

Информатико-кибернетический язык описания природы

С.Н.Гринченко

д.т.н., проф., в.н.с. Института проблем информатики РАН, Москва
sgrinchenko@ipiran.ru

Аннотация: Описывается «поисково-оптимизационный» подход к проблеме исследования природы как иерархической системы, реализующий информатико-кибернетический язык её описания. С этих позиций даётся характеристика важнейшего для данного подхода понятия «системная память живого».

Проблема выявления общесистемных закономерностей в биологических системах постоянно находится в центре внимания исследователей. Особенно актуальны подходы к её решению, опирающиеся на принципы и инструментарий теории управления [Новосельцев, 1978]. Поскольку тем самым превалирующий на сегодня естественно-научный физикалистский взгляд на мир может быть *дополнен* системным *информатико-кибернетическим* взглядом.

В качестве языка этого описания особенно перспективен инструментарий одного из важных разделов технической кибернетики – теории поисковой оптимизации (экстремального управления). Об этом писали ещё классики: «Механизмы случайного поиска, по-видимому, свойственны природе нашего мира на всех уровнях его проявления и организации. И, во всяком случае, могут служить удобной и конструктивной моделью этих процессов» [Растрюгин, 1979]; «По-видимому, всю историю развития жизни на Земле можно было бы изложить на языке многокритериальной оптимизации» [Моисеев, 1987]. Как представляется, именно механизмы поисковой оптимизации наиболее адекватно воспроизводят процессы *адаптивного поведения* всех иерархических составляющих системы живого, играющие главенствующую роль в её развитии и эволюции.

Отсюда предложение [Гринченко, 1979, 1989, 2004] ввести в научный обиход *поисково-оптимизационный подход* к моделированию иерархических систем «достаточно высокой» сложности – в частности, *живой* природы. Этот подход подразумевает рассмотрение *иерархического обобщения* поисковых оптимизационных механизмов как *имманентного* таким моделям (т.е. как необходимых элементов их *внутренней* структуры). Этим он отличается от классического метода применения поисковой оптимизации – как *инструмента* решения разнообразных оптимизационных проблем (*внешнего* по отношению к последним). При этом соответствующий (иерархический) поисково-оптимизационный механизм следует рассматривать как *идеальный каркас/скелет* соответствующей системы (см. рис. 1-2).

Указанный подход позволяет получать и *количественные* оценки основных пространственно-временных характеристик моделируемых систем. Причём опираются эти расчёты на ряд фундаментальных физических и математических констант, и только *привязка совокупности* характерных времён поведения моделей к реальности производится с привлечением *эмпирических* данных. Но рассматривать эти расчётные оценки следует также как *реперные*, задающие лишь *ориентиры* для соответствующих характеристик.

Важно подчеркнуть, что использование поисково-оптимизационного подхода эквивалентно отказу от представления основных структурных элементов окружающего нас мира как *пассивных* и «*косных*», безропотно допускающих любые воздействия на себя извне. И рассмотрение их как *активных*, парирующих существенную часть последних в ходе перманентного стремления к достижению *собственных целей* (а именно, к энергетически оптимальным состояниям).

В поисково-оптимизационной концепции возможно и целесообразно выделить несколько слоёв утверждений [Гринченко, 2004, 2006]:



Рис. 1а. Наипростейшая (предельно вырожденная) схема механизма иерархической поисковой оптимизации

Общие примечания: а) стрелки, направленные вверх, имеют структуру (отражают отношение) «многие - к одному», направленные вниз - «один - ко многим»;
 б) A_t , S , P , R - поисковые приспособительные активности; K_T , Q , G , H - целевые критерии поисковой оптимизации;
 П - (системная) память
 в) $T \gg t$ - моменты времени, $L \gg l$ - размеры.

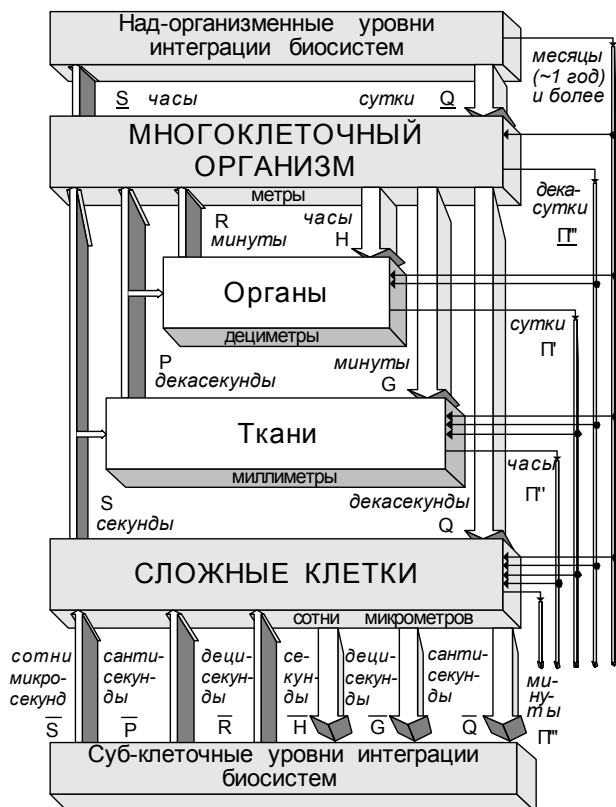


Рис. 1б. Упрощенная схема фрагмента механизма иерархической адаптивной поисковой оптимизации живой природы

СЛОЙ № 1: «Система Природы (материя) как явление и как процесс – первичные свойства».

Утверждение 1.1. Система Природы (Вселенной, Мироздания, Универсума, etc.) – при её описании в информатико-кибернетических терминах – имманентно содержит (иначе говоря, «модель реализации его приспособительного поведения включает...») **механизм иерархической поисковой оптимизации** целевых критериев энергетического характера.

Именно этот механизм материализует 4 фундаментальных свойства системы природы: 1) **активность**, 2) «двойку» **экспансивность–структурируемость**, 3) **обобщенную адаптивность**, 4) **адаптивную поисковую оптимизационность**.

Примечание: Важно различать **адаптивность** как свойство приспособляемости некоторого биообъекта к изменениям *только* его внешней среды, и **обобщенную адаптивность** как свойство перманентной приспособляемости природных систем (на всех характерных уровнях их интеграции) к изменениям их как *внешней*, так и *внутренней* сред.

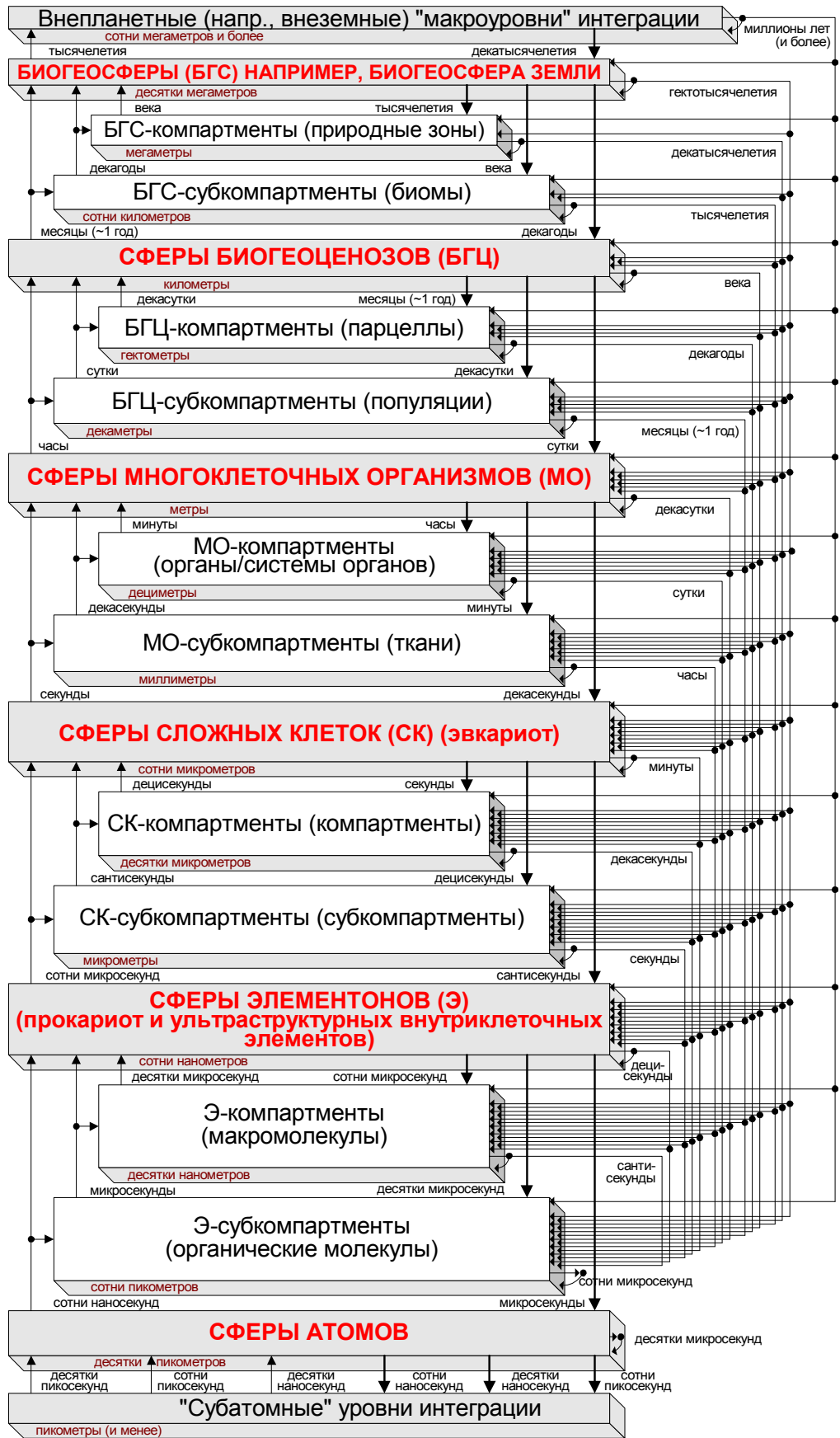
Утверждение 1.2. Процесс формирования механизма иерархической поисковой оптимизации эквивалентен процессу формирования собственно системы Природы и состоит в последовательном нарастании числа иерархических уровней в ней, или **метаэволюции**.

СЛОЙ № 2: «3 формы реализации возникновения и развития информатико-кибернетического механизма Природы».

Утверждение 2.1. Указанный универсальный механизм имеет несколько *различный* вид для подсистем *неживой* и *живой* природы: простейший для неживого и усложненный – для живого (рис. 2).

Утверждение 2.2. Указанный процесс метаэволюции происходит несколько по-разному в подсистемах *неживой* и *живой* природы.

СЛОЙ № 3: «Основные элементы информатико-кибернетического механизма Природы».



ПРИМЕЧАНИЕ: стрелки, направленные вверх, имеют структуру (отражают отношение) «многие - к одному», направленные вниз - «один - ко многим».

Рис. 2. Упрощённая схема механизма иерархической адаптивной поисковой оптимизации живой природы.

Утверждение 3.1. Элемент 1: отграниченность механизма от внешней среды. Это свойство реализуют:

а) в подсистеме неживого – границы между отдельными элементами вещества и агрегациями таких элементов в иерархии, границы между различными фазовыми состояниями вещества и т.п.;

б) в подсистеме живого – специфические оболочки (клеточные мембраны; кожно-волосисто-шерстяно-перьево-рогово-костно-чешуйчатые и др. покровы организмов; рельеф местности и границы массивов растительности в биогеоценозах и т.п.).

Утверждение 3.2. Элемент 2: поисковая активность (поведение, направленное на изменение ситуации – или отношения к ней – при отсутствии определенного прогноза его результатов, но при постоянном учете степени его эффективности):

а) в подсистеме неживого – это флуктуации поведенческих характеристик элементов вещества в иерархии;

б) в подсистеме живого – рыскания, тремор, другие аналогичные движения и изменения колебательного характера.

Утверждение 3.3. Элемент 3: целевые критерии (экстремального типа, типа равенств и типа неравенств):

а) в подсистеме неживого они комбинированы и задаются на уровнях утроенных ярусов (так называемых псевдоярусов) в иерархии;

б) в подсистеме живого они задаются каждым третьим в иерархии ярусом («основным»).

Утверждение 3.4. Элемент 4: структурная память о прошлом *приспособительного* поведения:

а) в подсистеме неживого подобное свойство проявляется лишь в своей *протоформе* (т.е. не как межуровневое, а внутриуровневое и даже внутриэлементное);

б) в подсистеме живого это свойство существует и проявляется в форме *системной памяти* (проявляющейся в форме *относительного постоянства* структуры объекта – рассматриваемого яруса иерархии – на протяжении *определённого* времени; по его истечении значение системной памяти сменяется другим, отражающим уже новый опыт приспособительного поведения *элемента* объекта).

СЛОЙ № 4: «Свойства и характеристики информатико-кибернетического механизма Природы».

Утверждение 4.1. Основные пространственные и временные характеристики механизма иерархической поисковой оптимизации системы Природы имеют типичные значения, образующие ряды, смежные члены которых в общем случае различаются для подсистем неживого и живого в диапазоне $10 \div 20$ раз.

Утверждение 4.2. Определив *метаэволюцию* как процесс возникновения новых уровней/ярусов в развивающейся иерархической системе, можно констатировать, что метаэволюция подсистем неживой и живой природы происходит в *различных* темпах: соответственно замедляется и равномерна.

СЛОЙ № 5: «Конкретные значения свойств и характеристик информатико-кибернетического механизма Природы».

Утверждение 5.1. Для подсистем неживого и живого типичные значения пространственно-временных характеристик образуют ряды, смежные члены которых различаются в $k = e^e = 15,15426 \dots$ раз.

Примечание: практика технической кибернетики показывает, что соотношение характерных времен двух иерархически смежных поисковых оптимизационных процессов должно составлять примерно 1 к $10 \div 20$. Привлечение же для уточнения этого соотношения результатов, полученных А.В.Жирмунским и В.И.Кузьминым [1982] при решении более локальной (но

близкой по смыслу) задачи изучения критических уровней развития биологических систем, позволяет принять данное соотношение равным $e^e = 15,15426...$

Утверждение 5.2. Зависимость размера L формирующейся эффективной иерархической системы от времени T , прошедшего с начала её метаэволюции, описывается следующим образом:

а) для подсистемы неживого $L_n = cT_n$ (c – скорость света); текущий горизонт метаэволюции неживого $\sim 13,6$ млрд. световых лет;

б) для подсистемы живого $\ln(L_{жс}) = \rho_0 + \rho_1 T_{жс}$ (здесь и далее ρ_i – числовые коэффициенты); текущий горизонт метаэволюции *живого как эффективной системы* ~ 1460 км.

В рамках поисково-оптимизационного подхода *случайность*, имманентно присущая механизму иерархической адаптивной поисковой оптимизации живого, возникает естественным образом как *проявление иерархичности* самой системы живого [Гринченко, 2004]. При этом предлагается следующая формальная классификация методов *случайной поисковой оптимизации*, системообразующим элементом которой выступает их *память* (т.е. применительно к иерархической оптимизации живого – *системная память*):

- 1) «слепые блуждания (с селекцией посредством внешнего дополнения)», с нулевой глубиной памяти алгоритма поисковой «полуоптимизации»;
- 2) «слепой поиск (с селекцией посредством целевых ограничений)», с нулевой глубиной памяти алгоритма поисковой оптимизации (метод «проб и ошибок» в его предпочтительной трактовке);
- 3) «простейший случайный поиск», с единичной глубиной памяти алгоритма поисковой оптимизации;
- 4) «адаптивный случайный поиск», с глубиной памяти алгоритма поисковой оптимизации, большей единицы [Гринченко, 2004].

Анализ данной классификации в историческом аспекте возникновения её представителей в природе позволяет сделать вывод, что механизм *иерархической поисковой оптимизации живого* использует на разных этапах своей метаэволюции все эти варианты. Начиная от самых примитивных (первого и второго), он стремится сформировывать в её ходе всё более совершенные, со всё большей глубиной системной памяти. То есть стремится к четвёртому варианту, а в его рамках – к *максимальному росту* её величины.

Применение поисково-оптимизационного подхода позволяет сделать некоторые выводы и выдвинуть соответствующие предложения *естественнонаучного* характера, в частности:

1. Следует модифицировать существующие представления об *иерархии живого* – приведённые, например, в статье «Кибернетика биологическая» [Биология, 1999], – согласно которым «со структурно-функциональной и информационной точки зрения все многообразие живого может быть подразделено на 4 главных уровня: молекулярно-генетический (клеточный), онтогенетический (организменный), популяционно-видовой и биогеоценотический, или биосферный»; подобная трактовка ни в количественном, ни в качественном плане не может быть признана адекватной. В частности, следуя терминологии, введенной в рамках концепции, будет неверным продолжать относить прокариоты к *клеткам*, поскольку они относятся к иному ярусу в иерархии живого («элементонов», или прокариотических *ячеек*), каждая их пар Молекулы-Клетки, Биогеоценоз-Биосфера занимает сразу несколько ярусов в иерархии, и т.д.

2. Необходимо чётко разделять понятия *метаэволюции* и *эволюции*. Первое понятие отражает исключительно процесс формирования в некотором биообъекте новых иерархических уровней (при усложнении существующих). Второе же – процессы поисковой оптимизации приспособительного поведения биообъектов в *уже* метаэволюционно сформировавшихся

ся иерархических контурах Биогеоценоз–Многоклеточные организмы и Биогеоценоз–Биогеоценозы. Они относительно более медленны по сравнению с *аналогичными* процессами поисковой оптимизации приспособительного поведения биообъектов в иерархических контурах Многоклеточные организмы–Сложные клетки и Сложные клетки–Элементы (прокариоты), которые обычно называют *адаптацией* (но следовало бы – *обобщенной адаптацией*).

3. В рамках предлагаемой концепции снимается противостояние неodarвинистских и номогенетических эволюционных теорий, поскольку каждая из них (с определенными уточнениями) отражает какую-то важную составляющую *эволюции*. «Селектогенез» и «*направленность*» эволюции реализуются активными поисковыми процессами на всех уровнях интеграции живого и «целевым» отбором на основных уровнях его интеграции по критериям энергетического характера. То есть *не* Дарвиновскую селекцию, осуществляемую – в предлагаемых выше терминах – за счет внешнего дополнения или целевых ограничений, а селекцию результатов адаптивного случайного поиска *экстремальных значений* всей иерархической *совокупности* этих *энергетических критериев*. Другими словами, отнюдь не по Спенсеровскому критерию «наибольшей приспособленности», а по вполне конкретному – энергетическому – воплощению Берговского «эндогенного фактора» эволюции. В свою очередь, «*каналзируемость*» эволюции связана, во-первых, с ограничениями на «траекторию» оптимизационного процесса (типа равенств и типа неравенств), существующими в *каждом* из иерархических оптимизационных контуров системы, а во-вторых – с влияниями *системной памяти* каждого из уровней интеграции живого на активные процессы генерации приспособительного поведения на *всех ярусах иерархии*, вложенных в рассматриваемый. И т.д.

С позиций предлагаемой концепции могут быть поставлены и другие вопросы общенаучного и даже философского характера, например: «Является ли метаэволюция Вселенной запрограммированным и целенаправленным процессом?» [Гринченко, 2005], а также предложены возможные ответы на них.

Литература

1. *Биология*. Большой энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. 864 с.
2. Гринченко С.Н. Случайный поиск как адекватный аппарат моделирования биологических систем: клетки, организма и совокупности популяций // Применение случайного поиска при решении прикладных задач. Тез. докл. совещ. Кемерово: 1979, С. 4-6.
3. Гринченко С.Н. Модели механизмов живой клетки с адаптивным случайным поиском: Дис. ... докт. техн. наук. М.-Л.: 1989, 342 с.
4. Гринченко С.Н. Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры). М.: ИПИРАН, Мир, 2004, 512 с. – см. также <http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/>
5. Гринченко С.Н. Является ли метаэволюция Вселенной запрограммированным и целенаправленным процессом? // Электронный журнал «Исследовано в России», 2005, 17, С. 164-195, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/017.pdf>
6. Гринченко С.Н. Системная память живого и управление // Третья международная конференция по проблемам управления (20-22 июня 2006 г.). Пленарные доклады. М.: ИПУ, 2006, С. 52-69.
7. Жирмунский А.В., Кузьмин В.И. Критические уровни в процессах развития биологических систем. М.: Наука, 1982, 179 с.
8. Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. М.: Наука, 1987, 304 с.
9. Новосельцев В.Н. Теория управления и биосистемы. Анализ сохранительных свойств. М.: Наука, 1978, 320 с.
10. Растринин Л.А. Случайный поиск. М.: Знание, 1979, 64 с.