

## Объединение идей

### эволюционного, иерархического и фрактального строения Природы

А.Захаров

#### **Основная гипотеза: Фрактальность природы – внешнее проявление конкуренции эволюционирующих природных систем на уровнях иерархии**

**Эволюция** - основное условие, которому должны отныне подчиняться и удовлетворять **все теории, гипотезы, системы**, если они хотят быть разумными и истинными.<sup>1</sup>

Пьер Тейяр де Шарден

#### **Причины и цели исследования**

Э.Шредингер об общих проблемах науки в середине XX века: «...Мы ясно чувствуем, что только теперь начинаем приобретать надежный материал для того, чтобы **объединить в одно целое все, что нам известно.**

Для постижения истины остался один путь – путь превращения огромного количества информации, неоправданно перегруженной деталями (к тому же они, противореча друг другу, зачастую затемняли суть дела), в **небольшое число законов**, концепций или идей».<sup>2</sup>

Почти каждый успешный перенос принципов одной науки в другую сопровождается крупным рывком вперед. Но для такого переноса необходимо **уложить наборы фактов, данных, в краткие, емкие законы, притом не из одной области знаний**, перевести эти законы в технические и прикладные достижения.<sup>3</sup>

#### **1. Эволюция любой системы может быть описана Универсальной схемой эволюции**

Термин «эволюционизм» чаще всего используется тогда, когда речь идет об объектах биологической природы. Реже о процессах, протекающих в социальной сфере. Но

---

<sup>1</sup> <http://www.iephb.ru/labs/lab38/avtoref.htm>, Цит. по Левченко В.Ф. Модели в теории биологической эволюции. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Санкт-Петербург, 1998.

<sup>2</sup> Молчан О. Мы не знаем, в каком мире живем. ТМ, 9/98, с. 18-21

<sup>3</sup> <http://www.techno.ru/vivovoco/VV/PAPERS/MEN/EPHRO.HTM>, Эфроимсон В.П. Предпосылки гениальности. «Человек», 2-6/97 и 1/98, 2-6/97 и 1/98.

**общность процессов, имеющих место быть в живом и неживом мире**, дает основания для более широкого толкования этого термина.<sup>4</sup>

Универсальная схема эволюции (УСЭ) систем различной природы дает возможность единообразно подходить к решению задач из разных областей, переносить сильные решения из одной области в другую, прогнозировать развитие систем. Основные выводы из УСЭ:

- **Общность целей совершенствования систем** – самосохранение, повышение устойчивости, выживание
- **Общность оценки совершенства систем** – идеальность, эффективность, продуктивность
- **Общность законов совершенствования**, которые можно представить в виде цепочки: выявление проблемы в системе → оценка возможностей существующей системы устранить проблему → создание новой или изменение существующей системы для устранения проблемы

В Природе идет непрерывная борьба на выживание. Одновременно имеет место и адаптация, совершенствование старых форм. В этом и состоит содержание «мирового рыночного процесса», рождающееся многообразие которого – **залог его стабильности** как единой **системы**. И естественный отбор, как его понимают биологи, - всего лишь одна из реализаций этого **РЫНКА**. И **никакого другого механизма развития Природа не создала**.<sup>5</sup>

Становление **Разума не меняет** этого **механизма РЫНКА**, который правит всем процессом развития: разум дает лишь новые возможности тем или иным организационным структурам действовать более эффективно, поскольку он дает определенные горизонты предвидения. Другими словами, включение Разума в механизмы «рыночного отбора» переносит их деятельность на более совершенный уровень, способный «учесть будущее». **Других механизмов отбора Природа и не знает**.<sup>6</sup>

### 1.1. УСЭ для неживой Природы

Немецкий физик, нобелевский лауреат Манфред Эйген, автор работы «Самоорганизация материи в процессе химической эволюции» (1979), перенес **принцип дарвиновского естественного отбора на процесс зарождения макромолекул** (переход от мономеров к полимерам) и ввел понятие **конкуренции гиперциклов**, подразумевая под ними совокупность химических реакций, приводящих к образованию, например, белков.

По мысли Эйгена конкурируют именно более или менее **эффективные совокупности** реакций, приводящие к синтезу макромолекул.<sup>7</sup>

### 1.2. УСЭ для Общества

...процесс развития человека и человечества продолжается – антропогенез входит в новую стадию. Теперь развитие происходит не столько в индивидуальной, сколько в

---

<sup>4</sup> Моисеев Н.Н. Расставание с простотой. М., «Аграф», 1998, с. 63

<sup>5</sup> Там же, с. 146

<sup>6</sup> Там же, с. 188

<sup>7</sup> Молчан О. Мы не знаем, в каком мире живем. ТМ, 9/98, с. 18-21

общественной сфере – на надорганизменном уровне, формируются и развиваются новые общественные структуры, рождаются и **новые формы** взаимодействия людей – новые формы общественной организации. И теперь они **начинают подвергаться отбору**.<sup>8</sup>

### 1.3. УСЭ для Производства

Уильям Фредерик, профессор Питтсбургского университета, преподаватель курса «Управление бизнесом», показал в своей, во многом поворотной работе 1995 г., что бизнес может быть сведен к первоосновам, т.е. к жизни. А все живое **стремится экономить, получать больше при меньших затратах. Этот процесс экономии – единственный путь к выживанию, к росту, развитию и расцвету...**

### 1.4. УСЭ для Техники

- Проследим вековую эволюцию техники. Начало ее теряется во тьме времен...

Вначале каждое нововведение встречает усиленные препятствия, как в своей неприспособленности, так и в недоверии публики; но реклама преувеличивает его значение, предсказывая ему жизнь, а старому смерть. Потом практика отводит каждому свое место. И вот почему во всякое данное время мы видим массу конкурирующих между собой технических произведений...

Все вышеописанные явления в такой мере навязывают **аналогию между эволюцией технического изобретения и эволюцией живого мира...**

Вот точная формула современного Дарвинизма... **Заменяя везде слово «организм» словом «изобретение», мы ее (формулу) целиком переносим на эволюцию техники, которую, с этой точки зрения, можно было бы назвать «техническим дарвинизмом».**

Если в будущем можно ожидать пользы для психологии творчества, если она обратится к изучению технического творчества, то, кто знает, **параллельное изучение явлений технической эволюции, не откроет ли новых сторон и в эволюции природы?..**<sup>9</sup>

- Терагерцевый ( $10^{12}$ Гц) компьютер «Терамак» использован для исследования дефектоустойчивости компьютеров. Сотни тысяч **дефектных компонентов, каждый** из которых **фатален для обычных ЭВМ**, можно преодолеть **самоперестройкой архитектуры машины**, без привлечения инструкции-алгоритма.<sup>10</sup>
- **Поставщики миникомпьютеров ведут битву за место в вашем кармане или деловой папке.**

Сегодня сосуществуют 3 платформы (схемных и конструктивных разновидности) и более двенадцати производителей, сосредоточенных на том, чтобы **сделать компьютер как можно более миниатюрным, гибким в применении и всегда готовым отправиться в путешествие.**<sup>11</sup>

<sup>8</sup> Моисеев Н.Н. Расставание с простотой. М., «Аграф», 1998, с. 176

<sup>9</sup> Энгельмейер, П.К. Технический итог XIX века. Москва, 1898. Глава XI. Техническое творчество и эволюция.

<sup>10</sup> Лебедев О. Новости науки. ИР, 3/99, с. 25 (Science, № 5370, 1998, p. 1716)

<sup>11</sup> Chen, Elaine. Survival of the Smallest. Mobile Computing & Communications. May 2000, p. 56

- Представлена теория с главной идеей: сложная система состоит из элементов, которые взаимодействуют друг с другом через меняющуюся топологическую структуру. Сами **элементы могут создаваться, разрушаться и эволюционировать по биологическому типу.**<sup>12</sup>
- **Применение искусственной эволюции к синтезу аналогового активного фильтра.** Главная цель исследования – создание нового класса систем, имеющих преимущества – более низкое потребление энергии, меньшая занимаемая площадь, большее быстродействие и повышенная устойчивость к шуму, - по сравнению с существующими устройствами. В качестве инструмента эволюции были использованы генетические алгоритмы.<sup>13</sup>
- В процессе эволюции конструкции нет ни моделирования, ни анализа микросхемы! Полевой переключатель не запрограммирован на следование цепочке шагов-инструкций; он сконфигурирован и затем ему **предоставлена возможность в реальном времени вести себя в соответствии с физикой полупроводников.** Эволюция манипулирует физической средой.<sup>14</sup>
- В противоположность обычному «железу», где структура жестко фиксируется в процессе конструирования, **Эволюционирующий Хардвер создается для приспособления к требованиям задачи или к изменениям окружающей среды,** - через способность менять свою структуру – динамично и самостоятельно. Эта способность к адаптации, достигаемая применением эффективных поисковых алгоритмов, известных как генетические алгоритмы, имеет большой потенциал для применения в разработке промышленных инноваций.<sup>15</sup>
- Адриан Томпсон устраивает эволюцию и естественный отбор среди интегральных схем. «Нас интересует **создание при помощи эволюции маленьких схем, потребляющих мало энергии и, желательно, устойчивых к отказам.** Я хотел, чтобы в процессе эволюции могли возникать самые необычные структуры, в том числе и выходящие за рамки общепринятых конструкторских решений».

Очень удобны для таких экспериментов FPGA (Field Programmable Gate Array - электрически программируемые матрицы вентиляей). Эволюцию на FPGA организуют при помощи генетического алгоритма. Для этого создается некая «популяция» конструкций - схем соединения элементарных ячеек. Каждая «особь» поочередно испытывается на приспособленность к выполнению поставленной задачи; наименее приспособленные отсеиваются, наиболее приспособленные скрещиваются, мутируют и так далее, как это принято в генетических алгоритмах.<sup>16</sup>

<sup>12</sup> <http://computer.org/proceedings/eh/0256/0256066abs.htm>, Milne, G. A Model for Dynamic Adaptation in Reconfigurable Hardware Systems. Proceedings of The First NASA/DOD Workshop on Evolvable Hardware.

<sup>13</sup> Ibid., Zebulum, R. et al. Artificial Evolution of Active Filters: A Case Study.

<sup>14</sup> <http://www.cogs.susx.ac.uk/users/adrianth/er97/node2.html>, Thompson, A. Technology: Evolvable Hardware. May 1997.

<sup>15</sup> <http://www.etl.go.jp> Welcome to Evolvable Systems Lab.

<sup>16</sup> <http://www.computerra.ru/1999/11/24.html>, Левкович-Маслюк Л. Он пришел дать им волю. «Компьютерра», 11/24, 1999

## 2. Любая система может быть представлена в виде совокупности иерархических уровней

### 2.1. Причины возникновения иерархии

Возникновение и развитие иерархических структур неслучайно, т.к. это **единственный** путь увеличения эффективности, **надежности и устойчивости** в системах средней и большой сложности.<sup>17</sup>

### 2.2. Иерархия в Природе

Современная астрономия переживает новую эпоху великих открытий, которые превосходят сделанные в свое время Галилеем. Они приводят к радикальным изменениям в научной картине мира. Теория раздувающейся Вселенной, квантовая космология расширили границы мегамира, **наша Метагалактика выступает сейчас лишь одной из множества вселенных.**<sup>18</sup>

Американский космолог Ли Смолин **недавно** предложил теорию, научную, но абсолютно **неожиданную**: вселенные **множественны и размножаются** подобно живым существам; более точно, они так же подвержены изменчивости, и дочерняя вселенная может отличаться от материнской по ряду признаков. Подхватить или отсечь конкретные изменения – дело некоего космогонического **отбора**, чей результат **сродни «дарвиновскому»: избирательное уничтожение одних вселенных и преимущественное выживание других.**<sup>19</sup>

Представление о универсуме как обусловленном изначальной божественной целью – создать человека – встречает серьезные возражения (даже!) у теологов. Некоторые богословы вообще трактуют возникновение Вселенной как результат простой случайности, и считают возможным принять **точку зрения о существовании многих миров**, низвергая тем не только идею антропоцентризма, но и утверждения об особом статусе именно нашей Вселенной.<sup>20</sup>

### 2.3. Иерархия в Обществах

Многие авторы отмечают элементы сходства в биологическом развитии человека и в развитии человеческого общества. А.А.Малиновский писал: «Создавая известную иерархию связей, **общество по сложности и типу организации приближается к наиболее высокоразвитым организмам**» (Типы управляющих биологических систем. Проблемы кибернетики. М., Наука, 1960, Вып. 1).<sup>21</sup>

**Механизм повышения устойчивости сообщества животных - иерархия.** Явление иерархии распространено чрезвычайно широко и полезно для вида во многих отношениях.

---

<sup>17</sup> Саламатов Ю.П. Система ЗРТ. В сб. «Шанс на приключение», Петрозаводск, «Карелия», 1991, с. 48

<sup>18</sup> <http://mc.iph.ras.ru/ifran/index.htm> Астрономия и современная картина мира / РАН. Ин-т философии; Ред.: В.В. Казютинский. - М.: ИФРАН, 1996. – 247 с. - ISBN 5-201-01874-2.

<sup>19</sup> Smolin, Lee. The Life of the Cosmos. New York: Oxford University Press, 1997.

<sup>20</sup> Философия и методология науки. Под ред. В.И.Купцова. М., «Аспект Пресс», 1996, с. 97

<sup>21</sup> В кн. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. Уч. пособие. Диалектика прогрессивной линии развития как гуманный общечеловеческая философия XXI века. М., ВЛАДОС, 1994, с. 306

Полезность иерархии - уменьшает количество столкновений между «своими», что способствует повышению устойчивости сообщества.<sup>22</sup>

#### 2.4. Иерархия в Технике

В исследованиях отмечается, что возникновение и прогрессивное развитие любой эволюционирующей системы обеспечивается благодаря процессам ее интеграции и дифференциации — синтезогенеза и сегрегациогенеза. Синтезогенез представляет такое **объединение разрозненных элементов в систему**, в множество, которое открывает возможности решения задач, ранее не доступных ни одному из составивших систему элементов.

**В эволюции идет также процесс вычленения подсистем** - процесс дифференциации систем. Появляются подсистемы — «узкие специалисты», обладающие возможностью делать одно и только одно дело, но зато делать его с **самой высокой степенью эффективности**. В эволюции биологических, **технических** и социальных **систем** существует множество проявлений сегрегациогенеза как прогрессивного пути развития, обеспечивающего оптимальные возможности для системы решать типовые, ранее встречавшиеся задачи.<sup>23</sup>

#### Резюме к 1 и 2 частям:

- Системы – явления (объекты) Природы, занимают вполне определенное место в иерархии ее уровней.
- На каждом уровне между системами идет постоянное соревнование, цель которого - повышение устойчивости, выживание.
- Законы совершенствования систем диктуются системой ближайшего верхнего уровня (надсистемой).
- Повышение устойчивости систем любого уровня иерархии идет по законам, которые наиболее полно выявлены, объяснены и используются на уровне технических систем.
- На каждом уровне иерархии всегда какая-то система становится первой, лучшей среди аналогичных.
- Система ближайшего верхнего уровня (надсистема) выбирает систему-победителя для использования, т.е. характер отношения «надсистема - система-победитель» является своеобразным «рынком». Для товаров и услуг этот процесс является рынком в прямом смысле слова.
- Обобщение: законы совершенствования и рыночный характер отношений «надсистема – система-победитель» справедливы для **всех уровней иерархии**.
- Системы, строение и развитие которых на любом уровне иерархии описывается одними и теми же законами, называются фрактальными.

---

<sup>22</sup> Шафаревич И. Загадка индивидуальности. ТМ, 6/93, с. 41

<sup>23</sup> Левин Л. , «Энергия», 8/93

### 3. Все природные системы являются фрактальными

#### 3.1. О фрактальности систем природы

Фрактальные структуры, т.е. структуры, обладающие свойством инвариантности к изменению масштаба, лежат в основе огромного множества объектов и процессов в **природе, обществе и технике** - облаков и рек, горных хребтов и живых организмов, электрических разрядов и колебаний курса акций на бирже. Механизм формирования подобных структур чрезвычайно прост и универсален: многократное, в принципе неограниченное воспроизведение неких “шаблонных” форм во все более мелком масштабе с их постоянным наложением друг на друга.<sup>24</sup>

**Фрактальная граница** появляется, когда два абсолютно равноправных объекта осваивают одно и то же пространство.<sup>25</sup>

#### 3.2. Фрактальность на уровнях Природа – Общество – Производство – Техника

##### ПРИРОДА

Продемонстрированы механизмы эволюции и самоструктурирования на примере роста моллюсков и улиток на модели «**активатор – ингибитор**», т.е. на двух **антагонистических компонентах эволюции**. Активатор приводит к ускорению течения процессов, часто с нелинейной положительной обратной связью, а ингибитор - к замедлению быстрого роста. **Сложная игра** этих двух противоположно направленных факторов имеет место в каждой локальной области растущих формообразований и **приводит к удивительным узорам живого**.<sup>26</sup>

Like snowflakes, colonies of bacteria and amoebas growing in culture can create patterns of unexpected complexity -- dots, stripes, branches, curls and more. These oddly beautiful shapes reflect the organisms' strategies for surviving under changing conditions.

Подобно снежинкам, колонии бактерий и амёб, растущих в питательной среде, могут создавать образцы неожиданной сложности - точки, полосы, ветви, завитки и т.д. Эти странно красивые формы отражают **стратегии организмов для выживания в изменяющихся условиях**.

Eshel Ben-Jacob and Herbert Levine The Artistry of Microorganisms. Shaped to Survive. Scientific American, 10/98, p. 82



<sup>24</sup> Крутицкий Б. Нет равенства в мире чисел. ТМ, 1/97, с. 15. Ниже показано, что это положение нуждается в уточнении.

<sup>25</sup> Галиулин Р. От мавританских орнаментов к фракталам. НиЖ, 8/95, с. 59. Отмечено очень важное условие появления фрактальной границы – **процесс** освоения пространства. Мы этим не раз еще воспользуемся.

<sup>26</sup> <http://www.iph.ras.ru/~mifs/kn3.htm>, Князева Е. Сложные системы и нелинейная динамика в природе и обществе. Материалы 1 конференции Немецкого общества сложных систем. Октябрь 1997 г. ,

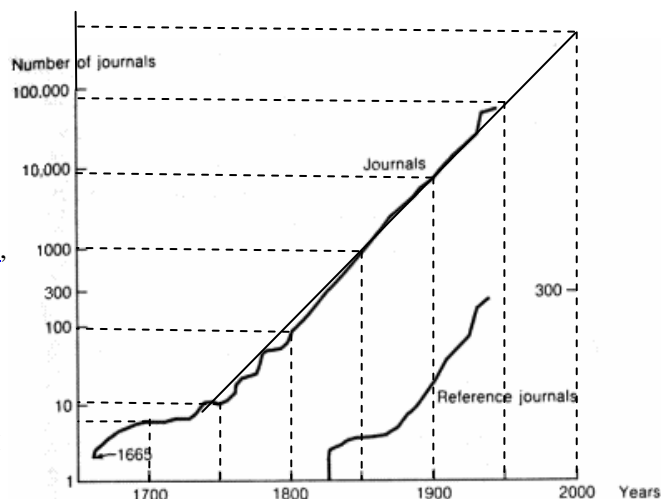
## НАУКА

Какова длина границы между знанием и незнанием, если ее измерять в “науках”, потом в “поднауках”, потом в “подподнауках” и т.д.? Появление различных наук, все более мелкое дробление наук – это проявление фрактальных свойств границы между знанием и незнанием. Вспомним, что **фрактальная граница появляется, когда два абсолютно равноправных<sup>27</sup> объекта осваивают одно и то же пространство.**

С середины XVII в. процесс появления наук (поднаук, подподнаук и т.д.) можно охарактеризовать количеством научных журналов. Их количество выросло от  $\approx 10$  (1700 г.) до 100 тыс. (1950 г.).

<http://pespmc1.vub.ac.be/POS/Turchap2.html#Heading1>, Turchin, V. "The Phenomenon of Science".

Независимо от области знания, **теории рождаются, конкурируют, выживая или умирая.** Процесс описывается Универсальной схемой эволюции, одними и теми же законами.



## ПРОИЗВОДСТВО, БИЗНЕС

Процессы соревнования между двумя предприятиями (фирмами) на рынке, выпускающими продукты одного рода и стремящимися достигнуть **максимально высокого качества при минимально возможной цене** на них, складываются в **стохастические изменения макроконфигураций**, показывающих преимущество определенной фирмы в данный исторический момент.<sup>28</sup>

Какова «длина» рынка, если ее измерять все более и более мелкими элементами? Длина этой своеобразной «береговой» линии фирмы будет переменной, если последовательно рассматривать продукцию по отдельным видам деятельности, например, металлургия, машиностроение, нефтехимия, электротехника и электроника, гостиничный бизнес<sup>29</sup>, потом по видам товаров, например, все автомобили, все металлы, потом – по маркам, например, автомобили легковые и грузовые, стали – углеродистые и легированные, и т.д. Т.е. такая структура будет фрактальной! **Фрактальная граница появляется, когда два абсолютно равноправных объекта осваивают одно и то же пространство.**<sup>30</sup>

<sup>27</sup> Накапливание знания происходит постепенно, силы знания и незнания равны. Но может произойти и прорыв, когда границы незнания буквально сметаются.

<sup>28</sup> <http://www.iph.ras.ru/~mifs/kn3.htm> Князева Е. Сложные системы и нелинейная динамика в природе и обществе. Материалы I конференции Немецкого общества сложных систем. Октябрь 1997 г.

<sup>29</sup> Группа HYUNDAI (Республика Корея) объединяет 12 больших компаний... [Сорокин А. Корейские автомобили. "НиЖ", 7/91, с. 27].

<sup>30</sup> Если противостоящие товары неравнозначны, то один просто «забывает» другой! Наступление на рынке с помощью breakthrough good, прорывного товара.



## ВОЕННОЕ ДЕЛО

**В военном деле линия фронта – фрактальная структура!** Если измерять длину линии противостояния, начиная с самого крупного масштаба (две воюющие страны) до самого мелкого (в пределе – между двумя бьющимися в рукопашную солдатами), то длина будет меняться! Длина этой линии «в фронтах» - до десятка единиц, в армиях – несколько десятков, в дивизиях – сотни, в полках – тысячи, в батальонах – десятки тысяч, в ротах – сотни тысяч, в солдатах – миллионы.

Когда несколько раз в сутки на карты наносятся изменения линии фронта, то в Генштабе на карте практически ничего не изменится: фронты и армии почти стабильны.<sup>31</sup> В штабе дивизии изменения больше видны, в штабе полка еще заметнее, в штабе батальона... Наконец, линия фронта, измеренная в отдельных солдатах, меняется каждую секунду!<sup>32</sup>

## ТЕХНИКА

- Конфигурации образующихся в металле трещин обладают фрактальным характером.<sup>33</sup>
- Исследования разрушения материалов и структур под действием приложенной нагрузки имеют важное практическое значение, но сопряжены с определенными концептуальными трудностями. **Обычный подход**, опирающийся на теорию упругости сплошной среды, **не дает простых средств** для анализа существенных нелинейностей данной проблемы.

Нагруженное фрактальное дерево **может служить простой моделью** при исследовании разрушения структуры под действием приложенной извне нагрузки.<sup>34</sup>

- При вытеснении жидкостью с **малой вязкостью упругой жидкости с большой вязкостью** первоначальная плоская поверхность раздела переходит в поверхность, напоминающую пальцы перчатки. Такие структуры получили название “вязких пальцев”. Последовательное дробление кончиков пальцев приводит к возникновению кластеров-фракталов.<sup>35</sup>
- Чтобы **минимизировать энергию, требующуюся для перемещения какого-либо ресурса через систему**, сеть должна быть ветвисто-фрактальной. Фрактальная сеть демонстрирует самоподобие, как кукла-матрешка или снежинка, ее организация имеет древовидную структуру. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы, система сосудов в дереве, речная система, - это примеры фрактальных сетей. Когда дело доходит до систем транспортировки энергии, все принимает вид древовидной структуры.<sup>36</sup>

---

<sup>31</sup> Уровни военной (и не только) иерархии живут не только в разных пространственных, но и в разных временных масштабах.

<sup>32</sup> На любом уровне противостояния решается одна и та же задача – выжить! В военной области – буквально, в области бизнеса, на уровне фирм, звучит менее грозно, но смысл один...

<sup>33</sup> Луис С. и др. Фрактальная природа трещин. В сб. Фракталы в физике. Труды VI международного симпозиума по фракталам в физике (Триест, Италия, 9-12 июля 1985). М. «Мир», 1988, с. 244

<sup>34</sup> Там же, с. 253. Солла С. Разрушение нагруженных фрактальных деревьев.

<sup>35</sup> Курдюмов С., Малинецкий Г. Парадоксы хаоса. 3-С, 3/93, с. 53.

<sup>36</sup> West, Geoffrey et al. The Tree Of Life. Scientists model nature’s system of fractal branching networks. Dateline: Los Alamos. May 1997. <http://www.lanl.gov/news/dateline/Dateline0597.pdf>

## Уточнение формулировки гипотезы и ее обобщение для уровней иерархии Природа – Общество – Производство – Техника

Многочисленные **взаимодействия** на уровнях иерархии эволюционирующих систем, которые становятся все более совершенными и на этой основе выживают, **внешне приобретают вид фрактала**. Т.е. совершенствующиеся системы (т.е. становящиеся все более идеальными в ТРИЗовском смысле) предстают в фрактальной форме. Отсюда становится понятным причина **фрактального строения природы: естественный отбор, процессы совершенствования в ней идут постоянно и повсеместно**. Нефрактальные системы, т.е. системы не эволюционирующие, просто не могут появиться.

Вот почему «...чтобы **минимизировать энергию, требующуюся для перемещения какого-либо ресурса через систему**, сеть должна быть ветвисто-фрактальной». Фрактальную и только фрактальную структуру примет система передачи вещества (энергии или информации) через систему, если реализовать эволюцию на всех уровнях иерархии системы с целью повышения ее способности к выживанию, т.е. в соответствии с Универсальной схемой эволюции.

Но, конечно, связь «фрактальный - совершенный» имеет право на существование и использование: искусственно построив фрактальную структуру в системе,<sup>37</sup> можно ожидать, что такая система будет более совершенной, чем та, которая построена по каким-то другим правилам.

Поэтому совсем не удивительно, что в патентах все чаще и чаще<sup>38</sup> используется термин **фрактал**, правда, чаще всего как иерархическая структура, каждый уровень которой строится по одним и тем же законам геометрии. И в патентах постоянно отмечается, что «... фрактальная структура позволяет получить **максимальное значение отношения прочности к массе**», например, или повышенную надежность конструкции, максимальную адсорбционную способность и т.д.

- US Patent 5,707,724; Jan. 13, 1998

### **Fractal tube reinforcement**

Fractal hollow tube reinforced structural members are presented having a **maximum strength-to-weight ratio** and a wall density less than 1/2 that of water, which are versatile, practical and economical for use in any kind of construction.

- US Patent 5,981,934; Nov. 9, 1999

### **Photovoltaic element having a transparent conductive layer with specified fractal dimension and fractal property**

This invention is to provide a photovoltaic element capable of **improving the production yield in the manufacturing process and the reliability** such as the weather resistance and the durability, while also improving the photoelectric conversion efficiency by the light enclosing effect.

---

<sup>37</sup> Т.е. дав системе развиваться самостоятельно (или преобразуя ее извне) по естественным законам на всех уровнях иерархии.

<sup>38</sup> Ежегодное число патентов, содержащих упоминание о фракталах, выросло с 1 (1984) до 171 (1999); на 1 января 2000 г. общее количество патентов - 595.

- US Patent 6,001,889; Dec. 14, 1999

### **Polymers with fractal structure**

A polymer having a fractal configuration of structure which is self-similar or is scale invariant at different scales. **As a consequence of their fractal configuration, such polymers have superior properties** as an interstitial material for the adsorption of substances, and are useful as an additive or adjunct to ion exchange, filtration and membrane separation of compounds.

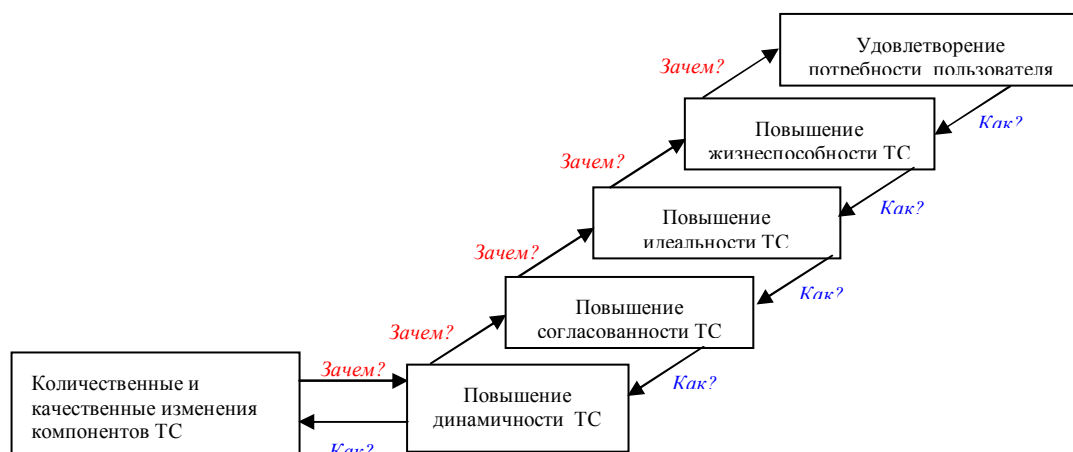
- US Patent 6,021,662; Feb. 8, 2000

### **Method for modeling fluid displacements in a porous medium**

Modelling method for **optimizing faster and more realistically the displacement conditions**, in a porous medium wettable by a first fluid (water for example), of a mixture of fluids including this wetting fluid and at least another fluid (oil and possibly gas). The method comprises experimental determination of the variation curve of the capillary pressure in the pores as a function of the saturation in the liquid phases, modelling the pores of the porous medium by means of a distribution of capillaries with a fractal section...

## **4. Логическая последовательность, внутренняя непротиворечивость гипотезы.<sup>39</sup>**

На приведенной диаграмме FAST (проверка на логичность и непротиворечивость) видно, что блоки УСЭ логично увязаны, вытекают один из другого.



## **5. Гипотеза является опровержимой**

В работе «Логика научного исследования» К.Поппер подчеркнул огромную роль фактов, отрицающих то или иное уже известное положение. Этим он провозгласил **замену** принципа верификации (т.е. положительно осуществляемой проверки, иначе говоря,

<sup>39</sup> Для оценки гипотезы воспользуемся перечнем Criteria for Evaluation of a Scientific Innovation. Root-Bernstein, Robert. Discovering. Harvard University Press, 1989, p. 229

подтверждения) принципом фальсификации (т.е. столь же реально осуществляемого опровержения), - **проверка научной осмысленности, а затем и истинности научных теорий должна осуществляться не через их подтверждение, а преимущественно (или даже исключительно) через их опровержение.**

Гипотеза **«Фрактальное строение природы – это внешнее проявление конкуренции эволюционирующих природных систем на уровнях иерархии»** является опровергаемой, фальсифицируемой «по Попперу», что подтверждает ее научность и право на существование.

Обнаружился любопытный логический парадокс:

- Если представленная Универсальная схема эволюции принимается сообществом как правильная, то это значит, что она «победила» в конкурентной борьбе другие подобные (с той же функцией) схемы.
- Если представленная Универсальная схема эволюции не принимается сообществом как правильная, отвергается, то это значит, что она «проиграла» в конкурентной борьбе какой-то другой схеме.
- Но победа более совершенной Схемы, ее принятие сообществом, или проигрыш менее совершенной, ее отвержение сообществом, полностью соответствует ходу эволюции, представленному на Универсальной Схеме Эволюции.

## **6. Гипотеза ограничена в применении**

Ограничений, увы, не пока наблюдается. Схема поэтому и названа **универсальной!** Но поиск ограничений и будет той самой фальсификацией гипотезы.

## **7. Гипотеза находится в согласии с ранее установленными законами и разработанными теориями**

Не только находится в согласии, но и объединяет законы и теории.

Предложенная Схема соответствует законам диалектики, является иллюстрацией научного метода познания,<sup>40</sup> отражает законы эволюции, сформулированные Ч.Дарвином, построена на основе и в соответствии с выявленными в ТРИЗ Законами развития Технических Систем.

Уже показано, что Схема является общей для неалгоритмических методов решения проблем - МПиО, МШ, МА, МФО, МКВ,<sup>41</sup> а также собирательным образом инструментов ТРИЗ - Алгоритма разрешения ТП, Системы стандартов, АРИЗ.<sup>42</sup>

---

<sup>40</sup> Захаров А. Схема ЗРТС и развитие науки, теории, парадигмы. Бостон, 1999.

<sup>41</sup> Захаров А. Схема ЗРТС и неалгоритмические методы активизации творческого мышления. Бостон, 1999.

<sup>42</sup> Захаров А. О единстве инструментов ТРИЗ. Челябинск, «Технологии творчества», № 1, 1999, с. 19. В указанной работе приведена «свернутая» Схема ЗРТС.

## **8. Гипотеза объясняет старые факты или открывает новые факты в старом**

УСЭ позволила выявить:

- большую общность систем различной природы
- общность методов исследования и преобразования систем
- общность алгоритма управления системой во время ее эксплуатации и «алгоритма» преобразований системы на всем ее жизненном цикле<sup>43</sup>
- позволила обратить внимание на хорошо известный<sup>44</sup> факт поведения систем, как стремление к выживанию

## **9. Наблюдения, связанные с гипотезой, воспроизводятся скептиками**

Надо обратиться к скептикам и попросить их проверить...

## **10. Гипотеза предлагает критерии для интерпретации наблюдающихся фактов или аномалий**

Как построена, например, система отбора концепций в наших проектах? **Отбор через сравнение, «рынок» - отсев и выживание концепций...**

## **11. Гипотеза предлагает решения выявленных проблем, парадоксов или аномалий**

УСЭ дает объяснение причин (почему?) и механизма (как?) фрактальности природы.

Почему Природа фрактальна? Как получается фрактал? Приведенное выше определение фрактала «как самоповторение на разных уровнях иерархии, как свойство инвариантности к изменению масштаба» дает внешнее описание проблемы, ничего не говоря о сути, о причине явления.

Согласно же предлагаемой гипотезе, все системы Природы на всех уровнях иерархии эволюционируют, меняются под воздействием внешней и внутренней среды. В ходе возникающей конкуренции на всех уровнях иерархии реализуется отбор наиболее приспособленных систем. Внешнее проявление эволюции систем, их конкуренции и отбора и является фракталом.

---

<sup>43</sup> Алгоритм управления дословно (!) совпадает с последовательностью законов совершенствования системы: выявление опасного отклонения в поведении системы → оценка возможностей существующей системы устранить отклонение → создание новой или изменение существующей системы для устранения отклонения.

<sup>44</sup> Но ранее никак не отраженный в законах развития ТС!

## 12. Гипотеза указывает на новые проблемы

В случае принятия гипотезы для технических систем необходимо построение алгоритмов:

- проверки на соответствие направлениям эволюции
- преобразований в соответствии с направлениями эволюции<sup>45</sup>

Предлагается пересмотреть подход к ЗРТС в свете Универсальной схемы эволюции:

- Среди ТС идет постоянный отбор. Технические системы конкурируют, выживают или умирают.
- В ходе конкуренции выживают ТС с максимальной величиной отношения «польза / затраты».
- Для повышения величины отношения «польза / затраты» ТС необходимо выявление внешних и внутренних недостатков, наличие которых и снижает величину указанного отношения.
- Возможные способы преобразования (динамизации) ТС для устранения внешних и внутренних недостатков:

Создание (переход к новой) ТС с более совершенным принципом действия (МАТХЭМ)

Совершенствование существующей ТС

Получение «помощи» от аналогичной (или далекой по функции) ТС – объединение систем.

## 13. Гипотеза изменяет способы мышления и работы ученых

«...Наиболее плодотворный подход к трансдисциплинарной унификации наук может заключаться в **принятии эволюции в качестве основного понятия**. Единая теория будет описывать различные фазы и грани эволюционного процесса инвариантными общими законами. Эти законы позволят исследователям описывать поведение и эволюцию квантов, атомов, молекул, клеток, организмов и систем организмов по непротиворечивой единой схеме...».<sup>46</sup>

## 14. Гипотеза меняет учебники и обучение

Универсальная схема эволюции поможет решать задачу школы: «Научить человека жить в изменяющемся мире!». Ведь УСЭ - это универсальное, всегда готовое к применению знание, показывающее как общие, так и частные направления изменений в системах.

---

<sup>45</sup> Все сегодняшние аналитические и решательные (т.е. изменяющие систему) инструменты никак не связаны между собой. Именно из этого опять и опять рождается знакомое: «Можно использовать закон, а можно не использовать»...

<sup>46</sup> <http://ns.iph.ras.ru/~mifs/laslo-1.htm>, Эрвин Ласло. Основания трансдисциплинарной единой теории. Московский синергетический форум.

Формула «Научить жить...» была найдена аналитически, с помощью инструментов ТРИЗ. И то, что и сами педагоги пришли к подобной формуле, говорит о «витающих в воздухе идеях»:

- **Образование (обучение) ... готовит систему к жизни в неопределенной ситуации, делает ее более стабильной, уменьшает возможность риска в этой системе.**<sup>47</sup>
- ...информационный век, общество дают школе социальный заказ на... **личность, готовую к быстрому реагированию на движение времени**, аккумулирующую в себе динамичный, адаптивный менталитет.<sup>48</sup>

С.Яковенко, 14 апреля 2000 г., частное сообщение: «Во время обучения применению ТехОптимайзера слушатели проявили большой интерес, - научились строить структурно-функциональные схемы, поняли основные идеи свертывания, получили навыки формулирования и решения задач. После практических занятий им был прочитан небольшой теоретический курс ТРИЗ – вепольный анализ, АРИЗ, ЗРТС. И только тут слушатели увидели общность инструментов ТехОптимайзера и ТРИЗ».

А если разработать курс «ТРИЗ как осознанная эволюция ТС»,<sup>49</sup> с использованием Универсальной схемы эволюции в качестве иллюстрации, то станет понятным – **все, что делает человек с техническими системами, основано на возможностях эволюции.** ТРИЗ и все его инструменты преобразования ТС, причем неважно – компьютеризированные или нет, построены на знании эволюции, на ее сознательном использовании. А концентрированное и, что важно, простое для запоминания и понимания представление этих законов эволюции, и дает Универсальная схема.

## 15. Гипотеза демонстрирует красоту и гармонию Природы

Еще раз отметим универсальность и простоту Схемы эволюции. Ведь идеальность именно через них и определяется:

- максимально **широкий охват объектов, фактов и явлений**, описываемых Схемой, - от эволюции технических систем до эволюции общественных явлений, Природы в целом, **при минимуме использованных средств.**

А красота и гармония, как известно, синонимы идеальности.

20 апреля 2000 г.

Бостон, США

---

<sup>47</sup> Асмолов А. (зам. министра образования РФ). Образованное человечество не даст себе погибнуть. Знание-сила, 1/96, с.101

<sup>48</sup> Щербо И. Школа в период пятой информационной революции. ИР, 7/95, с. 19

<sup>49</sup> Название, естественно, условное.