

УДК 53.02:577.35

КОНЦЕПЦИЯ МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНОСТИ В ЖИВЫХ И НЕЖИВЫХ СТРУКТУРАХ

С.Л. Подвальный¹, Е.М. Васильев²

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

¹spodvalny@yandex.ru, ²vgtu-aits@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются механизмы эволюционных процессов, составляющие конструктивно-ориентированную концепцию существования и развития живого и неживого мира – концепцию многоальтернативности. В рамках этой концепции обсуждаются взаимосвязанные и взаимодополняющие друг друга эволюционные принципы многообразия, дискретности и иерархии процессов и структур. Показано, что возможность эволюции определяется, прежде всего, гетерогенностью форм существования материи, порождающей многообразие их новых свойств. Отмечено, что указанное многообразие необходимо обеспечивается дискретностью элементов физических и биологических систем, образующей комбинаторное множество системных конфигураций и их состояний. Раскрывается взаимосвязь иерархии процессов и структур со свойствами их устойчивости и гомеостазисом. Приведены примеры использования изложенных принципов многоальтернативности в проектировании высоконадёжных систем электроснабжения космических станций и построении эволюционных алгоритмов систем принятия решений.

Ключевые слова: открытые системы, эволюция, структура, живая и неживая природа, многоальтернативность.

Цитирование: Подвальный, С.Л. Концепция многоальтернативности в живых и неживых структурах / С.Л. Подвальный, Е.М. Васильев // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №3(21). – С. 355-367. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-355-367.

Введение

Эволюционные процессы в живых и неживых структурах, достаточно долго рассматриваемые в научной картине мира как взаимные противоположности, утратили свой антагонизм с появлением теории открытых диссипативных систем [1, 2]. Вместе с тем, доказанная непротиворечивость указанных процессов оставляет в стороне вопрос о сходстве этих эволюций, механизмы протекания которых в живой и неживой природе существенно различаются [3]. Онтологическое значение этого вопроса [4-7] дополняется актуальными потребностями теоретических и прикладных исследований в области проектирования структурно сложных открытых систем различного назначения [8-10] и интеллектуальных систем принятия решений [11-13], нуждающихся в практических рекомендациях по управлению такими системами и оценке их возможностей.

Закономерности эволюционных процессов, являющиеся общими для живых и неживых структур, вызывают интерес у широкого круга исследователей, работающих в области биокibernетики и её приложений.

В работе [14] рассматривается теория эволюционного усложнения биологических систем на основе иерархически последовательных метасистемных переходов: существующие биологически устойчивые подсистемы объединяются общим механизмом управления, вследствие чего формируется система нового иерархического уровня, которая, в свою очередь, является

подсистемой более высокого уровня управления. В [15, 16] в качестве одного из общих механизмов эволюции материи описывается блочный принцип формирования новых структур из уже «опробованных», т.е. жизнеспособных (устойчивых) блоков на основе матричной репликации – способности к самоинструктирующему усложнению. С точки зрения эволюции такая способность оказывается более ценной для самоорганизации системы, нежели степень приспособленности к текущим условиям среды. Исследуя возможность самоорганизации искусственных систем Дж. фон Нейман [17] установил существование некоторого критического уровня сложности самовоспроизводящегося автомата, ниже которого воспроизводятся автоматы с более низкой и даже вырождающейся сложностью, а выше этого уровня, названного впоследствии точкой невозврата, сложность автомата, как информационной системы, может возрастать. Критерием указанной сложности для клеточного автомата является комбинаторное многообразие, определяемое числом клеток и количеством состояний каждой из них. Частные случаи такой самоорганизации обнаруживают автоматы Лэнгтона [18] и Кодда [19], самовоспроизведение или упорядоченное движение которых возникает, начиная только с некоторого уровня их сложности.

Работы [20, 21] указывают на тесную взаимосвязь физической неоднородности сложных систем с информационным принципом необходимого разнообразия У. Эшби, приводящей, в конечном счёте, к существованию у систем некоторой конечной информационной сложности, достаточной для их устойчивого эволюционного развития и, кроме того, обуславливающей эффективную познаваемость таких систем. Иными словами, идее «неупрощаемой сложности» систем [22] противопоставляется принципиально иная онтологическая предпосылка «неусложняемой простоты» законов построения и функционирования сколь угодно сложной системы.

Указанная предпосылка эволюции развивается в работах [23-27] на основе научного направления «Общая формальная технология» (ОФТ), позволяющего по-новому взглянуть на важность концепции сложности систем в процессах эволюции [24]. В частности, в [24, 25], отмечается, что функциональность некоторой сложной конструкции «растёт с ростом числа функциональных объектов в конструкции и неизбежно достигает такого значения, что оказывается достаточной для реализации функциональной сложности процесса собственного воспроизведения». При выполнении ряда условий такая функциональность становится избыточной и возникает «возможность получения бесконечного числа новых конструкций» [25], т.е. возможность протекания эволюционного процесса. На основе ОФТ в настоящее время получены важные практические результаты при построении высоконадёжных гетерогенных электронных схем [26, 27].

Предлагаемая работа лежит в русле указанных исследований общих закономерностей эволюционных процессов. В качестве конструктивной парадигмы, объединяющей эволюцию живого и неживого и отвечающей отмеченным выше необходимым условиям её протекания, рассматривается концепция многоальтернативности, основанная на принципах многообразия, дискретности и иерархии процессов и структур [28-31].

1 Принцип многообразия

Многообразие неживых форм строения материи, начиная с уровня элементарных частиц, обуславливает эволюционный, лавинообразный рост числа организованных структур, обладающих новыми физическими и химическими свойствами, а значит, и способностью к устойчивому существованию в разных условиях. Поскольку совокупность однородных элементов не порождает новых свойств, то возможность эволюции предопределяется наличием только разнотипного «исходного материала».

В качестве примера практической реализации принципа многообразия можно привести создание высокоэффективных преобразователей солнечной энергии на основе арсенид-галлиевой гетерогенной структуры AlGaAs-GaAs, в несколько раз превосходящей по своим энергетическим показателям моноструктуры на кремниевой основе [32]. Создание многослойных фотоэлементов из разных сплавов галлия с индием, фосфором, азотом позволяет преобразовывать в электрическую энергию разные диапазоны спектра светового излучения, т.е. наиболее полно использовать его энергию.

Следует заметить, что известный в настоящее время наиболее совершенный биологический механизм хлорофильного фотосинтеза также является гетерогенной структурой, содержащей две фотосистемы с взаимодополняющими функциями [33].

Существенно, что отмеченное выше состояние устойчивости процесса не означает его равновесности. На рисунке 1 показан глобально устойчивый, но неравновесный процесс, происходящий в нелинейной системе второго порядка с внешним гармоническим воздействием [34].

Хаотические фазовые траектории на рисунке 1а несут в себе скрытую упорядоченную фрактальную структуру движения, проявляющуюся в отображениях Пуанкаре (рисунок 1б).

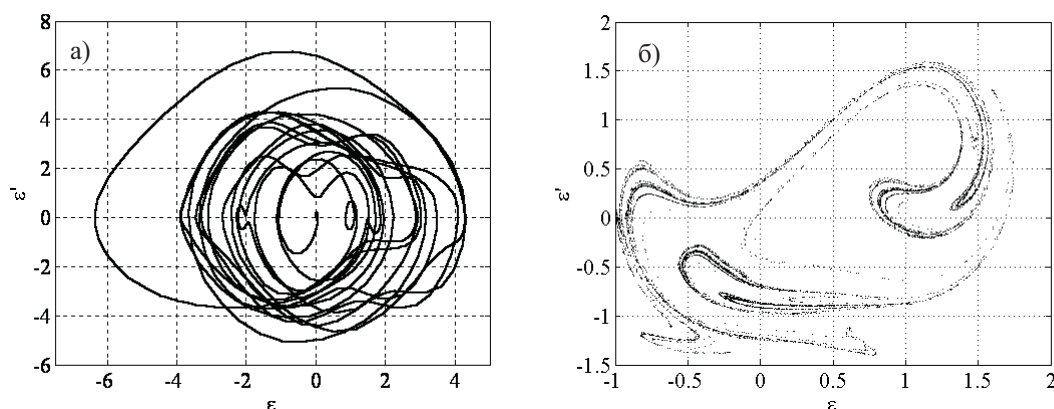


Рисунок 1 – Иллюстрация устойчивого неравновесного процесса

Таким образом, множество устойчивых физических структур включает в себя обширный класс неравновесных, хаотических процессов, обладающих чувствительностью к малым изменениям начальных условий движения и вытекающей из этого высокой порождающей способностью эволюционного многообразия.

Многообразие в биологических системах является достаточно очевидным свойством живой природы, значение которого закреплено конвенцией ООН [35]. Эволюционная необходимость этого многообразия заключается не только в обеспечении непрерывности трофических (пищевых) связей в биосистеме при возникновении условий, неблагоприятных для существования той или иной её части (видовой уровень), но и в поставке генетического материала для механизма естественного отбора, т.е. лежит в основе эволюции живого мира (генетический уровень) [36]. На уровне отдельных организмов многообразие приспособительных механизмов широко проявляется в форме специализации и разделения не только физиологически различных, но и одинаковых функций организма, реализуемых в разных условиях. В качестве примера можно привести результат эволюции зрения животных, в частности, приматов, приведший к формированию цветосприимчивых, но с низкой светочувствительностью зрительных рецепторов – колбочек, функционирующих в светлое время суток, и высокочувствительных рецепторов – палочек, не воспринимающих цвет и функционирующих при малых уровнях яркости (рисунок 2).

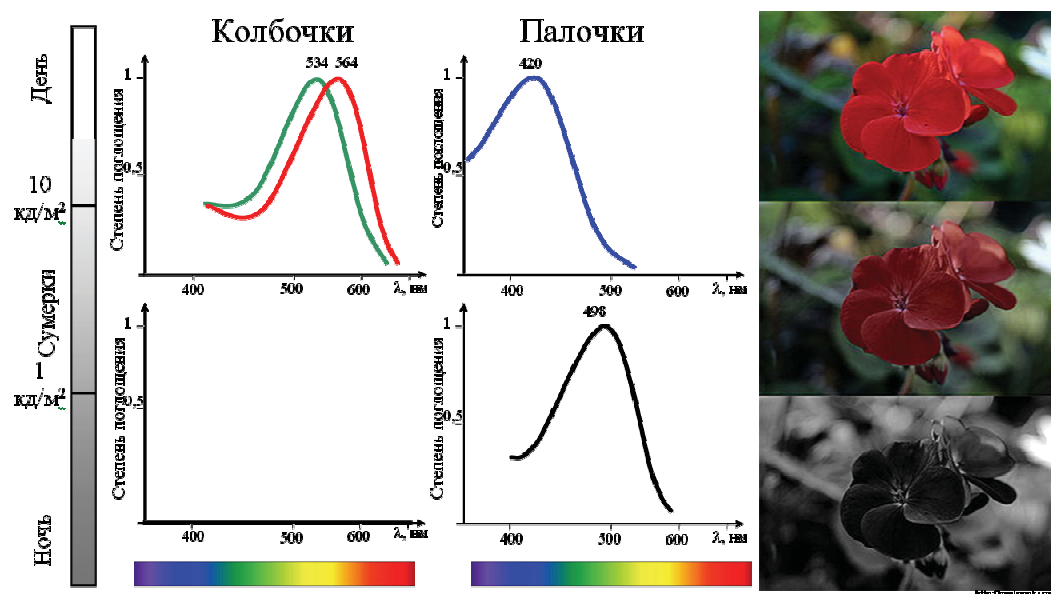


Рисунок 2 – Разделение функций дневного и сумеречного зрения

Ещё более поразительным примером многообразия и разделения функций является наличие у высших млекопитающих так называемых стволовых клеток, которые изначально не являются функционально ориентированными, но способны приобретать узкую функциональную специализацию в зависимости от текущих потребностей организма (рисунок 3).

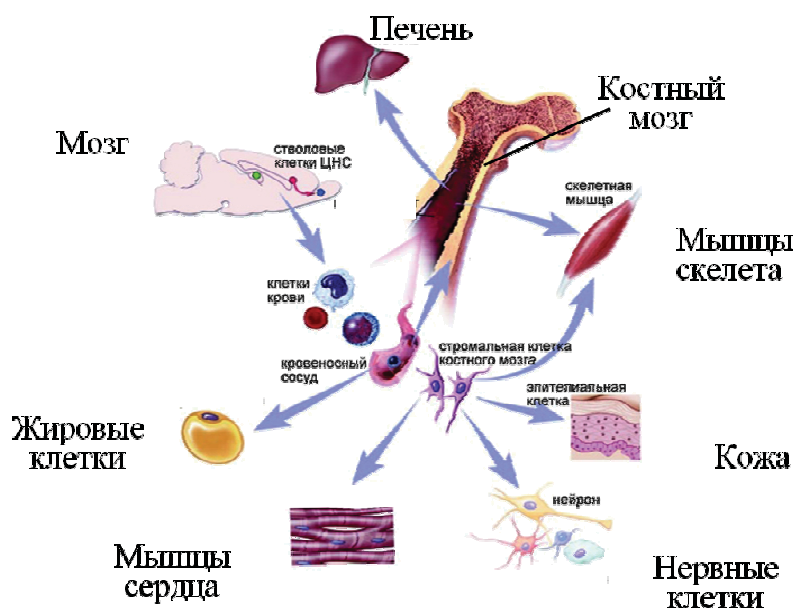


Рисунок 3 – Примеры специализации функций стволовых клеток

Таким образом, источником эволюции живой и неживой материи является многообразие её форм, порождающее качественно новые структуры. В том случае, если указанное многообразие обеспечивается в рамках одной физической или биологической системы, то такая система приобретает эволюционные преимущества: устойчивость существования и эффективное использование энергии внешней среды и внутренних ресурсов.

2 Принцип иерархии структур

Иерархия этапов эволюции неживых структур определяется диалектическим законом перехода количественных изменений в качественные и состоит в последовательном количественном усложнении своих форм: элементарные частицы – атомы – химические элементы – тела – звёздные системы – галактики, а также видов их взаимодействия, сопровождаемом скачкообразными качественными изменениями в их свойствах.

Следует отметить, что отличия в свойствах различных уровней иерархии физических форм материи возникает не только вследствие различного состава их элементов, но и в результате изменения способов их организации: каждый уровень организации неживых форм возникает в силу качественно других отношений их составляющих (наиболее яркий пример – периодический закон химических элементов Д.И. Менделеева).

Известная иерархия живых структур: нуклеотид – ген – клетка – организм – популяция – экосистема – биосфера, - очевидно указывает на общность рассматриваемого эволюционного принципа [37]. На каждом уровне структуры биологическая система использует разные способы сохранения своего устойчивого существования:

- на низших уровнях – белковый и нуклеотидный полиморфизм (взаимозаменяемость функций различных белков и нуклеотидов);
- на уровне организмов – гомеостазис, образующий многоуровневую систему защиты, в которой переход к более высоким её уровням затрагивает всё большее число физиологических подсистем организма. На рисунке 4 дана схематическая иллюстрация функционирования такой системы, поддерживающей физиологически нормальный уровень сахара в крови человека;
- на уровне экосистем – разнообразие видов, родов семейств и т.д.

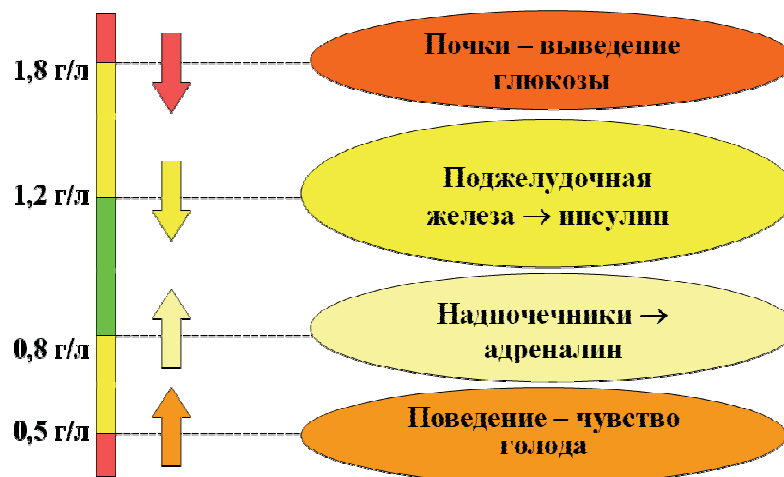


Рисунок 4 – Пример многоуровневого регулирования содержания сахара в крови человека (нормальное содержание 0,8—1,2 г/л)

Важно отметить, что переход с одного уровня организации или функционирования системы на другой уровень носит дискретный, ступенчатый характер, причина которого раскрывается далее в разделе 3.

Многоуровневость материальных систем, обеспечивая устойчивость процессов (в том числе неравновесных) в неживых структурах, так же, как и гомеостазис в живых организмах, является не только результатом эволюции, но и создаёт условия для накопления и реализации в этих системах эволюционных изменений на каждом уровне.

3 Принцип дискретности

Достижения квантовой теории определили дискретность энергетических параметров элементарных частиц неживой материи и их взаимных состояний – системных конфигураций, или структур [38]. В качестве иллюстрации такой дискретности на макроскопическом уровне на рисунке 5 показаны два состояния плёночной структуры, опорные узлы которой заданы, а дополнительные узлы образуются в зависимости от начальных условий образования плёнки [39].

Обе структуры а) и б) на рисунке 5 являются энергетически локально устойчивыми. В рассматриваемой системе существует несколько вполне определённых устойчивых состояний, т.е. их множество дискретно. Очевидно, что если каждое такое устойчивое состояние охарактеризовать некоторым показателем – критерием качества, то в формальном плане на указанном множестве состояний может быть поставлена задача поиска глобального экстремума.

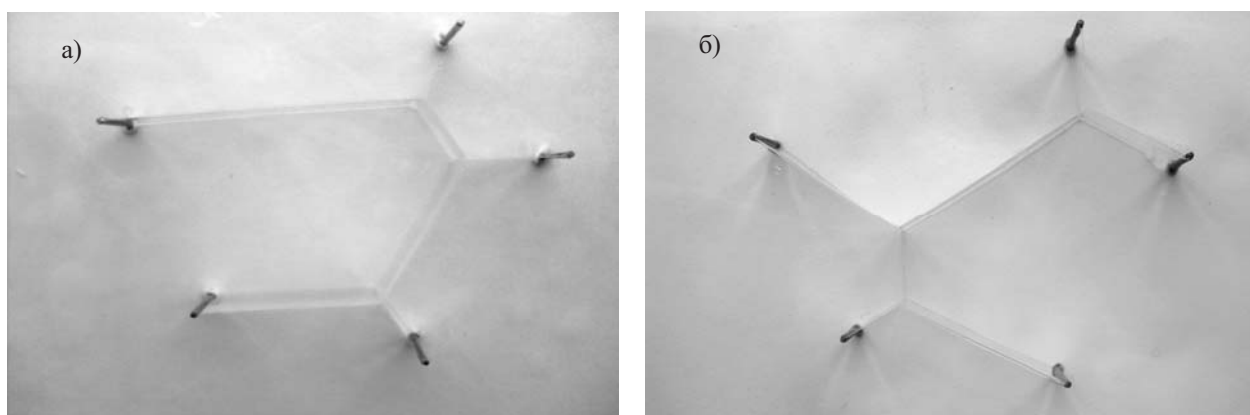


Рисунок 5 – Дискретные состояния плёночной структуры в локальных энергетических минимумах

В биологических структурах дискретность строения определяется, в частности, существованием всего 20-ти основных аминокислот, комбинации которых при средней длине их последовательности в 100 аминокислот определяется числом размещений с повторениями и составляет 20^{100} вариантов, что с избытком обеспечивает всё разнообразие известных видов белков (примерно 20^4).

Дискретность генетических структур обеспечивает элементарным носителям наследственности высокую устойчивость, так как переход из одного дискретного состояния в другое требует преодоления некоторого энергетического порога. Р. Докинз в своей работе [40] подчёркивает, что эволюционная «бессмертность» гена необходимо определяется дискретностью его форм, и что естественный отбор возможен только на дискретном множестве конкурирующих вариантов.

Для иерархически сложных структур наблюдается дискретность поведенческих реакций: в частности, Г. Хакен приводит популярный пример конечного дискретного набора устойчивых естественных аллюров у лошади: шаг, рысь, иноходь, галоп [7].

Обобщая эволюционную роль дискретности форм материи, Э.М. Галимов указывает [41], что «наиболее экономный способ производства низко-энтропийного продукта состоит в комбинировании уже имеющихся низкоэнтропийных структур; эволюция в нашем понимании должна происходить не только и даже не столько путем малых изменений, сколько скачками, обусловленными новыми сочетаниями старых структур».

Отсюда следует, что дискретность живых и неживых структур обеспечивает рассмотренное выше многообразие вариантов форм и является неотъемлемым условием эволюции.

4 Реализация принципов многоальтернативности в антропогенных системах

Сформулированные выше эволюционные принципы многоальтернативного построения естественных физических и биологических структур обеспечивают возникновение в этих структурах основного эволюционного свойства – способности устойчивого существования в условиях открытого взаимодействия с непрерывно изменяющейся внешней средой. Осознанное воспроизведение указанных принципов в искусственных системах позволяет реализовать в них элементы адаптивного, приспособительного поведения, характерного для ультрастабильных структур, обладающих высокой живучестью.

В работе [42] приводится пример построения системы электроснабжения космической станции, состав которой представлен на рисунке 6а и включает в себя три уровня подсистем:

- подсистему солнечных батарей;
- подсистему источника высокого напряжения, находящегося на внешнем по отношению к космической станции аппарате;
- подсистему электрохимических аккумуляторных батарей (АБ), накапливающих энергию при её избытке в системе и отдающей – при недостатке.

Способ взаимодействия этих подсистем образует иерархическую структуру, в которой передача функций электроснабжения каждому последующему уровню происходит только при полностью исчерпанных энергетических ресурсах предшествующего уровня (рисунок 6).

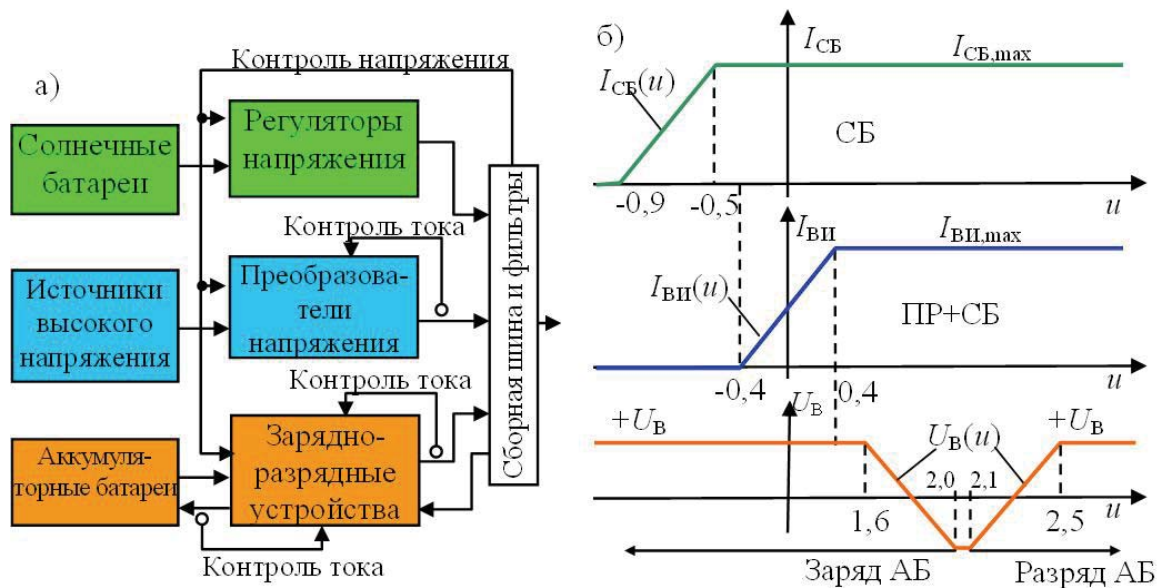


Рисунок 6 – Иллюстрация принципов многоальтернативности в структуре и режимах работы системы электроснабжения космической станции

На рисунке 6б показано, что при выходе управляющего сигнала u за зону регулирования $[-0,9; -0,5]$ подсистема солнечных батарей отдаёт в нагрузку свой полный ток $I_{СБ, \max}$, и в работу вступает подсистема внешнего источника (диапазон регулирования $[-0,4; 0,4]$). При полностью загруженных солнечной батарее и внешнем источнике ($I_{СБ} = I_{СБ, \max}$ и $I_{ВИ} = I_{ВИ, \max}$) начинается отбор энергии от аккумуляторных батарей. Аналогичная передача управления осуществляется в пределах каждой подсистемы, которые содержат большое число идентичных модулей. Модульность и иерархичность строения исключают возможность каскадного (технологически связанного) нарастания отказов в системе, так как при любом токе нагрузки осуществляется активное регулирование не всей отдаваемой потребителям мощности, а только той её части, которая соответствует одному модулю той или иной подсистемы. Все

остальные модули находятся в нерегулируемом режиме – часть из них отдают полный ток, а неиспользуемая часть отключена. В результате достигается «неусложняемая простота» системы [41], появляется возможность унификации контуров управления и блочного построения подсистем из взаимозаменяемых блоков, что в совокупности обеспечивает надёжное функционирование системы электроснабжения в широком диапазоне изменения её параметров, нагрузок и при отказах отдельных блоков.

Эволюционные принципы функционирования ультрастабильных биофизических структур, сохраняющих своё в некотором смысле экстремальное состояние, успешно применяются также в информационных системах для поиска оптимальных решений в сложных NP-полных задачах высокой размерности (рисунок 7).



Рисунок 7 – Алгоритмы управления и принятия решений, построенные на биофизических принципах

Из перечисленных на рисунке 7 примеров отметим обширный класс хорошо разработанных генетических алгоритмов [11], использующих, в частности, не только механизмы расщепления родительских признаков, но и матричную репликацию изначально известного набора модулей, многообразие которых с помощью самоинструирования мутаций (прообраза эволюционной памяти) порождает множество альтернативных вариантов решений [31, 43, 44]. На рисунке 8 показан результат применения такого алгоритма для решения задачи Штейнера с размерностями $n = 100$ и $n = 75$.

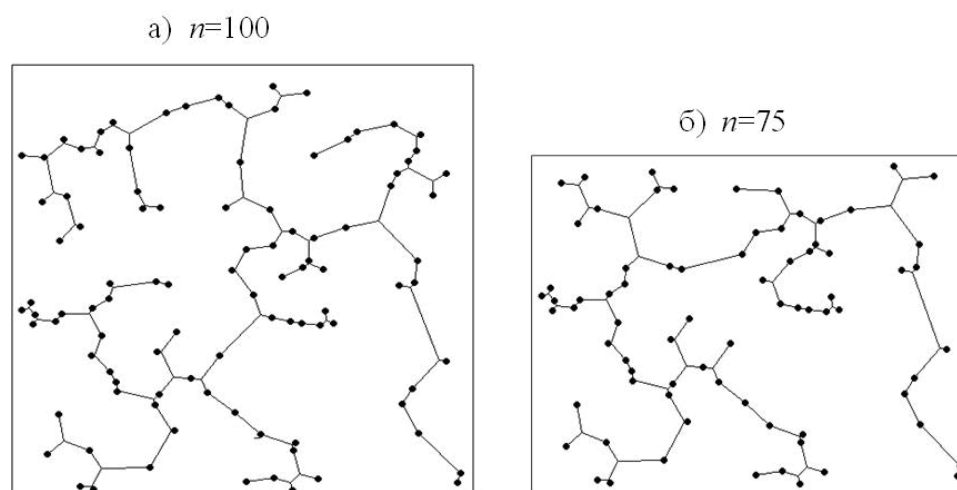


Рисунок 8 – Примеры кратчайших сетей Штейнера, построенных генетическим алгоритмом с эволюционной памятью

Исходные опорные узлы сети Штейнера на рисунке 8б совпадают с соответствующим фрагментом на рисунке 8а, однако топологии этих фрагментов сетей на рисунках 8а и 8б отличаются в силу системного влияния различного общего числа n опорных узлов.

Заключение

Единство законов эволюции живых и неживых систем может быть установлено на основе объединяющей концепции многоальтернативности, постулирующей принципы многообразия, дискретности и иерархии структур.

Принцип многообразия отражает исходную онтологическую предпосылку о возможности возникновения и стабилизации новых – эволюционных – изменений в природе только на основе множественных вариаций имеющихся структур. В информационном плане этот тезис близок к известному кибернетическому принципу необходимого разнообразия У. Эшби: “Variety can destroy variety”.

Дискретность строения и состояний живых и неживых структур является необходимым условием комбинаторного многообразия физических и биологических форм существования материи, определяя характер протекания эволюционных процессов в виде скачкообразных, качественных переходов.

Иерархическое, многоуровневое строение сложных природных систем обеспечивает возникновение в этих системах феноменологического свойства «неусложняемой простоты», выражающегося в их гомеостатизе и ультрастабильности, которые возрастают с увеличением разнообразия входящих в системы подсистем.

Конструктивное содержание этих принципов заключается в их целенаправленном использовании при проектировании высоконадёжных систем критического назначения и построении интеллектуальных систем принятия решений.

Эволюционная общность концепции многоальтернативности открывает перспективы её практического применения для прикладного анализа и управления сложными развивающимися системами как естественного, так и антропогенного происхождения.

Список источников

- [1] *Шрёдингер, Э.* Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки / Э. Шрёдингер. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 92 с.
- [2] *Пригожин, И.* Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: URSS, 2008. – 296 с.
- [3] *Васильев, А.Н.* Эволюция Вселенной / А.Н. Васильев. // Современное естествознание: Энциклопедия. Т. 4. Физика элементарных частиц. Астрофизика. – М.: Магистр-Пресс, 2000. – С. 261-266.
- [4] *Боргест, Н.М.* Научный базис онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2013. – №1(7). – С. 7-25.
- [5] *Смирнов, С.В.* Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2013. – №2(8). – С. 12-19.
- [6] *Князева, Е.Н.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 236 с.
- [7] *Хакен, Г.* Информация и самоорганизация / Г. Хакен. – М.: URSS, 2014. – 320 с.
- [8] *Виттих, В.А.* Прологомены к эвергетике / В.А. Виттих // Онтология проектирования. – 2015. – Т. 5, №2(16). – С. 135-148.
- [9] *Арпентьева, М.Р.* Эвергетика и онтологии управления / М.Р. Арпентьева // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №1(19). – С. 106-124.
- [10] *Виттих, В.А.* Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки / В.А. Виттих // Онтология проектирования. – 2012. – №2(4). – С. 7-15.
- [11] *Курейчик, В.В.* Анализ и обзор моделей эволюции / В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, П.В. Сороколетов // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007. – №5. – С. 114-126.

- [12] **Мальшев, В.В.** Метод принятия решений в условиях многообразия способов учёта неопределённости / В.В. Мальшев, Б.С. Пиявский, С.А. Пиявский // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – №1. – С. 46-61.
- [13] **Виттих, В.А.** Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева, П.О. Скобелев // Онтология проектирования. – 2013. – №2(8). – С. 20-25.
- [14] **Турчин, В.Ф.** Феномен науки. Кибернетический подход к эволюции / В.Ф. Турчин. – М.: ЭТС, 2000. – 368 с.
- [15] **Ратнер, В.А.** Блочно-модульный принцип организации и эволюции молекулярно-генетических систем управления / В.А. Ратнер // Генетика. – 1992. – №2. – С. 5–23.
- [16] **Эйген, М.** Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул / М. Эйген. – М.: Мир, 1973. – 224 с.
- [17] **Нейман, Дж.** Теория самовоспроизводящихся автоматов / Дж. фон Нейман. – М.: URSS, 2010. – 384 с.
- [18] **Langton, C.G.** Self-reproduction in cellular automata / C.G. Langton // Physica 10D. – 1984. – V.10. – P.135-144.
- [19] **Codd, E.F.** Cellular Automata / E.F. Codd. – N.Y.: Academic Press, 1968. – 122 p.
- [20] **Chaitin, G.J.** Information-Theoretic Computational Complexity / G.J. Chaitin // IEEE Transactions on Information Theory IT-20. – 1974. – P. 10-15.
- [21] **Гуревич, И.М.** Законы информатики – основа строения и познания сложных систем / И.М. Гуревич. – М.: Торус Пресс, 2007. – 400 с.
- [22] **Behe, M.J.** Darwin's Black Box / M.J. Behe // The Biochemical Challenge to Evolution. – N.Y.: Simon & Shuster, 1998. – 307 p.
- [23] **Крылов, С.М.** Метаматематические основы науки будущего / С.М. Крылов. – Самара: Самарский государственный технический ун-т, 2014. – 247 с.
- [24] **Крылов, С.М.** Перспективы метаматематических структур в науке / С.М. Крылов // Вестник Самарского государственного технического ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. – 2013. – №2(31). – С. 101–110.
- [25] **Крылов, С.М.** Онтология метанауки. Аксиомы, технологии, алгоритмы, эволюция / С.М. Крылов. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ., 2012. – 408 с.
- [26] **Крылов, С.М.** Математические основы онтологии проектирования бинарных систем обработки информации / С.М. Крылов // Онтология проектирования. – 2016. – Т.6, №1(19). – С. 29-38.
- [27] **Крылов, С.М.** Онтология проектирования гетерогенных электронных систем / С.М. Крылов, Е.Н. Гребенщиков // Онтология проектирования. – 2012. – №1(3). – С. 65–72.
- [28] **Подвальный, С.Л.** Многоальтернативные системы: обзор и классификация / С.Л. Подвальный // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – Т.48, №2. – С. 4-13.
- [29] **Подвальный, С.Л.** Многоальтернативные системы с переменной структурой автоматического управления процессами непрерывной полимеризации / С.Л. Подвальный // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 46, №4.1. – С. 175-178.
- [30] **Podvalny, S.L.** Evolutionary principles for construction of intellectual systems of multi-alternative control / S.L. Podvalny, E.M. Vasiljev // Automation and Remote Control. – 2015. – Vol. 76, No. 2. – P. 311-317.
- [31] **Podvalny, S.L.** A Multi-Alternative Approach to Control in Open Systems: Origins, Current State, and Future Prospects / S.L. Podvalny, E.M. Vasiljev // Automation and Remote Control. – 2015. – Vol. 76, No. 8. – P. 1471-1499.
- [32] **Алфёров, Ж.И.** Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики / Ж.И. Алфёров, В.М. Андреев, В.Д. Румянцев // Физика и техника полупроводников. – 2004. – Т. 38, вып. 8. – С. 937-948.
- [33] Физиология растений / Ред. И.П. Ермаков. – М.: Академия, 2007. – 640 с.
- [34] **Васильев, Е.М.** Хаотические движения в системах низкого порядка / Е.М. Васильев // Вестник Воронежского государственного технического ун-та. – 2012. – Т. 8, №6. – С. 104-108.
- [35] Convention on Biological Diversity / Treaty Series. New York: United Nations, 2001. – V. 1760. I. Nos. 30690. – P. 79-307.
- [36] **Тимофеев-Ресовский, Н.В.** Краткий очерк теории эволюции / Н.В. Тимофеев-Ресовский, Н.Н. Воронцов, А.В. Яблоков. – М.: Наука, 1977. – 303 с.
- [37] **Подвальный, С.Л.** Интеллектуальные системы многоальтернативного управления: принципы построения и пути реализации / С.Л. Подвальный, Е.М. Васильев // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014 (16-19 июня 2014 г., Москва, Россия). – М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 996-1007.
- [38] **Окунь, Л.Б.** Физика элементарных частиц / Л.Б. Окунь. – М.: URSS, 2013. – 218 с.
- [39] **Васильев, Е.М.** Исследование топологий сетей Штейнера на физических моделях тонких пленок / Е.М. Васильев, И.В. Крутских // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6, №12. – С. 125-129.
- [40] **Докинз, Р.** Эгоистичный ген / Р. Докинз. – М.: Изд. АСТ, 2013. – 512 с.
- [41] **Галимов, Э.М.** Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции / Э.М. Галимов. – М.: Едиториал УРСС, 2006. – 256 с.

- [42] **Тищенко, А.К.** Многоальтернативное управление критическими режимами системы электроснабжения космической станции / А.К. Тищенко, Е.М. Васильев, А.О. Тищенко // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. – Т. 11, №2. – С. 101-106.
- [43] **Podvalny, S.L.** Models of Multi-Alternative Control and Decision-Making in Complex System / S.L. Podvalny, E.M. Vasiljev, V.F. Barabanov // Automation and Remote Control. – 2014. – Vol. 75, No. 10. – P. 1886-1891.
- [44] **Васильев, Е.М.** Эволюционные алгоритмы с матричной репликацией / Е.М. Васильев, И.В. Крутских // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, №2. – С. 21–23.

THE CONCEPT OF MULTI-ALTERNATIVE IN THE ANIMATE AND INANIMATE STRUCTURES

S.L. Podvalny¹, E.M. Vasiljev²

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
¹spodvalny@yandex.ru, ²vgtu-aits@yandex.ru

Abstract

The paper concentrates on some mechanisms of evolution that forms the constructive-oriented approach to the existence and development process of both wildlife and inanimate nature. This approach, also known as multi-alternative concept, is taken as a basis for the discussion of some interrelated and complementary principles of the diversity, discreteness and hierarchy in evolutionary processes and structures. First of all, it is demonstrated, that the possibility of evolution depends mainly on the heterogeneity of matter forms that implicates the diversity of its acquired characteristics. It can also be shown that the specified diversity is essentially enabled with discreteness of elements, which constitutes the combinatorial manifold of patterns and modes in physical and biological systems. Special attention is given to the issue of correlation between process hierarchy and structures, on one side, and its stability and homeostasis on the other. Finally, there are some examples provided to demonstrate the application of the considered principles in solving different technological problems, such as development of high-reliable power systems for space stations or designing evolutionary algorithms for decision-making systems. It is shown that the evolutionary concept of community multi-alternative opens prospects for its practical appliance to application analysis and control of complex systems, both of natural and anthropogenic origin.

Key words: open systems, evolution in the animate and inanimate nature, concept multi-alternative.

Citation: Podvalny SL, Vasiljev EM. The concept of multi-alternative in the animate and inanimate structures [in Russian]. *Ontology of designing*. 2016; v.6, 3(21): 355-367. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-355-367.

References

- [1] *Schrödinger E.* What is Life? The physical aspect of the living cell [in Russian]. – Moscow-Izhevsk: NIC Regular and Chaotic Dynamics; 2002.
- [2] *Prigogine I, Stengers I.* Order out of chaos [in Russian]. – Moscow: URSS; 2008.
- [3] *Vasilyev AN.* Evolution of the Universe [in Russian]. Modern science: Encyclopedia. V. 4. Elementary Particle Physics. Astrophysics. – Moscow: Magistr-Press; 2000.
- [4] *Borgest NM.* The scientific basis of ontology of designing [in Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 1(7): 7-25.
- [5] *Smirnov SV.* Ontologies as a semantic model [in Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 2(8): 12-19.
- [6] *Knjazeva EN, Kurdjumov SP.* The laws of evolution and self-organization of complex systems [in Russian]. – Moscow: Nauka; 1994.
- [7] *Haken H.* Information and self-organization [in Russian]. – Moscow: URSS; 2014.
- [8] *Vittikh VA.* Prolegomena to evergetics [in Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(2): 135-148.
- [9] *Arpentieva MR.* Evergetic and ontologies of management [in Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(1): 106-124.
- [10] *Vittikh VA.* Situational management from the perspective of postnonclassical science [in Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 2(4): 7-15.
- [11] *Kureichik VV, Kureichik VM, Sorokoletov PV.* Analysis and a survey of evolutionary models. *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2007; 46(5): 779-791.

- [12] *Malyshev VV, Piyavsky BS, Piyavsky SA.* A decision making method under conditions of diversity of means of reducing uncertainty. *Journal of Computer and Systems Sciences International* 2010; 49(1): 44-58.
- [13] *Vittikh VA, Moiseeva TV, Skobelev PO.* A decision on the basis of consensus with the use of multi-agent technologies [in Russian]. *Ontology of designing.* 2013; 2(8): 20-25.
- [14] *Turchin VF.* The phenomenon of science. The cybernetic approach to evolution [in Russian]. – Moscow: ETS; 2000.
- [15] *Ratner VA.* Block-modular principle of organization and evolution of the molecular genetic control systems [in Russian]. *Genetics.* 1992; 2: 5-23.
- [16] *Eigen M.* The self-organization of matter and the evolution of biological macromolecules [in Russian]. – Moscow: Mir; 1973.
- [17] *Neumann J.* The theory of self-reproducing automata [in Russian]. – Moscow: URSS; 2010.
- [18] *Langton CG.* Self-reproduction in cellular automata. *Physica 10D* 1984; 10: 134-144.
- [19] *Codd EF.* Cellular Automata. – N.Y.: Academic Press; 1968.
- [20] *Chaitin GJ.* Information-Theoretic Computational Complexity. *IEEE Transactions on Information Theory* IT-20. 1974. – P. 10-15.
- [21] *Gurevich IM.* Informatics laws – the basis of the structure and knowledge of complex systems [in Russian]. – Moscow: Torus Press; 2007.
- [22] *Behe MJ.* Darwin's Black Box. The Biochemical Challenge to Evolution. – N.Y.: Simon & Shuster; 1998.
- [23] *Krylov SM.* Metamathematical foundations of the science of the future [in Russian]. – Samara: Samara State Technical University; 2014.
- [24] *Krylov SM.* Prospects of metamathematical structures in science [in Russian]. *Bulletin of Samara State Technical University* 2013; 2: 101-110.
- [25] *Krylov SM.* Ontology of Meta-Science. Axioms, Technologies, Algorithms, Evolution [in Russian]. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ.; 2012.
- [26] *Krylov SM.* Mathematical foundation of binary system ontology for data processing [in Russian]. *Ontology of designing.* 2016; 6(1): 29-38.
- [27] *Krylov SM, Grebenshikov EN.* Ontology of heterogenous electronics systems design [in Russian]. *Ontology of designing.* 2012; 1: 65–72.
- [28] *Podvalny SL.* Multi-alternative system: A review and classification [in Russian]. *Control systems and information technologies.* 2012; 48(2): 4-13.
- [29] *Podvalny SL.* Multiple-variable structure system with automatic process control continuous polymerization [in Russian]. *Control systems and information technologies.* 2011; 46(4.1): 175-178.
- [30] *Podvalny SL, Vasiljev EM.* Evolutionary principles for construction of intellectual systems of multi-alternative control. *Automation and Remote Control.* 2015; 76(2): 311-317.
- [31] *Podvalny SL, Vasiljev EM.* A Multi-Alternative Approach to Control in Open Systems: Origins, Current State, and Future Prospects. *Automation and Remote Control.* 2015; 76(8): 1471-1499.
- [32] *Alfjorov ZhI, Andreev VM, Rumjancev VD.* Trends and prospects for the development of solar photovoltaic [in Russian]. *Semiconductor Physics and Technology.* 2004; 38(8): 937-948.
- [33] *Plant Physiology* [in Russian]. Red. Ermakov IP. – Moscow: Akademija; 2007.
- [34] *Vasiljev EM.* Chaotic motion in the low-order [in Russian]. *Bulletin of Voronezh State Technical University.* 2012; 8(6): 104-108.
- [35] *Convention on Biological Diversity.* Treaty Series. N.Y.: United Nations, 2001; 1760(I. Nos. 30690): 79-307.
- [36] *Timofeev-Resovskij NV, Voroncov NN, Jablokov AV.* A brief outline of the theory of evolution [in Russian]. – Moscow: Nauka; 1977.
- [37] *Podvalny SL, Vasiljev EM.* Intelligent multialternative control: principles and ways to implement [in Russian]. *Proc. XII All-Russian conference on Control (16-19 June 2014, Moscow, Russia).* - Moscow: Institute of Control Sciences of a name V.A. Trapeznikov RAS, 2014. – P. 996-1007.
- [38] *Okun' LB.* Physics of Elementary Particles [in Russian]. – Moscow: URSS; 2013.
- [39] *Vasiljev EM, Krutskih IV.* Research topologies Steiner networks on physical models of thin films [in Russian]. *Bulletin of Voronezh State Technical University.* 2010; 6(12): 125-129.
- [40] *Dawkins R.* The Selfish Gene [in Russian]. – Moscow: AST; 2013.
- [41] *Galimov JeM.* The phenomenon of life: between equilibrium and non-linearity. Origin and evolution of the principles [in Russian]. – Moscow: Editorial URSS; 2006.
- [42] *Tishhenko AK, Vasiljev EM, Tishhenko AO.* Multialternative critical control mode power supply system space station [in Russian]. *Bulletin of Voronezh State Technical University.* 2015; 11(2): 101-106.
- [43] *Podvalny SL, Vasiljev EM, Barabanov VF.* Models of Multi-Alternative Control and Decision-Making in Complex System. *Automation and Remote Control.* 2014; 75(10): 1886-1891.

[44] *Vasiljev EM, Krutskikh IV*. Evolutionary algorithms with matrix replication [in Russian]. Bulletin of Voronezh State Technical University. 2011; 7(2): 21-23.

Сведения об авторах



Подвальный Семён Леонидович, 1938 г. рождения. Окончил Одесский политехнический институт (химико-технологический факультет) в 1961 г., к.т.н. (1968), д.т.н. (1982), проф. (1985). Заведующий кафедрой Воронежского государственного технического университета. Заслуженный деятель науки Российской Федерации. Главный редактор журнала «Системы управления и информационные технологии» и член редколлегий нескольких других журналов. Автор свыше 500 научных работ в области математического моделирования динамических объектов и систем нефтехимического производства, алгоритмизации управления технологическими процессами и создания специализированных вычислительных систем.

Podvalny Semen Leonidovich (b. 1938), graduated from the Odessa polytechnic university, faculty of chemical technology in 1961. PhD (1968), D.Sc.Eng. (1982), professor (1985). Head of department of Voronezh state technical university. Merited Scientist of the Russian Federation. Chief Editor of “Control Systems and Information Technologies” journal. He is author of more than 500 publications in the field of mathematical modeling of dynamic objects and systems.



Васильев Евгений Михайлович, 1949 г. рождения. Окончил Воронежский политехнический институт в 1971 г., к.т.н. (1983). Доцент Воронежского государственного технического университета. В списке научных трудов более 300 публикаций в области математического моделирования и управления динамическими объектами.

Vasiljev Eugene Mikhailovich, (b. 1949), graduated from the Voronezh polytechnic institute in 1971, PhD (1983). Associate Professor of Voronezh state technical university. He is co-author of more than 300 publications in the field of mathematical modeling of dynamic objects.