться другим запоминающим структурам (в чем проявляется ее «заразность»). Фактически, меметика – это теория генетического и эпигенетического наследования, что, несомненно имеет место в эволюционном процессе.

Наследование «благоприобретенных признаков»

Похоже, что в данном случае мы затронули старую проблему наследования благоприобретенных признаков, под которыми следует, очевидно, понимать все виды наследования информации, возникшей на любом из эпигенетических уровней.

С учетом всего вышесказанного, становится ясным, что ламаркизму навешали собак совершенно незаслуженно. Ламарк предложил, фактически, лишь феноменологию филогенеза, да и то на организменном уровне. Естественно, что о механизмах наследования тогда речь не шла. Как не шла она, впрочем, и о целесообразности (причинах) филогенеза.

Эффект упражнения (фактически, адаптации к определенным условиям существования) органов необходимо рассматривать системно. Любая фенотипическая активность обеспечивается определенной эпигенетической системой, структура которой не может не повлиять на количественные и качественные характеристики мутабельности генетических локусов, ответственных за данный уровень и качество фенотипической активности. Естественно, что вышележащие уровни не могут обеспечить непосредственное «инструктирование» нижележащих уровней. Управление происходит посредством ряда промежуточных («бюрократических») уровней, на которых возможно искажение и даже извращение «благоприобретенной» информации. Впрочем, «высокоуровневые» системы потому-то таковыми и являются, что используют преимущественно высокие уровни наследования, а генетическое закрепление (если таковое все же случится) повышает эффективность функционирования системы, тем самым еще больше «развязывая» ее эпигенетические уровни-руки.

Очевидно, ламаркизму не противоречит возможность работы селектогенетических (вероятностных) и номогенетических механизмов филогенеза, т.е. допускается как случайное, так и

закономерное (целенаправленное) наследование благоприобретенных признаков.

Гипотеза относительно механизма наследования благоприобретенных признаков

Поскольку активная работа какой-либо подсистемы биологического объекта (эпигенетической системы), обеспечивается соответствующей и, опять же, усиленной активностью необходимых генных локусов, это приводит к возникновению таких биохимических продуктов, которые способны повысить активность аналогичных локусов в геноме клеток других подсистем и, в частности, в половых клетках. За повышенной активностью генов следует их повышенная мутабельность и постепенное накопление «нужных» мутаций в популяции (генетический «груз, который не тянет»). Естественно, что «передача по наследству» происходит не только генетическим путем, т.е. не только через половые клетки, но и с помощью всех возможных уровней эпигенетического («соматического») наследования, вплоть, до социального. При этом происходит или происходило генетическое закрепление, естественная роль которого в эволюции человека становится все меньше.

Как предложенная гипотеза будет выглядеть с точки зрения системного подхода? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо, во-первых, ответить на вопрос о смысле (причинах) существования полового размножения и, во-вторых, уяснить механизмы эволюции самой половой системы. Это трудные вопросы, каждый из которых, очевидно, можно детализировать. И все же, если говорить коротко, то представители противоположных полов взаимодействуют как системы, причем первичная активность может исходить от любого пола. Взаимодействие при этом происходит на всех уровнях – от организменного до молекулярного. Характерно то, что происходит постепенное сужение круга подсистем, участвующих во взаимодействии (отдельные молекулы отдельных клеток отдельных тканей отдельных органов), хотя потенциально практически все соматические клетки способны дать начало новому организму.

С точки зрения системного подхода (а может быть и философского) любой элемент системы любого уровня (подуровня) интеграции имеет общие и специфические свойства. Последние обусловлены положением элемента по отношению к внутренним и/или внешним системам факторам. Так, мышцы одного органа, представляющие собой равноуровневые по организации его элементы, имеют общие и специфические черты, определяемые характером их локальной активности (дифференциальная активность мышц в пределах одного органа). Активность конкретной мышцы, как вышележащего уровня по отношению к своим элементам (клеткам)

рано или поздно отразится и на их свойствах и т.д. В данном случае речь идет не о том, что активность системы не детерминируется активностью ее элементов, а о роли обратной связи со стороны «вышестоящей» системы в отношении свойств своих элементов. Как это себе представить? Например, клетки меристематической ткани осуществляют фитогормональную активность под влиянием внешнего сигнала, исходящего из другой ткани или органа. Реакция на сигнал уже есть своеобразное уподобление источнику сигнала. И если на первом этапе реагирования используются исходные биохимические резервы клеток, то постепенно в этот процесс вовлекается индуцибельный компонент активности генома этих клеток, который уже на эпигенетическом уровне закрепляет требуемый уровень биосинтетической активности. Таким образом, активность (или пассивность) целого растения может найти свое выражение, в конечном счете, на молекулярном уровне. На первый взгляд это более чем банальный вывод, но на его основе можно объяснить факты межуровневых взаимодействий.

Продукты биохимической активности любого органа, ткани или другой подсистемы рано или поздно попадут в половые клетки и в силу того, они также (подобно любой подсистеме) обладают общими и специфическими свойствами (правда, здесь следует отметить, что чем ниже уровень, тем меньше и специфика), повлияют на геном половых клеток в специфических локусах. Таким образом, половые клетки на эпигенетическом уровне также в определенной степени будут являться носителями спектра индуцированной генной активности, что может передаться и потомству этих клеток.

Таким образом, уровень активности генетических локусов влияет на уровень его мутабельности. Результатом этого является «усвоение» активности вышележащих уровней не только на эпигенетическом уровне, но и на генетическом. Для филогенетических преобразований важно не столько то, чтобы фактор непосредственно индуцировал конкретные генетические изменения, сколько то, чтобы повышалась мутабельность в «нужном» локусе, а там уже отбор сам «разберется». Половой процесс, естественно, повышает вероятность возникновения «правильных» форм.

Повторим еще раз. Фактор направленно действует не на качество мутабельности, а на ее количественную характеристику. Этого может быть достаточно, чтобы дать «пищу» для отбора. Разумеется, в процессе мутирования изменяются и отношения между генами, что также повышает общую вероятность преобразований в необходимом направлении.

Очевидно, что сам по себе процесс мутирования носит вероятностный характер, т.е. мы никогда не можем точно сказать в каком локусе произойдет мутация, но то, что мы все же можем указать

на повышенную вероятность мутирования в определенном наборе локусов, ответственных за индуцибельный компонент активности, указывает на закономерный, номогенетический характер (компонент) этого процесса.

Филогенетический прогресс и видовая избыточность

Все вышеизложенное позволяет прийти к заключению о том, что мерой прогрессивности филогенетических преобразований может быть увеличение степени автономности генома от влияний внешней среды. Достигается это благодаря усложнению поведенческих реакций и надстраиванием над половыми клетками многоуровневой системы их защиты. Максимальной степенью автономности от внешней среды обладает, естественно, человек, который для защиты своих генеративных клеток имеет не только соматические клетки, но и соответствующее поведение, искусственную одежду и жилище. С этой точки зрения, рассмотренный выше парадокс, является кажущимся еще и с другой стороны. Удивляться сосуществованию прокариотических и эукариотических организмов все равно, что удивляться сосуществованию разнокачественно дифференцированных клеток в многоклеточном организме. Подобно тому, как репарационная система составляет фундамент всей многоуровневой системы биологического восстановления, прокариотические организмы составляют структурно-функциональный фундамент всей биосферы. В этом состоит, пожалуй, главное объяснение факта их существования в настоящее время. Кроме этого, в силу избыточности структур и функций любой биосистемы, вообще, и биосферы, в частности, в ней существует определенное число «ненужных» видов, т.е. присутствие которых не является обязательным для обеспечения надежности биосферы в целом. Примером таких видов могут быть паразитирующие и полупаразитирующие виды, виды-двойники.

Платой за прогресс, за усложнение организма является утрата надежности его элементов. Элементы должны утратить свою «дубовую» устойчивость, т.е. получить определенную свободу выбора (одно из проявлений селфинговости по Лекавичусу), чтобы обеспечить надежность системы в целом, которая достигается еще большей изоляцией от среды. Прогресс человечества также будет сопровождаться уменьшением надежности человека-элемента (новые болезни, например).

Об эволюции как об эволюции форм изменчивости

Формы изменчивости эволюционируют вместе с носителям изменчивости, т.е. могут приобретать и приобретают такой же сложный характер. Свидетельством в пользу высказанного положения могут быть факты существования изменчивости (гетерогенности) по

уровню умственного и физического развития, которая далеко не всегда обусловлена генетической гетерогенностью.

Козволюция систем и факторов

По мнению М.Д. Голубовского (1985) ведущим фактором в возникновении наследственной изменчивости в природных популяциях является взаимодействие компонентов биоценоза. Одним из доноров и акцепторов генетического материала в природных популяциях являются вирусы. С нашей точки зрения все это важно и интересно, но мы хотели бы обратить внимание на еще одно важное обстоятельство.

Мы уже не раз отмечали факт существования иерархически организованной системы филогенетических факторов, но пока не пытались определить какова роль каждого из уровней и насколько значимо влияние высокоорганизованных факторов, которые, фактически, не являются собственно факторами, а представляют собой один из компонентов коэволюционирующих систем (элементов, подуровней гиперсистемы, составленной из СО и СФ).

Высокоразвитая (высокоуровневая) система, кроме всего прочего, характеризуется и высокоразвитым окружением, вне пределов которого она попросту не могла бы существовать, т.е. поддерживать уровень развития, который система достигла на момент рассмотрения. «Высокоразвитое окружение» системы есть ни что иное, как совокупность таких же равноуровневых или близких или несколько более организованных (развитых, продвинутых) систем. В любом случае всегда существует определенная «разница потенциалов», т.е. разница уровней (в значении степеней) развития равноуровневых в структурно-функциональном отношении систем. Эта разница обуславливает приобретение более развитой (на конкретный момент времени) системой активности, превращающей ее систему-фактор. Именно к действию СФ (система-фактор) как раз и приспосабливается система-объект (СО). В качестве примера можно привести филогенетические взаимоотношения хищника и жертвы, первый из которых (опять же на определенном этапе) является более развитым не только в физическом отношении, но и в интеллектуальном. При этом, чем организованнее СФ, тем более организованным (информативным, направленным) будет его влияние на СО. Следует постулировать, что наибольшее влияние на СО оказывает СФ равного или более высокого чем СО уровня организации. Разумеется, доза СФ не должна быть «летальной» для СО, иначе произойдет либо стойкое ингибирование последней, либо понижение уровня организации, либо полная элиминация.

Как мы рассматривали выше, возможно постепенное закрепление влияния испытываемого на вышележащем уровне на

нижележащем уровне. Если не рассматривать человека, то такое закрепление может дойти до генетического уровня, как наблюдается в случае инстинктивного поведения. Что же касается человека, то механизм закрепления сложнее. И проще... Поскольку человек уже давно не человек, а фактически существо орудийное, т.е. представляющее собой своеобразный гибрид биологического компонента со всякого рода орудиями, то для его филогенетического развития нет необходимости, да и просто невозможно влияние СФ запоминать на генетическом уровне. Для этой цели человек изобрел и продолжает изобретать массу технических средств запоминания, служащих для него средствами внешней памяти. Впрочем, по причине того, что человек как СО по-прежнему испытывает влияние на всех уровнях своей организации (факторы ведь имеют разную природу, начиная от физических и заканчивая социальными, ноосферными), то возможно закрепление и на генетическом уровне влияний со стороны «малосознательных» («малоорганизованных») факторов. Это свидетельствует о том, что собственно биологическая эволюция человека не прекратилась, хотя и носит второстепенный, не определяющий характер.

ЛИТЕРАТУРА

Голубовский М.Д. Организация генотипа и формы наследственной изменчивости эукариот. В кн.: Молекулярные механизмы генетических процессов: Молекулярная генетика, эволюция и молекулярно-генетические основы селекции. – М.: Наука, 1985. – с. 146–162.

Корогодин В.И. Радиотаксоны и надежность генома // Радиобиология, 1982, т. 22, в. 2, с. 147-154.

Окада Ш. Радиационная биохимия клетки. – М.: Мир, 1974. – 408 с.

Сарапульцев Б.И., Гераскин С.И. Генетические основы радиорезистентности и эволюция – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 209 с.

Шальнов М.И. Ферментативная репарация ДНК и эволюция генома // Радиобиология, 1977, т. 17, в. 5, с. 652-651.

Kaplan H.S., Moses L.E. Biological Complexity and Radiosensitivity // Science 3 July 1964: pp. 21-25. [DOI:10.1126/science.145.3627.21]

Sparrow A.H., Underbrink A.G., Sparrow R.C. Chromosomes and Cellular Radiosensitivity: I. The Relationship of D₀ to Chromosome Volume and Complexity in Seventy-Nine Different Organisms // Radiation Research, vol. 32, No. 4 (Dec., 1967), pp. 915-945

6. СИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

К настоящему времени системология накопила уже достаточно много эмпирического и теоретического материала, который позволяет формулировать обобщающие их принципы (исходные положения для последующих теоретических обобщений). Мы попробовали это сделать и в некоторых случаях (если не в большинстве) нижеприведенные принципы, имея статус общебиологических и, в частности, филогенетических, вполне соответствуют уровню общесистемных принципов.

В некоторых случаях принципы имеют императивный характер, т.е. характер строгий предписаний, выполняя функцию исследовательских (методологических) установок.

Могут ли представленные принципы выступить в роли аксиом, т.е. положений, не требующих формально-логических доказательств и служащих основой для построения других высказываний (теорем)? Вероятно, в силу того, что системология представляет собой еще недостаточно интегрированную систему, образуемую в разной степени формализуемыми (и формализованными) концепциями, применение предлагаемых принципов возможно в ограниченном, хотя и достаточно большом числе исследовательских направлений.

1. Системности

Указывает на необходимость рассматривать (учитывать) системность: а) действующих внешних и внутренних факторов; б) объектов, на которые направлено их влияние; в) действия факторов (множественность); г) реакции объектов на действие факторов (многоэлементность).

1.1. Системность объектов и факторов (включая радиационный).

Указывает на необходимость рассматривать (учитывать) системность (внутреннюю многокомпонентность и многосвязность) объектов и факторов. Заметим попутно, что фактор – это система (система-фактор – СФ), проявляющая первичную (инициаторную) активность по отношению к системе-объекту (СО).

1.1.1. Необходимость учета качественных и количественных дозиметрических характеристик факторов (мощностные, дозовые и качественные характеристики факторов). Поддерживающие и действующие факторы (стрессоры). Внешние (позиционные, экзогенные) и внутренние (встроенные, эндогенные) факторы. Позиционная информация как пример фактора, сформированного прямо или опосредованно под влиянием действующего фактора. Экспозиционные, поглощенные, эквивалентные и эффективные дозы.

Суммарные и удельные дозы. Острое, дробное (фракционированное), пролонгированное и хроническое облучение (воздействие, влияние).

1.1.2. Необходимость учета характеристик («дозы») текущего (контрольного, исходного, предсуществующего) состояния объекта

1.2. Системность действия факторов.

Система-фактор может действовать на любую подсистему системы-объекта прямо и/или опосредованно через другие подсистемы (например, опосредованное, не прямое, дистанционное, косвенное действие, например, облучения).

Проявление структурированности СО под влиянием СФ – СФ, взаимодействуя с СО, выявляет ее и собственную структуру (природу).

1.3. Системности (горизонтальной и вертикальной) реакций СО на действие СФ. В процессе формирования реакции происходит взаимодействие подсистем СО (например, облученного объекта) в пределах одного структурно-функционального уровня (горизонтальная системность) или происходит вовлечение вышележащих структурно-функциональных уровней (вертикальная системность). Примеры с взаимодействием органов, тканей, клеток и т.д. Практическая тождественность понятий «системность действия фактора» и «системность реакции на действие фактора».

2. Иерархичности (вертикальной системности или уровневости взаимодействия СФ с СО и реакций)

Взаимодействие СФ с СО происходит в рамках их многоуровневой структурно-функциональной организации (СФО). Необходимость учета иерархичности при рассмотрении развития реакций поражения, восстановления, адаптивных (гиперадаптивных) и дезадаптивных реакций.

3. Структурной и функциональной тропности (адресности) действующих факторов

Всегда можно найти такой структурно-функциональный уровень (СФУ) СО, в рамках которого действующий фактор (СФ) взаимодействует преимущественно с одним структурно-функциональным образованием (элементом уровня). Иначе говоря, в зависимости от уровня рассмотрения СФ может оказывать гетерогенное или гомогенное действие на структурно-функциональные образования. Преимущественно гомогенное действие фактор оказывает на стохастически организованных подуровнях системы-объекта, а гетерогенное – на структурированных подуровнях. Например, в процессе инкорпорации радионуклидов в организм (структурно организованная система) происходит их избирательное концентрирование отдельными структурами. Если же рассмотреть процесс инкорпорации на уровне популяции (стохастически

организованная система), то значимой избирательности поглощения отдельными подсистемами-организмами мы не обнаружим. Разумеется, это будет иметь место лишь в случае однородности популяции по основным параметрам слагающих ее элементов. Еще пример. При действии редкоионизирующей радиации на биологический объект адресность ее действия можно обнаружить разве что на субатомном уровне. Уже на уровне «популяции» атомов тропности отдельных структур (их электронов) по отношению к квантам ионизирующего излучения мы не обнаружим.

4. Гетерогенной чувствительности и устойчивости

На любом СФУ имеет место разная чувствительность и/или устойчивость образующих его элементов. Наиболее чувствительные и/или наименее устойчивые, т.е. в общем случае наиболее **критичные** образования (структуры), взаимодействуя (наряду с другими образованиями данного СФУ) с СФ, обеспечивают первичные этапы механизма реакции. Для стохастически организованных систем это положение «работает» с учетом характера распределения элементов их образующих по каким-то параметрам. Иначе говоря, всегда можно выделить наиболее чувствительную субпопуляцию (подмножество) элементов, образующих стохастическую систему. Для структурированных систем это положение имеет определяющее значение.

Наряду с критичностью структурно-функциональных образований существует критичность фаз переходных процессов, например, фаз онтогенеза или филогенеза как разновидности переходного процесса, индуцируемого эндогенными и/или экзогенными факторами (см. принцип инерционности). «Эндогенная» адаптация.

Тропность действия фактора («адрес» его первичного этапа действия на СО) может не совпадать со степенью критичности адресной структуры. Например, радиостронций в корневой системе растений концентрируется преимущественно в зоне растяжения растущей части корня («адрес» радиостронция), а ростовая реакция на действие ионизирующей радиации обуславливается реакцией клеток меристематической зоны, которая выступает в роли критической структуры.. Впрочем, даже в приведенном примере возможно совпадение тропности и критичности, если рассматривать влияние облучения, обусловленного инкорпорированным радиостронцием на рост только за счет влияния на растяжение клеток, что возможно при достаточно высоких активностях радиостронция в зоне растяжения, обуславливающих соответственно высокие уровни поглощенных доз. В данном случае на динамике ростовой реакции реакция меристематических клеток существенно не отразится. Точно так же

практически совпадает критичность и тропность, если рассматривать накопление радиостронция в костях млекопитающих, у которых в костях же располагается и красный костный мозг, являющийся критичным в определенном диапазоне поглощенных доз.

Критических структур или критических субпопуляций (у стохастически организованных систем) существует столько же, сколько мы можем выделить СФУ.

5. Пороговости

Система-объект, взаимодействуя с системой-фактором, выходит по какому-либо из своих параметров из состояния динамического равновесия лишь при достижении определенной накопленной дозы действующего фактора, называемой порогом.

«Малые» дозы как подпороговые дозы. Квазионовые дозы.

В рамках одной системы порог устойчивости системы более высокого уровня СФО выше, чем соответствующий порог системы с более низким уровнем СФО.

Устойчивость изолированной биосистемы отличается от устойчивости ее же в системе привычных связей. Понятие относительной экологической эффективности фактора, например, фактора ионизирующего излучения.

Второй радиобиологический парадокс: уменьшение радиоустойчивости филогенетически «продвинутых» видов по сравнению с менее «продвинутыми». Например, эукариоты менее радиоустойчивы, чем прокариоты. Последние по этой причине обеспечивают «базисную» устойчивость сообществ, в которые они входят.

6. Инерционности

Подсистемы СО, обеспечивающие его ответную реакцию на действие СФ, т.е. обеспечивающие энергетический, вещественный и информационный (регулирующий) компоненты ее механизма, не сразу возвращают СО в исходное состояние (СО не сразу «забывает» свою «встречу» с СФ, от которой у нее остается хотя бы временно необратимый компонент), а, двигаются определенное время в направлении, заданном суперпозицией текущих состояний взаимодействующих подсистем. В общем случае такой возврат представляет собой процесс постепенного приближения (переходный процесс) СО посредством прохождения определенного количества фаз перерегулирования (положительного и отрицательного) к исходному состоянию. В зависимости от дозы СФ и «дозы» СО (т.е. его исходных количественных и качественных характеристик, задаваемых его предысторией, и которые можно выразить в величине дозы в размерности дозы действующего фактора. Еще раз о «дозе» СО. Ее

можно рассматривать как количественную меру отличия состояния СО от «контрольного» уровня (от эталона или любого другого состояния принятого за эталонное).

Онтогенетические (включая эпигенетические) и филогенетические реакции («запоминание») Фазность реакций. Онтогенетический и филогенетический стресс (адаптация и дезадаптация).

Реакция как динамический способ запоминания. Необратимый компонент как запоминание на основе структурного следа.

7. Эпигенетической передачи (биологического усилителя)

В процессе реализации первичных результатов взаимодействия СФ с СО происходит их эпигенетическая передача («усиление») на вышележащий СФУ. Передаче подвергается как положительная, так и отрицательная (негативная, деструктивная) информация (вещество, энергия?). Основной (первый) радиобиологический парадокс.

8. Модифицируемости

На систему объект может одновременно (практически одновременно) или с некоторым временным интервалом действовать два и более фактора, которые способны прямо (посредством среды) или опосредованно (посредством объекта) повлиять на эффекты друг друга. Иначе говоря, действие любого фактора поддается изменению путем предшествующего, одновременного или последующего действия другого СФ (сочетанные, совместные действия).

Эффект фактора (положительный или отрицательный) может быть усилен (синергизм), ослаблен (антагонизм) или увеличен на величину эффекта дополнительного фактора (аддитивность). Если интересующий нас фактор действует отрицательно, а модифицирующий фактор, предшествующий ему, уменьшает его эффект, то в этом случае модифицирующий фактор оказывает **профилактическое** действие. Если интересующий нас фактор действует отрицательно, а модифицирующий фактор, следующий за ним, уменьшает его эффект, то в этом случае модифицирующий фактор оказывает **терапевтическое** действие.

Модифицирующий фактор может быть любой природы и влиять на СО на любом ее уровне.

9. Универсальность механизмов действия факторов

Для любого фактора (СФ) всегда можно найти такой объект (СО), в отношении которого он обладает одним из следующих видов действия: нейтральным (индифферентным, подпороговым), стимулирующим (гормезисным, гипербиотическим), ингибирующим (гипобиотическим) или летальным (полностью приостанавливающим)

изучаемый вид активности) действием. В основе стимулирующего действия на одном уровне лежит ингибирующее действие на подлежащем уровне и летальное («разрушительное») на подподлежащем.

10. Принцип качественных, количественных и относительных преобразований элементов системы-объекта при взаимодействии с системой-фактором

Согласно основному закону общей теории систем (ОТС), разработанной Ю.А. Урманцевым (1988), конкретная система-объект способна перейти А) либо в себя – посредством тождественных преобразований, Б) либо в другие системы-объекты – посредством *одного из семи*, и только семи различных преобразований, а именно изменений: 1) количества, 2) качества, 3) отношений, 4) количества и качества, 5) количества и отношений. 6) качества и отношений, 7) количества, качества и отношений всех или части образующих систему-объект элементов. Среди перечисленных типов преобразования исходных (первичных) типов преобразования СО существует четыре типа, охватывающие первые четыре из вышеназванных (включая тождественное преобразование). Очевидно, что при любом типе преобразования элементов СО меняются все остальные характеристики (качественные, количественные и относительные) ее элементов, т.е. в чистом виде каждой из перестроек не существует, но определяющим, доминирующим на определенной отрезке времени или месте может быть тот или иной тип.

Вещественный, энергетический и информационный компоненты системы-фактора (да и системы-объекта).

Постулаты

I. Существует диапазон доз средовых стрессоров (физических, химических и биологических), в котором выживает часть или вся популяция (а не только норма по Л. Бергу).

II. Выжившая часть популяции может иметь наследуемые (генетические) и/или наследуемые эпигенетические признаки, обеспечивающие ее выживание (онтогенетическое и филогенетическое).

III. Эпигенетическая (по механизму) изменчивость может взаимодействовать с генетической изменчивостью, создавая условия для проявления последней в ряду поколений.

VI. Нормальные особи, как правило, имеют шанс сохранить в себе «ненормальные» гены, которые могут в будущем обеспечить популяции адаптивное преимущество. Геном не настолько надежен, чтобы иметь в своем составе лишь гены, обеспечивающие «сиюминутную» (мгновенную) адаптивность фенотипу. Существуют в

нем еще и гены, не имеющие актуальной полезности, а только потенциальную.

V. О роли преадаптации. Возможны новые функции у старых структур и новые структуры у старых функций. Функциональная и структурная преадаптация.

7. ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ТЕОРИЮ РАЗВИТИЯ (ИЗМЕНЕНИЯ)

Продуктивное использование в решении проблем эволюционистики (эволюционики по Ю.А. Урманцеву – 2009) такого метанаучного похода как системный, обусловило еще одну нашу попытку абстрагирования, но уже на философском уровне. Большое влияние на такого рода решение оказала работа А.С. Раутиана (Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. – В кн.: Современная палеонтология: В 2-х томах. – М.: Недра, 1988, – Т. 2. – с. 76-78), в которой автор предложил общую схему анализа развивающихся систем, и которой мы будем стараться придерживаться.

Развитие и преемственность (наследуемость)

Будем рассматривать такой процесс развития системы, при котором она не теряет своей индивидуальности, т.е. не дезинтегрируется на составляющие ее элементы. (Впрочем, если рассматривать механизмы изменения систем с т.з. теории Ю.А. Урманцева (1988), то уменьшение количества элементов системы до одного также есть случай изменения системы и она в нем, хоть и с большим трудом, может «быть узнана»).

Непротиворечиво (нетавтологично) понятие «развитие» определить невозможно, поскольку оно принадлежит к фундаментальным понятиям науки, т.е. к категориям. Тем не менее, следует сказать, что его главным содержательным компонентом является представление о соотношении роли случайности и закономерности в развитии. Если роль случайности более-менее освещена в селектогенетических представлениях (например, в классическом дарвинизме), то роль закономерности, при всей очевидности ее значения учитывается недостаточно. Особенно последнее обстоятельство проявляется при рассмотрении проблем филогенеза, которой мы и будем уделять основное внимание.

Закономерность в развитии феноменологически проявляется в его преемственности (наследуемости, номогенетичности, ортогенетичности), т.е. во внутренней причинной связи между следующими друг за другом состояниями изменяющейся системы (Раутиан, 1988). Поскольку состояние системы определяется совокупностью ее текущих качественных и количественных характеристик, то преемственность выражается в виде зависимости последующих состояний системы от предыдущих, опосредуемых текущим состоянием, т.е. в относительно устойчивом сохранении

последствий (влияний, детерминаций) предыдущих состояний при замене их новыми состояниями.

С нашей точки зрения, понятия преемственность и наследственность являются синонимичными, и в дальнейшем мы их будем употреблять как равноценные. Кроме этого, для подобной ситуации можно употреблять понятие «**мемесис**», предложенное А. Тойнби в «Постижение истории» (2002) для описания явления социального наследования.

Уместно заметить, что случайными как, впрочем, и закономерными могут быть не только внешние, но и внутренние факторы. Кстати, этот вывод может оказаться очень важным для построения общей теории филогенеза, поскольку до сих пор случайные факторы преимущественно отождествлялись с внешними и не учитывался возможный внутренний источник случайных воздействий, которые особенно важны, например, в случае спонтанной нестабильности ДНК.

Благодаря преемственности ряд состояний системы связывается (объединяется) в единый процесс развития, в котором система, постоянно изменяясь, тем не менее, сохраняет свою индивидуальность. Количественные и качественные характеристики системы при этом хоть и меняются, но система остается «узнаваемой» на всем пути своего развития. Сказанное в равной мере относится как к **постепенному (эволюционному), так и к скачкообразному (революционному) развитию** (кстати, стоит подумать и о том, есть ли какая-либо качественная и количественная специфика стадий изменения систем при их скачкообразных или постепенных преобразованиях). Печально известная из палеонтологии проблема «промежуточного звена» как раз указывает на важность установления промежуточных этапов развития систем, которые помогают восстановить всю картину последовательных актов преемственности. Проще говоря, легче узнаваемы те объекты (местность, люди и т.д.), которые мы чаще наблюдаем, без труда выстраивая цепочки преемственных событий, несмотря на их изменения.

Как это ни парадоксально, но о преемственности мы можем и должны говорить не только в отношении **прогрессивного**, но и в отношении **регрессивного развития**, в процессе которого последующие состояния также детерминируются предыдущими состояниями. Образно (и довольно грубо) выражаясь, система разлагается так, как ей позволяет ее исходный уровень развития, ее исходное состояние (случайные и закономерные компоненты) и как складываются внешние обстоятельства (элемент случайности и/или закономерности в действии внешних факторов). «Не познав смерти, не познаешь жизнь». По продуктам распада системы, т.е. по

слагавшим ее элементам, мы можем делать определенные предположения об ее устройстве.

Очевидно, что преемственность (наследуемость, наследование, мемесис), как феномен, обеспечивается определенными **механизмом преемственности (наследования)**, обуславливающим непрерывность процесса развития и, вообще, движения систем, о чем подробнее будет сказано ниже.

(Чайковский, 2008) **Идея активности.**

Роль инерции в развитии

Инерция – длящееся следствие после завершения причинения. Или, как у А.С. Раутиана: «... Отставание (запаздывание) следствия от вызывающей (производящей) его причины»? («Букет законов...»)

С понятием развития тесно связаны понятия причины и следствия. В процессе развития постоянно наблюдается временное отставание последствий (следствий) от вызывающей ее причины. Влияние прошлого на будущее не заканчивается мгновенно. Иначе говоря, влияние прошлого (причины) на будущее (следствие) продолжается какое-то время, т.е. наблюдается **инерционность развития**, которую можно рассматривать в качестве обобщенного представления о наследственности (наследуемости). **Инерция** – это развитие следствия во времени. Поскольку следствие развивается, то у этого развития должны быть не только первичные, но и вторичные (промежуточные) причины. Следовательно, причина также развивается, трансформируясь из первичной во вторичную, третичную и т.д. Очевидно, что развитие N-ой причины детерминируется N-1-вым следствием. Таким образом, следствие вообще может опережать в пространстве и времени причину вообще, т.к. очередное следствие выступает причиной нового следствия.

Детерминация настоящего происходит не только прошлым (причиной), но и будущим (следствием). Следствие опережает причину, детерминируя ее. Например, горящий газ (1-я причина) вызывает закипание воды в сосуде, которая вылившись из него (следствие-1, явившееся одновременно причиной-2), загасила газ (следствие-2, явившееся причиной-3), в результате чего температура воды стала понижаться (следствие-3, которое может явиться причиной-4, например, срабатывания датчика с последующим новым зажиганием газа). Видно, что очередное следствие является одновременно причиной следующего события. В этой связи, есть ли смысл говорить о первичной причине? Понятие «первичная причина», очевидно, является следствием процедуры огрубления, прерывания, фиксации познанием процесса взаимодействия объектов. Так, в нашем

примере горящий газ становится следствием (вторичной причиной) деятельности человека, который его зажег в силу, опять же, ряда еще более «первичных» причин.

Таким образом, любой объект (событие, факт) является и причиной и следствием, но в разных пространственных и временных отношениях с другими объектами. Более того, даже «первичное следствие» способно опережать во времени «первичную причину». Происходит это в силу того, что взаимодействие объектов имеет определенную временную протяженность и процесс «причинения» со стороны одного из взаимодействующих объектов испытывает еще до своего окончания влияние со стороны другого объекта.

Любое развитие системы инерционно, т.е. система, пребывая в текущем состоянии, обладает способностью наследовать (перенимать) характеристики предыдущего состояния, обусловленные действием «первичной причины». В инерционности проявляется фундаментальная способность объектов любой природы к взаимодействию с окружающими их объектами и проявляется эта способность, прежде всего, в способности реагировать на какие-либо воздействие. Наш мир устроен причинно и в основе причинности, вернее, условием ее проявления является способность систем к инерционному движению (изменению, развитию), в котором в скрытом или явном (прямом или опосредованном) виде содержится предыстория системы.

Инерционное движение, имеющее определенные характеристики, представляет собой актуализированную идею (план, квазиплан, потенцию) развития системы, которая присутствует в ней до начала движения в скрытом, потенциальном виде. Иначе говоря, система движется по инерции (или просто движется) так, как она может, с одной стороны, двигаться и, с другой стороны, как ее может двигать влияющая на нее система-фактор.

Характеристики движения системы могут быть таковы, что она сама и все последующие новообразованные с ее участием системы будут обладать способностью продолжать взаимодействие с новыми системами. Таким образом, влияние первичного акта взаимодействия двух систем может распространиться на системы более высокого уровня интеграции, что будет свидетельствовать о своеобразном наследовании характеристик систем-прародительниц на других уровнях интеграции и, конечно же, в измененном виде. Поведение первично взаимодействующих систем «инструктирует» поведение последующих новообразованных систем. Очевидно также, что такое «инструктирование» не является жесткой детерминацией, поскольку «инструктирование» определяет характеристики системы-объекта, а не системы-фактора, который обладает своими характеристиками. Примером такого последовательного, многоуровневого

«инструктирования» может быть система реализации генотипа через ряд эпигенетических стадий в фенотип. Конкретный эмпирический материал из области исследования онтогенеза вынуждает нас принять идею **многоуровневости системы наследования**, работа которой и порождает онтогенез как процесс, а фенотип как результат.

Содержательная (информационная, вещественная и энергетическая)
сторона выбора-взаимодействия

Поскольку никакая причина не может реализовать себя в следствии (в движении) мгновенно, постольку процесс развертывания следствия длится определенное время, в течение которого система (новообразованная система), с одной стороны, продолжает двигаться по инерции, реализуя предсуществующие потенции своих подсистем, а, с другой – вступает в новые взаимодействия, реализуя (проявляя, «разворачивая») потенции результата текущего взаимодействия. Таким образом, любая система всегда имеет собственную **предысторию и историю**, в совокупности задающие направление ее «инерционного» движения.

Система, двигаясь по инерции и взаимодействуя с другими системами, постоянно переходит в новые состояния, являющиеся элементами множества возможных (потенциальных) ее состояний. Иначе говоря, система постоянно (постоянно, поскольку система всегда движется) производит «выбор» состояний, т.е. осуществляет процедуру реализации одного из множества возможных. Очевидно, что реализовать одно из множества возможных состояний системы позволяет («помогает») ее взаимодействие с другими системами. Выбор всегда является процессом и результатом взаимодействия систем. Например, выбор последовательных состояний падающему камню «помогает» произвести взаимодействующая с ним посредством гравитационного поля Земля. Очевидно также, что варианты выбора состояний «предлагает» предыстория данной системы, заложившая в нее набор предстоящего «свободного» выбора. Кроме этого, о выборе следует говорить не только как о результате, но и как о процедуре (процессе).

Действовавшие в прошлом на данную систему другие системы могут «присутствовать» и «присутствуют» в ней в неявном, незаметном виде, в виде «воспоминаний», следов, отпечатков и т.д., но, тем не менее, они могут влиять на характер последующих взаимодействий системы, т.е. на ее выбор. При этом создается впечатление **абсолютной свободы выбора** системой своих новых состояний («лечу, куда хочу»). На самом же деле мы можем говорить лишь об относительной свободе выбора системы, степень которой зависит от запоминающих способностей системы, формирующих ее внутренний (например, химический мозга по П.К. Анохину:

«...Следовательно, подавляющее большинство клеток мозга непрерывно пребывает в химическом континууме тех реакций, которые вызваны постоянно и повторно раздражающими факторами» - Анохин, 1998.) континуум, о чем мы будем говорить подробнее ниже.

В результате выбора системой одного из возможных своих состояний (альтернатив) происходит либо приращение нового содержания (**информационного, вещественного и энергетического его компонентов**), что отражает интегративный характер взаимодействия системы со своим «окружением» (т.е. другими системами), либо происходит потеря «благоприобретенного» содержания (опять же информационного, вещественного и энергетического его компонентов) в результате дезинтегративного процесса.

Если вспомнить все, что говорилось выше о взаимодействии системы-объекта (СО) и системы-фактора (СФ), то станет очевидным тождественность выражений «новое состояние системы» и «новая система, образовавшаяся в результате взаимодействия СО и СФ». Хотя последнее понятие является чрезмерно громоздким, но с нашей точки зрения оно полнее отражает суть интегративного пути развития систем, который невозможно представить без взаимодействия с внешними и внутренними по отношению к системе факторами. Факторы, напомним еще раз, представляют собой в общем случае те же системы. Именно благодаря взаимодействию СО и СФ происходит приращение или... потеря информационного, вещественного и энергетического содержания.

На первый взгляд, дезинтегративный выбор системы следовало бы рассматривать как процесс и результат потери исходной системой своих качественных особенностей (содержания, индивидуальности), но с формальной точки зрения, такой выбор также можно считать переходом системы в ее новое состояние с минимальной или, точнее говоря, с уменьшенной степенью связи составляющих ее элементов (подсистем).

Чем, как и почему определяется интегративный и дезинтегративный характер взаимодействия систем? Пожалуй, это самый основополагающий (фундаментальный) вопрос системологии вообще и филогенетики в частности.

Изменение способности системы переходить из одного конкретного состояния в другое означает изменение **свободы (относительной, разумеется) конкретного («намеченного») выбора** и, как следствие, изменение устойчивости системы, т.е. изменение устойчивости конкретной («предначертанной» ранее произошедшими взаимодействиями) траектории ее инерционного движения.

Каким образом происходит изменение свободы выбора? Любое новое состояние системы, в которое она попадает вследствие новых взаимодействий, изменяет возможности выборов тех состояний, к которым система «стремилась» до очередного акта взаимодействия-выбора. Выборы новых состояний уменьшают или увеличивают свободу выбора конкретного состояния. Например, применение модификаторов радиоустойчивости биологических объектов может либо усилить способность системы переходить в новое состояние, скажем, в состояние полной восстановленности радиационно поврежденных структур или угнетенных функций (радиопротекция), либо ослабить эту способность (радиосенсибилизация). Разумеется, «увеличение свободы выбора» в этой ситуации означает облегчение системе осуществления ее выбора, который она «наметила» ранее (возврат в нормальное, исходное, контрольное состояние). При этом, с одной стороны, выбор становится более детерминированным предшествующим состоянием системы, т.е. менее свободным, а, с другой, стороны, - менее зависимым и, следовательно, более свободным (радиоустойчивым) от негативных влияний ионизирующей радиации.

Выборы новых состояний могут не только уменьшать или увеличивать свободу выбора конкретного состояния, т.е. влиять на количественные характеристики движения системы, но и способны изменять качественно поведение системы. Иначе говоря, может измениться спектр (набор) возможных состояний, куда система способна перейти («передвинуться»). Так, увеличение свободы выбора в качественном отношении является проявлением потери устойчивости системы, она приобретает дополнительную способность менять свое состояние. И, наоборот, уменьшение свободы выбора в этом отношении приводит к противоположным процессам, т.е. к увеличению устойчивости, приспособленности системы к конкретным условиям ее существования. Естественно, что изменение степени устойчивости системы происходит под влиянием взаимодействия с системами-факторами.

Интеграция (новообразование)

Новообразование (интеграция) - процесс и результат возникновения нового содержания (информационного, вещественного и энергетического) в новообразованной системе. Процесс и результат новообразования (выбора), очевидно, определяются исходным состоянием системы-объекта (СО, управляемый объект, **операнд**) и состоянием среды (СФ, управляющий объект, **оператор**) (Раутиан, 1988). Фактически, оператор представляет собой совокупность внешних и внутренних по отношению к операнду факторов, уровни которых превышают порог чувствительности (устойчивости) системы

данного уровня интеграции. Внутренние факторы представляют собой форму существования незавершенного процесса и текущего результата предшествующего данному состоянию системы взаимодействия СО и СФ. Именно следы, отпечатки, память о бывших взаимодействиях (т.е., по сути дела, о продолжающихся взаимодействиях, о реверберациях) как раз и представляют собой так называемые «внутренние факторы».

Новизной новообразованной системы (новизной выбранного системой состояния) следует считать информацию о новом содержании (опять же информационном, вещественном и энергетическом), «... которую мы получаем при полном выяснении того, какое именно состояние системы реализовалось». Иначе говоря, информационная новизна выбора определяется его априорной неожиданностью (Раутиан, 1988).

Строго рассуждая, новое состояние системы это, по сути дела, новая система, образованная путем взаимодействия «старой» системы, т.е. системы-объекта с системой-фактором. Новое состояние системы – это ее пребывание в качестве элемента в составе новой системы более высокого уровня интеграции. Очевидно, что интеграция происходит одновременно по информационным, вещественным и энергетическим «направлениям» с преобладанием (доминированием) одного из них. Если оператор оказывает на систему (операнд) разрушительное (дезинтегрирующее) действие, то система утрачивает свои индивидуальные свойства и распадается. Хотя при этом не происходит приращения содержания, но наблюдается восстановление прежнего содержания, находившегося в системе скрытом виде (в виде «субэлементов» по А.А. Малиновскому (1973)).

Как мы помним, по Ю.А. Урманцеву (1988) система изменяется путем изменения количества и качества элементов, а также путем изменения отношений между элементами. После вышесказанного становится ясно, что измениться система может лишь в результате взаимодействия с другими системами, а причиной указанных типов преобразования может быть изменение в информационном, вещественном и энергетическом содержании элементов. Естественно, что в том или ином типе изменения систем будет доминировать изменение соответствующего содержательного компонента.

Запоминание как результат взаимодействия СО и СФ

Приняв в качестве аксиомы возможность существования интеграционных и дезинтеграционных процессов взаимодействия СО и СФ, остановимся на первых и на приращение нового содержания с точки зрения его сохраняемости в пространстве и времени.

Любое новое состояние, в котором оказывается система, вернее, новообразованная в результате интегративных процессов система,

несет новое содержание (информацию, вещество и энергию). Время пребывания системы в любом состоянии конечно и система все это время обладает содержанием («информацией»), «навешанной» системе факторами (операндами), вызвавшими ее переход в данное состояние. Иначе говоря, система некоторое время измененными (новыми) параметрами своей структурно-функциональной организации «помнит» некоторые характеристики (содержание) факторов-причин, вызвавших ее движение в новом направлении. В новообразованной системе определенное (иногда достаточно большое, сравнимое с временем существования самой системы) время остаются вещественные, энергетические и информационные «следы» взаимодействия СО и СФ. Разумеется, полнота запоминания зависит от степени (уровня) организованности запоминающей (отражающей, говоря философским языком) системы (а таковыми являются все системы), в частности, наличием или отсутствием специализированных подсистем, выполняющих функцию «органов чувств». В итоге, новизна текущего состояния системы определяется содержанием запомненного, т.е. содержанием, привнесенным взаимодействием СО и СФ.

Запомненное системой новообразование, т.е. продукт интеграции операнда и оператора, влияет (являясь новой внутренней причиной), точнее говоря, детерминирует следующие за ним события, приобретая или утрачивая смысл с точки зрения дальнейшего существования новообразованной системы. Так, с точки зрения филогенетического или онтогенетического процесса признаки могут быть положительными («иметь смысл», т.е. обеспечивать устойчивое существование системы в виде прогрессивного или регрессивного развития) или отрицательными («бессмысленными», приводящими систему в дезинтегрированное состояние).

Таким образом, память представляет собой определенный аспект организации системы, отражающий ее инерционные («преемственные») свойства, а запомненное содержание является результатом относительно стойкого во времени процесса перерегулирования (гипо- или гиперкомпенсации). Почему перерегулирования? А потому, что система, в силу, опять же, своих инерционных свойств, движется «в ранее избранном направлении», что, собственно говоря, мы и называем восстановлением (фаза переходного процесса), которое, в свою очередь, является результатом деятельности систем регулирования. Последние принципиально не обладают способностью вывести систему в исходное состояние, поскольку сигнал на регулируемую систему всегда подается в искаженном виде и с запаздыванием во времени. Регулирующая система, получив более или менее искаженный и запоздавший сигнал,

осуществляет неполную компенсацию влияния СФ – «перерегулировывает» восстановление.

Суммация и вычитание содержания СО и СФ в процессе их интегративного взаимодействия (механизм запоминания)

Совершенно очевидно, что возникновение новых свойств у новообразованной системы невозможно без взаимодействия предсуществующих свойств операнда и оператора, участвующих в ее образовании, т.е. без изменения предсуществующей устойчивости (как способности системы находиться в выбранном состоянии или, что то же самое, ее способности сохранять неизменным свои предшествующие взаимодействию свойства) и, следовательно, изменения ранее приобретенного содержания и понижения степени преемственности между последовательными состояниями систем, участвующих во взаимодействии.

Для лучшего понимания сказанного можно вспомнить, с одной стороны, то, что говорилось ранее о переходных процессах, демонстрирующих как раз неустойчивость систем в процессах запоминания, а, с другой стороны, концепцию А.А. Малиновского (1973) о системообразующей роли неравномерного сложения субэлементов взаимодействующих систем. Взаимодействующие системы объединяют («складывают») одни свои качества (субэлементы) и взаимно нивелируют («прячут») другие. В этом суть возникновения нового качества (содержания). Взаимодействующие по интегративному типу системы не «могут» утрачивать свои качества. Они продолжают содержать их в скрытом виде. Например, человек не утратил своих «звериных» качеств, он их «умело скрывает» или «делает вид, что забыл». Социализация человека как раз и была процессом и результатом такого мнимого забывания (квазизабывания). Даже утрату человеком хвоста своих далеких предков нельзя считать полной, поскольку «светлая память» о нем сохранилась на генетическом уровне.

Забывание (дезинтеграция)

По причинам, которые были указаны выше, возможен и дезинтегративный (деструктивный) тип взаимодействия СО и СФ. Очевидно, что при этом происходит возврат взаимодействующих систем в свое исходное состояние. Конечно же, этот возврат также является неполным, поскольку он происходит уже в новых внешних и внутренних условиях. Кроме этого, дезинтегративный процесс, как правило, не бывает одноактным. Он продолжается до возникновения предельно дезинтегрированных элементов, существование которых возможно в данных условиях дезинтеграции. Ярким примером дезинтегративного взаимодействия систем является смерть.

Биологическая система при этом «забывает» свое специфически биологическое содержание. Составляющие ее элементы борются за «самостоятельность» (селфинговость – Лекавичус, 1986) и процесс этот, как правило, заходит так далеко, что от элементов, возмнивших себя «самостоятельными» системами, остаются одни низкомолекулярные «рожки да ножки».

Целесообразность (смысл) результата взаимодействия систем

В чем вообще смысл постановки вопроса о «смысле» и что «смысл» из себя представляет. Думается, что не будет большим грехом антропоморфизации объективной действительности попытка уяснить смысл происходящих системных трансформаций. Мир (Система) непрерывно меняется. Механизм движения доступен для познания. А вот изучение уже механизма существования механизма (фактически, смысла) вызывает затруднение. Поскольку мы рассматриваем одну из самых общих категорий, имеющую практически философский уровень обобщения, то механизмом (смыслом) новообразования, т.е. движения, является его способность обеспечить существование объективной действительности. Банально, но движение есть способ существования. В этом то и есть смысл движения.

Проверку **целесообразности** (смысла) новообразованных свойств системы (= свойств новообразованной системы), т.е. способности обеспечить дальнейшее существование систем, проводят эндогенные и экзогенные факторы (системы). Запоминание (интеграция с другими системами), как и забывание, не является самоцелью системы. Системы не могут не запоминать (интегрироваться) точно так же как не могут не забывать, не взаимодействовать или не двигаться. Двигаются же системы, как мы уже знаем, по инерции, реализуя (разворачивая) в пространстве и времени свои потенции, которые «заложены» в нее образовавшими ее элементами-системами-«предками». И если инерционность движения систем в процессе взаимодействия можно считать условием (механизмом) запоминания, то процессы, противодействующие инерционному сближению систем, т.е. оказывающие им сопротивление, обеспечивают определенную полноту восстановления предсуществующего (исходного) состояния каждой из взаимодействующих систем. Таким образом, происходит частичное забывание системой своего нового состояния, в которое она попала «по инерции», возврат (опять же, частичный) к предсуществовавшему этапу. Так, процесс восстановления, хорошо знакомый из радиобиологии, является, по сути своей, процессом забывания, в котором биологическая система «забывает» результаты (элементы новообразованной системы радиационного поражения) своего

взаимодействия с ионизирующим излучением, выступающим в роли оператора. Биологическая система как бы дистанцируется, «отстраняется» от радиационного фактора-системы, что и есть, по своей сути, дезинтегративный процесс.

Обратимость, возврат в исходное состояние никогда не бывает полным. Системы, участвовавшие во взаимодействии, даже после того как «их пути разошлись», никогда не возвращаются в исходное состояние с абсолютной точностью. В текущем состоянии системы всегда присутствует необратимый компонент предшествующего влияния факторов на систему. Именно этот «сухой остаток» и является «творчим доробком» системы, позволяющей ей существовать в новых условиях, сохраняя свою индивидуальность.

Судьба системы зависит от характера новизны (система «жаждет» и «боится» новизны)

Наблюдение за поведением системы «со стороны» может создать впечатление об его целесообразности. Оно действительно таковым является, поскольку система устремляется к цели, т.е. к определенному этапу своего развития. Однако с другой стороны, мы понимаем, что цель «исходит» из самой системы и, как мы уже знаем, система не может не стремиться, так как она реализует свои скрытые потенциальные возможности.

В процессе движения системы реализуются новые состояния, к которым она «стремилась». В отношении новизны («новых впечатлений») системе «и хочется и колется». Каждое состояние изменяющейся (двигающейся, развивающейся) системы преемственно связано с предсущствующими постольку, поскольку ее параметры сохраняются и в то же время это состояние является новым, поскольку оно все же изменилось, т.е. устойчивость системы была в определенной степени нарушена.

Любое усиление преемственности снижает новизну производимого системой выбора, а увеличение новизны выбора снижает уровень преемственности, т.е. восстанавливаемости параметров системы до исходного уровня. С ростом количества однократно или кратковременно получаемого нового содержания (с вещественным, энергетическим и информационным компонентами) и, следовательно, с ростом неустойчивости системы, растет вероятность необратимого понижения устойчивости, влекущей за собой уменьшение степени преемственности состояний, потерю определенности свойств (индивидуальности) системы и ее гибели, а значит, и прекращения данной линии развития. Нетрудно в этом усмотреть аналогию с летальным действием ионизирующей радиации. Например, огромную дозу «новизны» привносит в клетку ионизирующее излучение, вызывающее ее интерфазную

(некротическую) гибель. Разумеется, гибель клетки в данном случае происходит вполне закономерно, но эта закономерность «диктуется» уже в значительной степени избыточным новым «содержанием».

Правомочным была бы постановка вопроса об оптимальности взаимодействия систем с точки зрения их дальнейшей судьбы. Вероятно, степень оптимальности будет определяться тем, каково значение новообразованной системы для метасистемы (эписистемы), элементом которой она является.

Непрерывность и скачкообразность движения (роста и развития).

Элементарное звено развития

«Узнаваемая» в процессе движения (роста и развития) система, т.е. система, сохраняющая свою индивидуальность, обладает этим качествами благодаря непрерывности развития. Если же представить себе процесс развития как цепь квантованных событий (а мы вынуждены это сделать, поскольку акты нашего восприятия прерывны), то должно быть элементарное звено такой цепи. Попутно заметим, что наши представления о прерывности и непрерывности движения объектов есть ничто иное, как абстракция (определенная условность). Похоже, что системы движутся так как мы это себе представляем, но наше представление есть не более чем модель, а как системы (тоже, кстати, результат моделирования объектов действительности) движутся в действительности (будто мы знаем что такое действительность) неизвестно. Однако, как бы там ни было, легко видеть, что «новое» состояние системы зависит от «старого».

Взаимное опосредование старого и нового в рамках данной системы придает старому обновленное выражение, а новому - историческую обусловленность (старое постоянно трансформируется, а новое «оглядывается» на старое). Это обстоятельство, конечно, затрудняет оценку вклада преемственности и новообразования («приданого» операнда и «совместно нажитого» с оператором) в конкретный акт выбора исходя только из его непосредственных причин – операции выбора. Эта проблема особо остро стоит при оценке сравнительного вклада наследственности (преформистских тенденций) и среды (эпигенетических процессов) в характеристики биологического объекта, например, при оценке относительного значения наследственности и/или воспитания при определении причин в становления характера индивида и особенностей личности.

Если в процессе движения системы, т.е. в процессе перехода ее из одного состояния в другое, она сохраняет свою индивидуальность (если, конечно, сохраняет), то это означает, что преемственность (содержание наследуемости) выбора новообразованной системы (кстати, образованной именно в результате выбора, поскольку выбор это всегда взаимодействие) по отношению к операнду (исходному

состоянию системы), во всяком случае, не может быть ниже преемственности выбора по отношению к состоянию предшествующему операнду. Отсюда следует, что минимальное (элементарное) звено процесса развития включает три следующие друг за другом состояния системы: состояние, предшествующее операнду, операнд и состояние, следующее после того, как операнд сделал выбор следующего состояния («операндом сделали выбор»), т.е. образовал с оператором новую систему (Раутиан, 1988).

В каждый момент времени в любом объекте, и в биологическом в том числе, присутствуют признаки того, чем он был, что он есть и чем он будет. Фактически, элементарное звено движения (развития, роста) объекта – это сам объект, движущийся из прошлого через настоящее в будущее. Все сказанное очень напоминает представления средневековых схоластов о сущности до явления, явлении и сущности после явления.

С нашей точки, зрения необходимость рассмотрения элементарного звена развития в виде трехчленного образования имеет важное значение еще и с точки зрения наличия не только прямых (в пределах звена), но и опосредованных влияний ряда предшествующих состояний операнда на его последующие состояния, в чем преемственность проявляется (не количественно) еще ярче. Каждый из нас – это исчезающе малый след бесконечно далеких в пространстве и бесконечных по содержанию влияний прошлого. Прошлое нас использует, приспособлявая в качестве трамплина для прыжка в будущее.

Естественные пределы развития и творческой активности

В контексте излагаемой концепции развитие и творческая активность отождествлены не случайно. Мы бы хотели здесь подчеркнуть не столько то, что они соотносятся как, соответственно, родовое и видовое понятия, а, главным образом, то, что суть обоих явлений заключается в разворачивании трехэтапного, как минимум, процесса, в котором этап (1) **пролиферации** неких состояний-систем сменяется этапом (2) их **дифференциации**, являющейся, фактически, процессом и результатом реализации «предначертанных» ранее планов-потенций-идей-возможностей-целей и завершается этапом (3) **интеграции** с другими системами (выбор для взаимодействия), т.е. выбором своего последующего состояния путем взаимодействия с другими системами и на котором новообразованная система «достигает своей цели» («решает поставленную задачу»). Применительно к творческому процессу можно добавить, что на заключительном этапе происходит рождение новой идеи-системы, предстающей в виде относительно законченной концепции (гипотезы, теории, принципа и т.п.). Возникновение «нетворческих» систем

также невозможно без этапа пролиферации-возникновения их будущих элементов, которые дифференцируются в силу «местных особенностей» и всегда имеют шанс, вступить во взаимодействие и образовать новую систему. Таким образом, дифференциация систем не является их самоцелью, это результат специфических условий их существования, т.е. результат специфического (наряду с неспецифическим, общим для всех) взаимодействия со своим специфическим окружением (системами-факторами, операторами).

В трехэтапности процесса развития легко усматривается элементарное звено развития («состояние, предшествующее операнду – операнд – состояние, следующее после того, как операнд сделал выбор следующего состояния»). Так, этап пролиферации есть ничто иное, как этап становления операнда, этап дифференциации – реализация потенций операнда, этап интеграции – возникновение нового операнда. Следует заметить, что для всех выделенных этапов характерны интеграционные (эпигенетические) процессы, иначе говоря, они (этапы) с этой точки зрения не представляют собой специфические образования. Тем не менее, такое выделение целесообразно проводить, чтобы подчеркнуть дискретность развития и его иерархичность (как опосредованное подчинение и подчиненность, для чего требуется, как минимум, трехзвенная последовательность).

Каковы же пределы выбора системой своих новых состояний? Насколько широким может быть разнообразие взаимодействия операнда с операторами? Теоретически эти пределы или возможности развития и творчества определяются, с одной стороны, полной свободой выбора, а с другой стороны, – отсутствием какого-либо выбора, т.е. состояние системы целиком определяется предыдущим. «Если бы первое условие сохранялось в ряду следующих друг за другом состояний системы, то таковой она была бы лишь при условии полного отсутствия у нее преемственности и памяти: ни пространство логических возможностей, ни распределение вероятностей каждого последующего состояния в этом пространстве не зависело бы от предыдущих состояний» (Раутиан, 1988). Описанный процесс развития можно было бы с полным основанием назвать абсолютным эпигенезом. «Унесенный ветром» операторов операнд мог бы оказаться где угодно и пребывать в сколь угодно состоянии. Разумеется, существование таких систем возможно лишь теоретически. В действительности же оператор не способен взаимодействовать с такой системой, которая, попросту говоря, должна была бы... отсутствовать. Память – это не только форма и содержание специализированных структур объектов, память – это сами объекты. Например, память растения – это, фактически, само растение, его структурно-функциональные атрибуты и, если

утрачивается какой-нибудь элемент растения, скажем, стеблевой апекс, то растение «вспоминает» свои «забытые» пазушные почки, которые, развиваясь, заменяют собой утраченные доминантные структуры. Другой пример: Зрелые состояния психики в обычных условиях доминируют над ювенильными, однако возможны ситуации, когда доминирование «взрослой» психики ослабляется или полностью снимается и доминировать начинает психика ребенка, содержание которой было запомнено на ранних этапах психогенеза. Результатом такого процесса может быть временное или стойкое расстройство психики.

Если же в ряду состояний сохраняется второе условие - преемственность и память были бы абсолютно устойчивы, то ничего нового возникнуть не может. Такой процесс можно было бы назвать абсолютной преформацией (абсолютным преформизмом). Очевидно, что в реальности это также невозможно (система постоянно что-то забывает и запоминает) и процессы развития обладают как эпигенетическими, так и преформистскими сторонами (асpekтами), а весь процесс развития представляет собой непрерывное изменение доли (вклада, участия) преформизма и эпигенеза. Эпигенез и преформизм образуют взаимообуславливающее единство, составляющее основу и суть развития.

Дезинтеграция (дестабилизация, эманация) систем

Когда система (операнд) больше забывает, чем запоминает, т.е. утрачивает безвозвратно свои вещественно-энергетически-организационные составляющие, то происходит последовательная дестабилизация (эманация), разрушение (потеря) ее структуры, снижение функциональной организованности, объема памяти, уровня преемственности (вследствие увеличения влияния оператора) и точности запоминания, **увеличивается также свобода выбора, хотя снижение организованности сокращает пространство логических возможностей (кажущийся парадокс - I).**

Не существует абсолютно устойчивых связей между элементами системы. Всегда существует не равная нулю вероятность того, найдется оператор-фактор с достаточными (сверхпороговыми) дозовыми, мощностными и качественными характеристиками способный разорвать существующие связи (отношения), вызвав дезинтеграционный (эманационный) процесс.

Пределом дестабилизации будет утрата специфичности (индивидуальности) и выравнивание «благоприобретенных» градиентов системы с окружающей средой. Фактически, система уподобляется среде, а не отражает ее с определенной степенью полноты, будучи более организованной. Биологическими примерами

дизинтеграции являются процессы, приводящие таксон к вымиранию, организм – к старению смерти и т.д. (см. табл. 1).

Таблица 1.

Примеры деструктивное влияния факторов	
Наука	Пример
Биология	Ингибирующее действие стрессора
Радиобиология	Летальное действие радиации
Филогенетика	Регрессивное развитие таксона
Психология	Деградация личности под влиянием избыточных доз алкоголя
Социология	Распад семьи, группы, общества

Впрочем, без колебаний устойчивости, без определенной меры деградиационных (эманационных) проценссов невозможно возникновение нового качества; краткие периоды эманации (ингибирования, отрицательного перерегулирования, говоря языком биокбернетики) и следующие за ним периоды гиперкомпенсации – необходимое условие прогрессивного развития.

В том случае, когда система больше запоминает, чем забывает (интегрируясь с элементами оператора), то ее устойчивость, уровень интегрированности, объем памяти, надежность и точность запоминания растут, одновременно увеличивается степень преемственности, **уменьшается свобода выбора, хотя рост организованности увеличивает пространство логических возможностей выбора (кажущийся парадокс – II)** (Раутиан, 1988). Подобный характер развития-творчества по мере своего осуществления все больше приближается к преформации, т.е. к развертыванию (актуализации) предсуществующих задатков-потенций. В этом случае возрастает роль памяти, инерционности, преемственности. Очевидно, что естественный предел такого пути развития будет тупиковый. «Рост организованности невозможен без роста устойчивости, последовательно уничтожающий свободу выбора и ограничивающий изменчивость системы» (Раутиан, 1988) как необходимое условие ее непрерывного развития» Впрочем, о тупиковости следует говорить лишь в том случае, когда не происходит больше роста уровня интегрированности системы. Например, образованием эукариотической клетки, которая предположительно возникла путем интеграции прокариотических клеток, не явилось тупиковой ветвью эволюции, свидетельством чему является образование на их основе многоклеточных организмов. У последних появилась масса дополнительных возможностей дальнейшего филогенетического развития.

Промежуточное состояние, в котором наблюдается равновесие между запоминанием и забыванием может показаться оптимальным. Однако это лишь видимость оптимальности. В подобном режиме возникает запрет на изменение уровня устойчивости, а, следовательно, на изменение степени свободы выбора, надежности и точности запоминания, уровней преемственности и организованности, т.е. запрет на любые возможные формы прогрессивного развития. Ярким примером «оптимального» сочетания запоминания и забывания являются паразитические виды, устойчивости которых в конкретных условиях их существования настолько высока, что препятствует проявлению необходимого для филогенетического поиска полиморфизма.

Условие непрерывности развития

Описанные выше режимы развития не способны обеспечить его непрерывность. Любая система «обуреваема» («разрываема») противоречиями, порожденными непрерывным влиянием внешних и внутренних факторов. Противоречивые тенденции в развитии системы могут быть выражены рядом следующих антиномичных пар (Раутиан, 1988):

свобода выбора – надежность памяти,
новизна – преемственность,
неустойчивость – устойчивость,
хаотизация – структурирование (организуемость,
интегрируемость),
индетерминизация – детерминизация,
уменьшение специфичности – индивидуализация и т. д.

Эти противоречия никогда не устраняется в процессе развития системы. В противном случае развитие остановилось бы (как прогрессивное, так и регрессивное). Собственно говоря, все развитие представляет собой непрерывно-прерывистый процесс разрешения этого противоречия. В частности, длительное, прогрессивное развитие (прогрессивное творчество?) возможно только путем чередования противоречивых режимов развития. Так, специализация может быть достаточно длительным процессом, хотя и не способна обеспечить «вечности жизни». Всегда или когда-нибудь система обязательно столкнется с достаточно высокими по дозе и мощности внешними или внутренними дезинтегрирующими, направляющими на путь регрессивного развития операторами-факторами. Примерами таких ситуаций в отношении человечества может быть угроза уничтожения из космоса, «перепотребление» компонентов биосферы, глобальная по последствиям техногенная катастрофа, террористический акт,

неудачный эксперимент физиков и т.д. Да и что может быть вечным под невечной луной?

Для Хомо сапиенс характерна высокая степень преемственности поведения, детерминированность которого на уровне индивидуального сознания выражается в представлении об **осмысленности жизни личности**. И это действительно так, поскольку иначе быть не может. Мы запрограммированы связями той системы, элементом которой являемся, на общественно-полезную поисковую активность. Нами руководит идея осмысленности жизни. Мы ее рабы и она же увеличивает наши приспособительные возможности.

ЛИТЕРАТУРА

Анохин П.К. Избранные труды. Кибернетика функциональных систем – М.: Медицина, 1998. – 400 с.

Лекавичус Э. Элементы общей теории адаптации. – Вильнюс: Мокслас, 1986. – 273 с.

Малиновский А.А. Механизмы формирования целостности систем. – В кн.: Системные исследования. Ежегодник 1973. – М.: Наука, 1973. – с. 52-62.

Раутиан А.С. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. – В кн.: Современная палеонтология: В 2-х томах. – М.: Недра, 1988, - Т. 2. – с. 76-78.

Тойнби А. Постигание истории. – М.: Издательский дом: Айрис-Пресс, 2002. – 640 с.

Урманцев Ю.А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы. – В кн.: Система. Симметрия. Гармония./ Под ред. В.С. Тюхтина, Ю.А.Урманцева. – М.: Мысль, 1988. – с. 38-130.

Урманцев Ю.А. Эволюционика, или общая теория развития систем природы, общества и мышления. – М.: Издательство: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009. – 240 с.

Чайковский Ю.В. Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008 – 726 с.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В первую очередь следует охарактеризовать филогенетическую систему-фактор (ФСФ), с которой, собственно говоря, и начинаются (во всяком случае, их рассмотрение) все филогенетические события.

Как только мы заговорили о «факторах эволюции» на языке теории систем и также применили некоторые методологические достижения радиобиологии, у нас появилась возможность более строго представить характеристики (параметры) действующих филогенетических факторов (физических, химических и биологических, каждый из которых первично, как целое действует на уровне организации системы-объекта (СО), соответствующем уровню организации фактора). Так, если речь идет о радиационном факторе (ионизирующей радиации), как о возможном филогенетическом факторе, то следует в первую очередь охарактеризовать его с точки зрения дозы (экспозиционной и поглощенной). Поскольку речь идет о разнообразных по своей природе факторах с преобладанием энергетического, вещественного или информационного компонента влияния, то, соответственно, следует говорить о дозах поглощенной энергии, вещества или информации или какого-либо сочетания доз этих компонентов (двойных или тройного). Применительно к филогенетической (филогеногенной) ситуации доза радиационного фактора вероятно должна приходиться на множество поколений организмов. (Кстати, можно ли говорить о пороговости радиационного воздействия с точки зрения минимального количества поколений, которые должны быть подвергнуты воздействию?). Далее следует упомянуть о необходимости учета мощности, качества, режима действия фактора (однократное – многократное и острое – пролонгированное или хроническое). Вероятно, для более корректного введения понятий острое и пролонгированное действие филогенетического фактора целесообразно ввести понятие онтогенеза вида, в пределах которого есть смысл рассматривать указанные понятия.

Необходимо сказать, что ФСФ способна оказывать на филогенетическую систему-объект (ФСО) нейтральное, поддерживающее (стабилизирующее) или стрессирующее влияние. Кроме этого, следует различать облигатные (поддерживающие, стабилизирующие), факультативные и индифферентные факторы, последний из которых может быть в нейтральной, стимулирующей, ингибирующей или летальной дозе. Первые два фактора в нейтральной дозе не могут быть (облигатный фактор при нулевой дозе полностью ингибирует систему, а облигатный – частично)

Между системой-фактором (СФ) и СО всегда может оказаться третий объект, опосредующий влияние СФ на СО. В этой ситуации целесообразно говорить о прямом и опосредованном влиянии СФ на СО. Очевидно, что часто и даже, как правило, влияние одного СФ на СО происходит в комплексе с влиянием другого или других СФ на СО – случай сочетанного (совместного, сопряженного) действия нескольких СФ на СО. Опосредованное влияние фактора может происходить посредством фактора любой природы.

Следует учитывать относительную филогенетическую эффективность равноуровневых ФСФ. Например, может быть с точки зрения не эффективности, а результативности температурный фактор являлся на определенном этапе определяющим – относительная филогенетическая результативность равноуровневых (а почему только равноуровневых?) факторов.

Обоснована необходимость учета уровневой специфики действия филогенетического фактора (на уровне популяции, сообщества, ценоза).

Сформулирован закон возрастания роли более организованных факторов в филогенезе.

Что касается характеристики филогенетической системы-объекта (ФСО), как «объекта» эволюционных преобразований, то прежде всего, следует рассмотреть возможные типы преобразований ФСО. Согласно основному закону общей теории систем (ОТС), разработанной Ю.А.Урманцевым (1988), конкретная система-объект способна перейти А) либо в себя – посредством тождественных преобразований, Б) либо в другие системы-объекты – посредством одного из семи, и только семи различных преобразований, а именно изменений: 1) количества, 2) качества, 3) отношений, 4) количества и качества, 5) количества и отношений. 6) качества и отношений, 7) количества, качества и отношений всех или части образующих систему-объект элементов. Среди перечисленных типов преобразования исходных (первичных) типов преобразования СО существует четыре типа, охватывающие первые четыре из вышеназванных (включая тождественное преобразование). Очевидно, что при любом типе преобразования элементов СО меняются все остальные характеристики (качественные, количественные и относительные) ее элементов, т.е. в чистом виде каждой из перестроек не существует, но определяющим, доминирующим на определенной отрезке времени или месте может быть тот или иной тип.

При рассмотрении влияния ФСФ на ФСО следует учитывать контрольное (исходное, текущее) состояние ФСО. По аналогии с понятием «доза» ФСФ, вероятно, целесообразно применять понятие «доза» ФСО, отражающее исходные (на момент начала взаимодействия с ФСФ) характеристики ФСО. Фактически, доза ФСО

отражает уровень устойчивости и чувствительности (как «устойчивости» по отношению стимулирующим ФСО дозам ФСФ).

От понятия устойчивости ФСО логично будет перейти к понятию порога устойчивости ФСО. Каждый уровень ФСО имеет свой порог устойчивости, который также зависит и от параметра, используемого для оценки устойчивости.

С понятием порог устойчивости тесно связано понятие критической филогенетической подсистемы (структуры, подуровня) ФСО.

Предлагается рассматривать стохастические и детерминированные филогенетические эффекты ФСФ на ФСО.

Филогенетические факторы могут быть как эндогенными так и экзогенными. Как первые, так и вторые могут быть стохастическими (вероятностными, случайными) и детерминированными. Внутренние детерминированные, вероятно следует рассматривать как номогенетические (ортогенетические).

Существует конститутивный и индуцибельный уровень филогенетической вариабельности.

Продуктивным является рассмотрение филогенеза как следствия филогенетического стресса, а именно необратимого компонента повреждения, возникшего под влиянием комплекса внешних и внутренних (номогенез?) факторов. Филогенез следует рассматривать как адаптацию со всеми отсюда вытекающими терминологическими и идеологическими «последствиями» (адаптивное и тест-воздействие, переходный филогенетический процесс, фазы переходного филогенетического процесса, перерегулирование, необратимый компонент и т.д.). В процессе эволюции реализуется филогенетический адаптационный потенциал. Очевидно, что возможна и филогенетическая дезадаптация (традиционно рассматриваемый эволюционный регресс).

Филогенез можно рассматривать как процесс исторического изменения надежности биологических объектов (генома, эпигенома, организма, популяции и т.д.).