

Информатико-кибернетический подход в проблемах естествознания

С.Н.Гринченко

УДК 62-506:573:539

(стр.298-323)

sgrinchenko@ipiran.ru

Системный информатико-кибернетический подход к выявлению наиболее общих механизмов системы Природы (Вселенной, Универсума, Мироздания etc.) представляет собой совокупность определённых интерпретаций (и их логических следствий) ряда наиболее фундаментальных принципов и закономерностей этой системы. При этом в центре внимания такого рассмотрения находятся процессы *приспособительного (адаптивного)* поведения всех основных составляющих системы Природы, реализующие её *системную гармоничность*. Поскольку для моделирования подобных процессов наиболее эффективен инструментарий из области технической кибернетики – алгоритмы *поисковой оптимизации (экстремального управления)* – то именно его и предлагается использовать для описания адаптивного поведения системы Природы. Что можно рассматривать как реализацию известных высказываний классиков: «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» [Растригин, 1979]; «По-видимому, всю историю развития жизни на Земле можно было бы изложить на языке многокритериальной оптимизации» [Моисеев, 1987].

Итак, превалирующий сегодня в естествознании физикалистский взгляд на мир предлагается *дополнить* системным информатико-кибернетическим взглядом. То есть ввести в научный обиход **поисково-оптимизационную концепцию** моделирования иерархических систем «достаточно высокой» сложности [Гринченко, 2000] (неживой, живой и «человеко-искусственной» природы), которая:

- означает фактически отказ 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 своим энергетически оптимальным состояниям);
- рассматривает иерархию оптимизационных механизмов систем «достаточно высокой» сложности как модель *каркаса/скелета* соответствующей системы;
- 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 теории поисковой оптимизации – как *инструмента* решения разнообразных оптимизационных проблем (*внешнего* по отношению к последним);
- даёт возможность получения *количественных* оценок пространственно-временных характеристик оптимизационных механизмов, опирающихся на ряд фундаментальных физических и математических констант, и только *привязка совокупности* модельных характеристик к реальности опирается на *эмпирические* данные (при этом расчётные оценки интерпретируются как *реперные*, задающие лишь *ориентиры* для соответствующих реальных показателей);
- базируется на учёте взаимосвязей между собственно *управленческими* воздействиями в системе и иными зависимостями в её подсистемах и элементах, которые обычно называют *информационными*. Подробности см. ниже, в Приложении.

Указанными соображениями обосновывается и ранее предложенный вариант понимания терминов «информатика» и «информатизация» [Гринченко, 2001a]: «В самом широком смысле **информатика** – наука, которая занимается изучением всех аспектов функционирования **информационно-управленческих взаимодействий** между элементами иерархической поисково-оптимизационной системы Человечества. Под **информатизацией**

следует понимать *процесс формирования (практической реализации) антропогенной составляющей подсистем (различной степени интеграции) иерархической поисково-оптимизационной социально-технологической системы Человечества*».

1. Иерархическая поисково-оптимизационная система живой природы

Ранее в монографии [Гринченко, 2004а] были кратко подытожены основные утверждения поисково-оптимизационной концепции и результаты её приложения применительно к *системе живого*.

1. Основные положения информатико-кибернетического характера:

1.1. Постулируется, что в качестве фундаментальных свойств живого выступают такие понятия, как *обобщенная адаптивность* (его «сверхзадача») и *поисковая оптимизационность* (метод её достижения). Утверждается, что переход *системы природы* в статус *живой* и её дальнейшее развитие – процесс *метаэволюции* – определяются возникновением в ней *системной памяти*: важнейшей характеристики информатико-кибернетического механизма *системы живой природы* (т.е. языка, предлагаемого для её описания).

Примечания: а) **Метаэволюция** – процедура наращивания уровней/ярусов в соответствующей иерархической системе (в ходе её формирования как таковой). Фактически, этот процесс близок к совокупности метасистемных переходов по В.Ф.Турчину [2000(1977)];

б) **Системная память** – память структур о прошлом *приспособительном* поведении – проявляется в форме *относительного постоянства* структуры объекта на протяжении *определённого* времени. По его истечении значение системной памяти сменяется другим, отражающим уже новый опыт приспособительного поведения *элемента* объекта (рассматриваемого яруса). Близки к этим представлениям формулировки А.М.Молчанова: «нынешняя структура есть следствие вчерашней кинетики» [1967], А.И.Лисина: «процессы, как известно, застывают, кристаллизуются в структурах» [1999], А.П.Назаретяна: «память – не пассивное фиксирование следов воздействий, а сложная операция по переносу переживаемого опыта в будущее» [2001] и т.п.

Таким образом, основной смысл концепции состоит в представлении об организации приспособительного поведения системы живого как *целого* посредством имманентного этой системе механизма *иерархической поисковой оптимизации*. Последний представляет собой развитие существующей теории поисковой оптимизации (экстремального управления) – элемента технической кибернетики. Что и отличает предлагаемый подход от наиболее развитого к настоящему времени подхода к моделированию приспособительного поведения биосистем на базе теории автоматического управления [Новосельцев, 1978].

Вводится понятие *иерархического контура поисковой оптимизации* как базисного элемента такого механизма, состоящего из *трех иерархических субконтуров* и, соответственно – из четырех смежных ярусов в иерархии живого, замыкающихся через общий ярус, верхний в иерархии. Верхний ярус (относящийся к основному уровню биологической интеграции, т.е. прокариотические ячейки, эукариотические клетки, многоклеточные организмы, биогеоценозы и Биосфера) в каждой такой четверке реализует *целообразование*, а остальные – *поисковую активность*. Трем субконтурам соответствует тройка целевых критериев приспособительного поведения биообъекта, задаваемых верхним (целообразующим) ярусом: экстремальный (энергетического характера), типа равенств и типа неравенств. Механизм иерархической поисковой оптимизации необходимо включает в себя элемент случайности.

Иерархическая совокупность смежных *иерархических контуров* образует *иерархическую систему поисковой оптимизации* живого (см. рис 1б). Её важнейшим свойством является *иерархичность*: а) связанного общей системной памятью единого процесса реализации приспособительного поведения образующих её биообъектов; б) пространственно-временных характеристик (значения которых возрастают с ростом уровня интеграции в иерархии с некоторым регулярным шагом). При этом формы проявления указанного процесса *обобщенной адаптации* сейчас обычно принято обозначать: для биообъектов ярусов клеточного и организменного – как адаптацию, а для биообъектов ярусов биогеоценотического и Биосферного – как эволюцию.

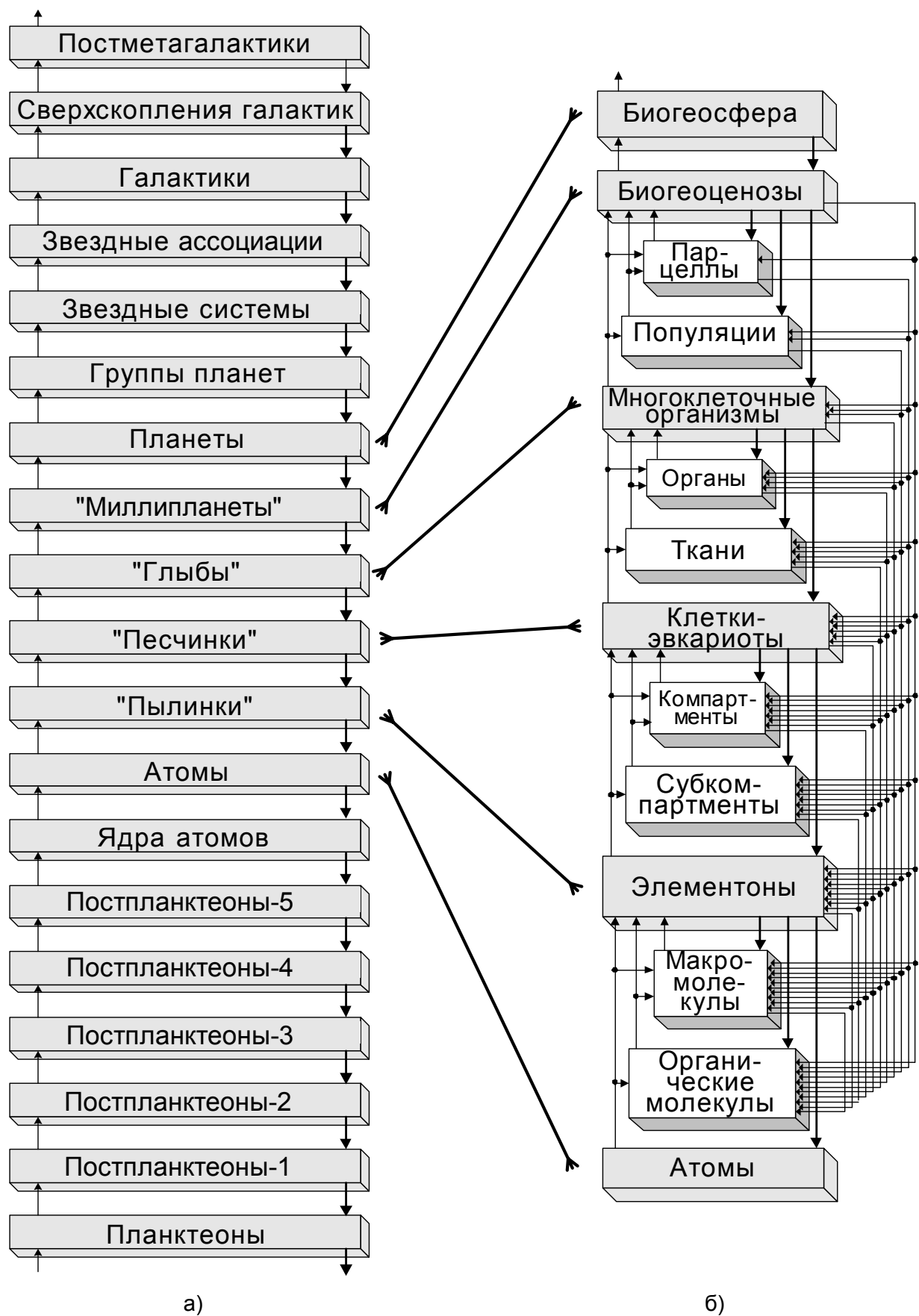


Рис. 1. Упрощённые схемы иерархических механизмов поисковой оптимизации неживой и живой природы соответственно (обозначения: восходящие тонкие стрелки отражают поисковые активности, нисходящие полужирные – целевые критерии поисковой оптимизации, а нисходящие штриховые – системную память; символ $\rightleftharpoons$ отмечает соответствие ярусов в иерархиях неживого и живого).

Непосредственное следствие подобного концептуального подхода: системная память из чисто информационного фактора превращается в *управленческий*.

1.2. Предлагается следующая формальная классификация методов случайной поисковой оптимизации, системообразующим элементом которой выступает их *память* (т.е. применительно к иерархической оптимизации живого – *системная память*). Это:

1.2.1) «слепые блуждания (с селекцией посредством внешнего дополнения)», с нулевой глубиной памяти алгоритма поисковой «полуоптимизации»;

1.2.2) «слепой поиск (с селекцией посредством целевых ограничений)», с нулевой глубиной памяти алгоритма поисковой оптимизации (метод «проб и ошибок» в его предпочтительной трактовке);

1.2.3) «простейший случайный поиск», с единичной глубиной памяти алгоритма поисковой оптимизации;

1.2.4) «адаптивный случайный поиск», с глубиной памяти алгоритма поисковой оптимизации, большей единицы.

Анализ данной классификации в историческом аспекте 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.

1.3. Удобным методологическим приемом для изучения процессов и явлений, моделируемых в терминах механизма иерархической поисковой оптимизации живого, оказалось *модификация* структуры его иерархического контура. Для иерархической системы живого такая модификация состоит в «сжатии» общего числа ярусов в иерархическом контуре от 4-х до 3-х или даже до 2-х (соответственно «расширение» их числа до 5-ти, 6-ти и т.д. характерно для *иерархической социально-технологической системы* Человечества [Гринченко, 2001б, 2002, 2005а, б; Grinchenko, 2006]). Именно этот прием позволил выдвинуть представление о *метаэволюции живого* как процессе перманентного нарастания со временем (с шагом около 337 млн. лет) числа ярусов в иерархии, на которых затем и формируются биообъекты. Тем самым последовательно возникают биообъекты, отличающиеся от их предшественников, с одной стороны, возникновением нового наивысшего яруса в своей иерархии и усложнением всех вложенных в него остальных ярусов, а с другой – большими размерами и большей глубиной своей *системной памяти*.

На базе такого варьирования структуры моделирующего инструментария предлагается ряд иерархических оптимизационных модельных схем, отражающих 13 последовательных периодов метаэволюции живого: от момента возникновения Земли (и «старта» жизни на ней) около 4,6 млрд. лет назад вплоть до современного нам фанерозоя (т.е. в течение примерно трети общей длительности *Универсальной истории* Вселенной от момента гипотетического Большого взрыва), а также ряд теоретически допустимых последующих периодов. Эти схемы, будучи сведены в единое целое, позволили построить *периодическую систему живого* и предложить его *классификатор*.

2. Из положений предлагаемой концепции необходимо проистекают и неочевидные с других позиций либо сравнительно более конкретные выводы и предложения естественнонаучного характера:

2.1. Следует модифицировать существующие представления об иерархии живого – приведенные, например, в статье «Кибернетика биологическая» БЭС, согласно которой «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» [Биология, 1999, С.254]; в монографии [Гринченко, 2004а] показано, что подобная трактовка ни в количественном, ни в качественном плане не может быть признана адекватной. В частности, следуя терминологии, введенной в рамках концепции, бу-

дет неверным продолжать называть прокариоты – клетками, ведь они относятся к совершенно иному ярусу в иерархии живого («элементонов», или прокариотических *ячеек*).

2.2. Следует признать, что *зоны* и *метаэтапы* метаэволюции живого (т.е. периоды формирования троек ярусов в его иерархии) описывают в определенном смысле повторяющиеся исторические периоды в развитии Земли. То есть каждый из эонов представляет собой период возникновения в ходе метаэволюции трех новых верхних уровней интеграции в иерархии живого: в ходе катархея впервые формируются простейшие прокариотические ячейки со своими внутренними структурными ярусами, которые и возникают к его концу, в ходе архея формируются простейшие эвкариотические автономные клетки, в ходе нижнего протерозоя – простейшие многоклеточные организмы, в ходе верхнего протерозоя – простейшие биогеоценозы, и, наконец, в ходе текущего фанерозоя формируется простейшая Биогосфера, которая на сегодня достигла к тому же лишь состояния Псевдо-биогеосферы.

Последнее означает, что механизм саморегуляции (оптимизационного приспособительного поведения) *современной* нам Биогосферы как *целого* характеризуется крайне низкой эффективностью. Именно это в значительной степени определяет слабую степень парирования ею кризисных явлений, возникающих как результат наблюдающейся интенсификации антропогенных воздействий.

Важно отметить, что возникновение новых «высших» ярусов в иерархии живого не отменяет существования ранее возникших «низших» (не элиминирует их). В частности, в наши дни живое *в каждой конкретной зоне доступного для жизни пространства на Земле* представляет собой совокупность существующих одновременно (симбиотически *взаимодействуя* на уровнях своих соответствующих элементов, причем с различной интенсивностью вплоть до полной *автономности*) пяти иерархических подсистем: прокариот, одноклеточных эвкариот, многоклеточных эвкариот, биогеоценозов и Биогосферы. Соответственно в верхнем протерозое живое представляло собой совокупность лишь четырех таких подсистем (до уровня формирующихся в тот период биогеоценозов), в нижнем протерозое – трех (до уровня многоклеточных организмов), в архее – двух таких подсистем (до уровня одноклеточных эвкариот), а в катархее – только одну подсистему (уровня формирующихся в тот период прокариот).

2.3. На основе указанной общности понятий «*эон*» и «*метаэтап*» введено понятие ***горизонт метаэволюции живого*** – пространственная характеристика, определяющая для любого момента времени метаэволюции верхнюю оценку размера оптимизационного механизма живого, могущего сформироваться к этому моменту. Это позволило выдвинуть гипотезу *экспоненциального роста горизонта метаэволюции живого со временем*, т.е. выражение величины горизонта метаэволюции L как показательной функции времени T существования жизни на Земле:

$$\ln(L) = \rho_0 + \rho_1 T \quad \text{или} \quad L = e^{(\rho_0 + \rho_1 T)}$$

Параметризация этой формулы была проведена с помощью эмпирических данных о моментах смен эонов (при этом метаэволюционно краткий период «кембрийского взрыва» рассматривался как завершающий в венде, т.е. в верхнем протерозое, а не как начальный в кембрии, т.е. в фанерозое). Но на её основе появилась возможность ранжировать и некоторые иные выделенные моменты метаэволюции живого на Земле. В частности, внутри фанерозоя переход от палеозоя к мезозою действительно можно назвать революционным (т.е. сменой эр). Обоснование этого: именно в этот момент (расчетное значение которого – 233 млн. лет назад – с весьма высокой точностью совпадает с эмпирическими оценками) перманентно возрастающая величина *горизонта метаэволюции L живого* достигает значения расчетной величины субкомпартамента Биогосферы, или биома (первого промежуточного уровня в контуре иерархической оптимизации Биогосфера–Биогеоценозы). Переход же от мезозоя к кайнозою не сопровождается подобным его совпадением с расчетной величиной следующего, второго промежуточного уровня в этом иерархическом контуре (компартамента Биогосферы, или природной зоны), которое теоретически может на-

стать лишь примерно *через* 103 млн. лет в будущем. То есть его следует трактовать как смену периодов некоторого низшего ранга в развитии живого.

2.4. Необходимо четко 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* иерархических контурах Биогеоценоз–Многоклеточные организмы и Биосфера–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 называть *обобщенной адаптацией*).

Здесь следует подчеркнуть, что процесс метаэволюции системы живой природы как таковой *не является* результатом деятельности одновременно протекающих вышеуказанных процессов эволюции и адаптации. Его «причину» можно определить (на сегодня) как непосредственно фундаментальное первичное свойство Природы.

2.5. 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 ([Darwin, 1859(2003)], стр. 73) критерию «наибольшей приспособленности», а по вполне конкретному воплощению Берговского «эндогенного фактора» эволюции. В свою очередь, «*канализуемость*» 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.

Тем самым возникает новый синтез представлений о биологической эволюции, отражающих не только её особенности в «современный» нам эон фанерозоя, но и в предыдущие 4,6 млрд. лет развития жизни на Земле (и, по-видимому, в иных частях Космоса). То есть о биологической эволюции, специфической для каждого из 5-ти метаэтапов метаэволюции живого и оставившей свои следы в виде как ископаемых останков, так и существ, успешно процветающих доныне. Как один из результатов подобного подхода, следует пересмотреть принцип **актуализма**, сформулировав его (в общесистемном варианте) примерно в следующих выражениях: «*в процессе исторического исследования мы должны исходить из того, что метаэволюционирующая система живого, интерпретируемая как иерархическая оптимизационная система, в прошлом представляла собой упрощенные вплоть до вырожденности варианты её современного аналога, и её функционирование было в той же степени упрощенным, до тех пор, пока не доказано обратное*».

И ряд других.

3. Проистекающие из предлагаемой концепции **основные следствия методологического и, в какой-то степени, философского характера:**

3.1. **Системность** теперь не может лишь декларироваться, а при этом все усилия направляться на выявление тех или иных узколокальных свойств природных объектов. Volens-nolens, «узким» специалистам не следует забывать о том, что трудности или даже «тупики» в исследованиях могут иметь объективный характер как результат *неучёта* в

экспериментах либо при построении локальных моделей относительно сложного явления *именно системных взаимодействий* (оптимизационного характера) в иерархии живого.

3.2. **Системное целеполагание** (зачастую обозначаемое терминами «телеология» или «телеономия») никоим образом не означает привлечения для объяснения системных явлений каких бы то ни было сверхъестественных причин и/или субъектов. В рамках естественнонаучного знания достаточно понятий – прежде всего, понятия *энергии*, – привлечение которых позволяет описывать целенаправленные процессы вполне адекватно. Более того, необходимо уйти от превалирующего на сегодня представления, что «для многих биологических систем понятие цели управления не определено (напр., что является целью эволюции?). Поэтому зачастую задание критерия или цели управления является лишь удобным приемом, позволяющим построить замкнутую модель при недостатке конкретной информации» [Биология, 1999, С.254]. В монографии [Гринченко, 2004а] показано, что подобную трактовку следует пересмотреть и рассматривать процедуру задания цели управления и реализации её алгоритма как механизм, *имманентно присущий* соответствующему биообъекту (относящемуся к основному уровню биологической интеграции).

3.3. Система живой природы *не* пассивна, а проявляет **активность** в достижении собственных целей, и любые возмущающие воздействия на них приводят лишь к сопротивлению (как может быть интерпретирован принцип Ле-Шателье). Именно это позволяет объяснить феномен так называемого «антиинтуитивного» [Forrester, 1971(1977)] поведения систем «достаточно высокой» сложности. С позиций предлагаемой концепции причина подобного поведения – активное противодействие каждой такой системы любым воздействиям, «выталкивающим» её из экстремального – наиболее предпочтительного с её точки зрения – состояния. В условиях отсутствия у исследователя модели целевого критерия такой системы и алгоритма его достижения, предсказать её будущую траекторию весьма затруднительно, если не невозможно.

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

3.5. **Принцип причинности** в привычном понимании выполняется лишь в ограниченных (в пространстве и во времени) пределах, а при выходе за такие пределы *непосредственная* связь «причин» и «следствий» начинает все более и более нарушаться: ибо что есть «причина» и что есть «следствие» в *контуре*, тем более даже не «замкнутом», а развивающемся «по спирали»? И при этом с существенным запаздыванием процессов в нем?

3.6. **Использование при изучении систем «достаточно высокой» сложности как целого** большинства привычных математических представлений (в частности, в виде описания исследуемых процессов с помощью систем дифференциальных уравнений, как обыкновенных, так и в частных производных) **весьма ограничено**. Конечно, их использование возможно, но при изучении лишь *отдельных фрагментов* «разрезанного» оптимизационного контура, с искусственно фиксированными в процессе анализа «входами» и «выходами», т.е. «причинами» и «следствиями».

3.7. **Случайность**, имманентно присущая механизму иерархической адаптивной поисковой оптимизации живого, возникает естественным образом как проявление иерархичности самой системы живого. Это можно интерпретировать как *обобщение* достаточно часто используемой гносеологической трактовки случайности как *меры нашего незнания об объекте*. Различие состоит в том, что в иерархической оптимизационной подсистеме некоторого уровня интеграции *I* даже при вполне регулярном поведении каждой из составляющих её подсистем $i_1, \dots, i_n$ (обладающих свойством активности) рассмотрение такого поведения «в целом» – одновременно и всех сразу, т.е. «с точки зрения» подсистемы именно высшего уровня *I*, – может выглядеть только как случайное: у подсистемы *I* просто нет так называемого «планшета» для фиксации поведения *всех* её подсистем $i_1, \dots, i_n$.

И так далее [Гринченко, 2004а, 2004б, 2006].

2. Иерархическая поисково-оптимизационная система неживой природы

Кибернетические подходы в физике долгое время практически не использовались. Но в последнее десятилетие ситуация начала меняться. В монографиях ряда авторов – Б.Б.Кадомцева [1999], А.Л.Фрадкова [2003], И.М.Гуревича [2003] и др. – обращается внимание на глубокое внутреннее единство многих «чисто» физических понятий и их кибернетических аналогов, выдвигаются (в самых различных аспектах) соответствующие трактовки тех или иных физических процессов и явлений, проводится необходимый качественный и количественный анализ, и т.п. Следуя этой тенденции, распространение данного информатико-кибернетического подхода на область физики экстравагантным не выглядит – даже несмотря на предельно широкую область его предлагаемого применения («Вселенная как система управления»).

Обобщение поисково-оптимизационной концепции применительно к системе неживой природы [Гринченко, 2004в] может быть названо скорее упрощением (по отношению к системе живого), поскольку такая система состоит из иерархических контуров простейшего («псевдо-») типа (см. рис 1а). Тем не менее, оно позволяет выявить ряд важных следствий. Например, определить зависимость между расчётными «идеальными» значениями текущего времени T метаэволюции неживого от момента гипотетического Большого взрыва и достигнутого к этому времени «идеального» размера L Вселенной: $L = cT$.

Эти пространственные и временные характеристики по определению относятся именно к «идеальной» структуре Вселенной. Их расчётные значения для моментов начала наращивания новых ярусов в иерархии природной системы (в ходе её метаэволюции), с одной стороны, демонстрируют достаточно хорошее совпадение с большинством соответствующих реальных объектов, а с другой – позволяют выявить ряд ярусов, материальные носители которых до настоящего времени в экспериментах и наблюдениях не отождествлены – а именно, так называемых «постпланктеонов-1/2/3/4/5» (см. табл. 1).

Таблица 1. Теоретически рассчитанные пространственно-временные характеристики иерархической системы неживой природы				
№ яр	№ п/ я ☼	Характерный линейный размер яруса в иерархии (расчётный)	Названия эмпирически наблюдаемых представителей данного иерархического уровня/яруса и их типичные размеры	Характерное время метаэволюции яруса в иерархии (расчётное)
0	0	$0.16 \cdot 10^{-32}$ см l_f - Фундаментальная (Планковская) длина	Фундаментальная (первичная) ячейка пространства-времени Вселенной, или «планктеон»*	$0.54 \cdot 10^{-43}$ сек. Фундаментальное время $T_f = l_f / c$
1		$0.24 \cdot 10^{-31}$ см	?	$0.82 \cdot 10^{-42}$ сек.
2		$0.37 \cdot 10^{-30}$ см	?	$0.12 \cdot 10^{-40}$ сек.
3	1	$0.56 \cdot 10^{-29}$ см	? Сферы «постпланктеонов-1»*	$0.19 \cdot 10^{-39}$ сек.
4		$0.85 \cdot 10^{-28}$ см	?	$0.28 \cdot 10^{-38}$ сек.
5		$0.13 \cdot 10^{-26}$ см	?	$0.43 \cdot 10^{-37}$ сек.
6	2	$0.19 \cdot 10^{-25}$ см	? Сферы «постпланктеонов-2»*	$0.65 \cdot 10^{-36}$ сек.
7		$0.30 \cdot 10^{-24}$ см	?	$0.99 \cdot 10^{-35}$ сек.
8		$0.45 \cdot 10^{-23}$ см	?	$0.15 \cdot 10^{-33}$ сек.
9	3	$0.68 \cdot 10^{-22}$ см	? Сферы «постпланктеонов-3»*	$0.23 \cdot 10^{-32}$ сек.
10		$0.10 \cdot 10^{-20}$ см	?	$0.34 \cdot 10^{-31}$ сек.
11		$0.16 \cdot 10^{-19}$ см	?	$0.52 \cdot 10^{-30}$ сек.
12	4	$0.24 \cdot 10^{-18}$ см	? Сферы «постпланктеонов-4»*	$0.79 \cdot 10^{-29}$ сек.
13		$0.36 \cdot 10^{-17}$ см	?	$0.12 \cdot 10^{-27}$ сек.
14		$0.54 \cdot 10^{-16}$ см	?	$0.18 \cdot 10^{-26}$ сек.
15	5	$0.82 \cdot 10^{-15}$ см	? Сферы «постпланктеонов-5»*	$0.27 \cdot 10^{-25}$ сек.

16		$0.12 \cdot 10^{-13}$ см	?	$0.42 \cdot 10^{-24}$ сек.
17		$0.19 \cdot 10^{-12}$ см	?	$0.63 \cdot 10^{-23}$ сек.
18	6	$0.29 \cdot 10^{-11}$ см	Сферы ядер атомов ($\sim 10^{-12} - 10^{-13}$ см)	$0.96 \cdot 10^{-22}$ сек.
19		$0.43 \cdot 10^{-10}$ см	?	$0.14 \cdot 10^{-20}$ сек.
20		$0.66 \cdot 10^{-9}$ см	?	$0.22 \cdot 10^{-19}$ сек.
21	7	$0.999 \cdot 10^{-8}$ см (1 Å)	Сферы атомов (Боровский радиус атома водорода $0.529 \cdot 10^{-8}$ см)	$0.33 \cdot 10^{-18}$ сек.
22		$0.15 \cdot 10^{-6}$ см	(биоаналог – органические молекулы)	$0.50 \cdot 10^{-17}$ сек.
23		$0.23 \cdot 10^{-5}$ см	(биоаналог – макромолекулы)	$0.76 \cdot 10^{-16}$ сек.
24	8	$0.35 \cdot 10^{-4}$ см	Сферы «пылинок»* (биоаналог – прокариотические ячейки)	$0.12 \cdot 10^{-14}$ сек.
25		$0.53 \cdot 10^{-3}$ см	(биоаналог – субкомпарменты клеток)	$0.17 \cdot 10^{-13}$ сек.
26		$0.80 \cdot 10^{-2}$ см	(биоаналог – компарменты клеток)	$0.27 \cdot 10^{-12}$ сек.
27	9	$0.12 \cdot 10^0$ см	Сферы «песчинок»* (биоаналог – эвкариотические клетки)	$0.40 \cdot 10^{-11}$ сек.
28		$0.18 \cdot 10^1$ см	(биоаналог – ткани)	$0.61 \cdot 10^{-10}$ сек.
29		$0.28 \cdot 10^2$ см	(биоаналог – органы)	$0.93 \cdot 10^{-9}$ сек.
30	10	$0.42 \cdot 10^3$ см (4.2 м)	Сферы «глыб»* (биоаналог – многоклеточные организмы)	$0.14 \cdot 10^{-7}$ сек.
31		$0.64 \cdot 10^4$ см (64 м)	(биоаналог – популяции)	$0.21 \cdot 10^{-6}$ сек.
32		$0.97 \cdot 10^5$ см (970 м)	(биоаналог – парцеллы)	$0.32 \cdot 10^{-5}$ сек.
33	11	$0.15 \cdot 10^7$ см (15 км)	Сферы «миллипланет»* (биоаналог – биогеоценозы)	$0.49 \cdot 10^{-4}$ сек.
34		$0.22 \cdot 10^8$ см (222 км)	(биоаналог – биомы)	$0.74 \cdot 10^{-3}$ сек.
35		$0.34 \cdot 10^9$ см (3370 км)	(биоаналог – природные зоны)	$0.11 \cdot 10^{-1}$ сек.
36	12	$0.51 \cdot 10^{10}$ см (51 тыс. км)	Сферы планет (биоаналог – Биосферы)	$0.17 \cdot 10^0$ сек.
37		$0.77 \cdot 10^{11}$ см (770 тыс. км)	(биоаналог – субкомпарменты Сферы планет земной группы: комплекс Земля-Луна и ближние спутники)	$0.26 \cdot 10^1$ сек.
38		$0.12 \cdot 10^{13}$ см (11.7 млн. км)	(биоаналог – компарменты Сферы планет земной группы: комплекс Земля-дальние спутники)	$0.39 \cdot 10^2$ сек.
39	13	$0.18 \cdot 10^{14}$ см (177 млн. км = 1.18 а.е.)	Сферы групп планет (биоаналог – Сфера планет земной группы)	$0.59 \cdot 10^3$ сек. (10 мин.)
40		$0.27 \cdot 10^{15}$ см (18 а.е.)	Комплекс «звезда-планеты»	$0.90 \cdot 10^4$ сек. (2.5 час.)
41		$0.41 \cdot 10^{16}$ см (270 а.е.)	Комплекс «звезда -дальние непланетные образования»	$0.14 \cdot 10^6$ сек. (1.57 сут.)
42	14	$0.62 \cdot 10^{17}$ см (4130 а.е.)	Звездные системы	$0.21 \cdot 10^7$ сек. (24 сут.)
43		$0.94 \cdot 10^{18}$ см (0.3 пс)	Большие глобулы ($\sim$ до 0.3 пс)	$0.31 \cdot 10^8$ сек. (0.99 года)
44		$0.14 \cdot 10^{20}$ см (4.6 пс)	Звездные скопления ($\sim$ несколько пс)	$0.47 \cdot 10^9$ сек. (15 лет)
45	15	$0.21 \cdot 10^{21}$ см (70 пс)	Звездные ассоциации ($\sim$ 40-200 пс)	$0.72 \cdot 10^{10}$ сек. (227 лет)
46		$0.32 \cdot 10^{22}$ см (1.06 кпс)	Звездные комплексы ($\sim$ до 1 кпс)	$0.11 \cdot 10^{12}$ сек. (3.4 тыс. лет)

47		$0.49 \cdot 10^{23}$ см (16 кпс)	Карликовые галактики (~ до 10 кпс)	$0.16 \cdot 10^{13}$ сек. (52.2 тыс. лет)
48	16	$0.75 \cdot 10^{24}$ см (242 кпс)	Галактики (видимая часть ~ 30-40 кпс)	$0.25 \cdot 10^{14}$ сек. (790 тыс. лет)
49		$0.11 \cdot 10^{26}$ см (3.67 мпс)	Группы галактик (~ 1-2 мпс)	$0.38 \cdot 10^{15}$ сек. (12 млн. лет)
50		$0.17 \cdot 10^{27}$ см (55.7 мпс)	Скопления галактик (~ 12-14 мпс)	$0.57 \cdot 10^{16}$ сек. (182 млн. лет)
51	17	$0.26 \cdot 10^{28}$ см (844 мпс = 2.75 млрд. свет. лет)	Сверхскопления галактик ~ 200 мпс	$0.87 \cdot 10^{17}$ сек. (2.75 млрд. лет)
–	–	~4,2 гпс, или ~13,7 млрд. световых лет	Текущий момент: Метагалактика	~13,7 млрд. лет
52		$0.39 \cdot 10^{29}$ см (12.8 гпс = 42 млрд. свет. лет)	? Субкомпарменты постметагалактик*	$0.13 \cdot 10^{19}$ сек. (42 млрд. лет)
53		$0.59 \cdot 10^{30}$ см (194 гпс = 632 млрд. свет. лет)	? Компарменты постметагалактик*	$0.20 \cdot 10^{20}$ сек. (632 млрд. лет)
54	18	$0.90 \cdot 10^{31}$ см (2.94 тпс = 9.58 трлн. свет. лет)	? Постметагалактики*	$0.30 \cdot 10^{21}$ сек. (9.58 трлн. лет)
...	...	...	...	...

Примечания: ☼ – № псевдоюруса; * – названия рабочие, предварительные

Таким образом, возникает возможность предсказания их пространственно-временных характеристик и важных поведенческих свойств. В частности, просто напрашивается вопрос: не на самых ли нижних ярусах пространственной иерархии неживого (характерные размеры которых на 15-20 порядков меньше ядерных) находятся элементарные носители так называемой «*тёмной материи*», столь актуальной в физике в последние годы?

Конечно, сам по себе информатико-кибернетический взгляд на систему Природы позволяет предсказать существование лишь ряда «идеальных» структур, возникших, как представляется, непосредственно сразу (<< 3 минут!) после Большого взрыва. Но моменты возникновения на соответствующих ярусах в иерархии Вселенной *материальных* структур, по-видимому, ограничиваются снизу моментами возникновения их «идеальных» прототипов. А это значит, что результаты анализа возможной метаэволюции этих прототипов вполне могут дать новую информацию о возможном ходе метаэволюции и соответствующих материальных структур.

3. Поисково-оптимизационная концепция и информатика

В заключение уместно поставить вопрос: а что даёт (или потенциально может дать) предлагаемый подход для насущной проблематики собственно информатики и информатизации? Каковы возможные следствия его дальнейшего развития и применения?

Если исходить из предложенных выше формулировок этих понятий, то ответ на этот вопрос очевиден: поисково-оптимизационная концепция, как представляется, выступает в качестве основного методологического инструмента, фактически *ядра*, науки «информатика» (в её самом широком понимании). Поскольку именно на её основе и в её терминах описывается поведение развивающейся иерархической системы Человечества, необходимо включающей *антропогенные* элементы – как результаты применения разнообразных информационных технологий. В частности, укладываемые в некоторую общую эволюционную схему развития и необходимого усложнения технологии формирования челове-

ко-компьютерной и человеко-сетевой аппаратуры. Действительно: создаются и внедряются в практику именно те средства, которые востребуются соответствующими потребителями. И ждут своей очереди те, производство и освоение которых требует слишком больших ресурсов и затрат сегодня – с тем, чтобы при необходимости получить их завтра и реализоваться.

Если же трактовать понятие «информатика» более утилитарно, т.е. акцентируя внимание на аспекте особенностей создания и специфики перспективных средств вычислительной техники (включая сетевые), то и в этом случае может быть выявлен некоторый специфический, локальный вывод. Он связан с потребностями исследования поведения математических моделей тех или иных подсистем иерархических систем неживой, живой и «человеко-искусственной» природы, построенных в соответствии с предлагаемым подходом. То есть моделей, в которых пространственные размеры отдельных элементов и времена изменения соответствующих процессов отличаются на порядки, и которые поэтому можно исследовать только путем компьютерной имитации их поведения [Гринченко, 2001в]. Для подобной имитации большинство современных компьютеров, спроектированных в соответствии с наиболее распространенной фон-Неймановской архитектурой («разворачивающих» вычисления множества параллельно протекающих процессов в один последовательный – за счёт использования специализированных программных сред), крайне неэффективны. А наиболее перспективными для подобных целей представляются средства вычислительной техники, адекватные особенностям рассматриваемой задачи – т.е. создаваемые уже сегодня *компьютеры (и сетевые комплексы) с параллельной архитектурой*. Но, быть может, дополненные новыми специфическими свойствами обеспечения не просто «параллельности» хода соответствующих процессов, но *многослойной, иерархической параллельности*. Таким образом, всемерное углубление и ускорение подобных разработок представляется, с позиций предлагаемого подхода, весьма желательным и целесообразным.

ПРИЛОЖЕНИЕ. Иерархическая структура поисково-оптимизационной концепции

В поисково-оптимизационной концепции возможно и целесообразно выделить несколько слоев утверждений [Гринченко, 2004а,б, 2005]:

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–структуризуемость*, 3) *обобщенную адаптивность*, 4) *адаптивную поисковую оптимизационность*.

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 (примеры их упрощенных схем показаны на схемах рис.1а,б соответственно).

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

СЛОЙ № 3: «Основные элементы информатико-кибернетического механизма 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-волосно-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: информационный фактор (базис данного механизма, источник *цели* метаэволюции и генератор её новых *метафаз*):

а) в подсистеме неживого он присутствует в вырожденной форме;

б) в подсистеме живого именно он определяет революционные моменты возникновения новых переменных *системной памяти живого*.

Утверждение 3.3. Элемент 3: 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 3.4. Элемент 4: 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 3.5. Элемент 5: структурная память о прошлом *приспособительном* поведении:

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

б) в подсистеме живого это свойство существует и проявляется в форме *системной памяти*.

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.

Литература

1. *Биология*. Большой энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. 864 с.
2. *Гринченко С.Н.* Биоинформатика: случайный поиск, адаптация и эволюция в моделях систем «достаточно высокой» сложности // Системы и средства информатики, вып. 10. М.: Наука, 2000, С. 179-192.
3. *Гринченко С.Н.* К вопросу об определении понятий “информатика” и “информатизация” // Системы и средства информатики, вып. 11. М.: Наука, 2001а, С. 363-375.
4. *Гринченко С.Н.* Социальная метаэволюция Человечества как последовательность шагов формирования механизмов его системной памяти // Электронный журнал «Исследовано в России», 145, стр. 1652-1681, 2001б, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2001/145.pdf>
5. *Гринченко С.Н.* О параллельности в моделях природных иерархических систем // Труды Междунар. конф. «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО'2001. Москва, 2-4 октября 2001 г. М.: ИПУ РАН, 2001в. ISBN 5-201-09559-3. С. (1-144)-(1-182).
6. *Гринченко С.Н.* Демографическая динамика как проявление социально-технологической метаэволюции Человечества // Электронный журнал «Исследовано в России», 146, стр. 1630-1658, 2002, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/146.pdf>
7. *Гринченко С.Н.* Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры). М.: ИПИРАН, Мир, 2004а. 512 с. – см. также <http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/>
8. *Гринченко С.Н.* Метаэволюция живого: информатико-кибернетическая точка зрения // Вызов познанию: стратегии развития науки в современном мире. М.: Наука, 2004б, С. 142-183.
9. *Гринченко С.Н.* Иерархическая структура неживой природы и закономерности расширения Вселенной // Электронный журнал «Исследовано в России», 2004в, **156**, С. 1691-1699, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/156.pdf>
10. *Гринченко С.Н.* Является ли метаэволюция Вселенной запрограммированным и целенаправленным процессом? // Электронный журнал «Исследовано в России», 2005а, **17**, С. 164-195, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/017.pdf>
11. *Гринченко С.Н.* Интеллект и «поисково-оптимизационная» картина мира // Открытое образование, 2005б, № 2 (49), С. 39-42.
12. *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.
13. *Гуревич И.М.* Законы информатики – основа строения и познания сложных систем. М.: Антика, 2003.
14. *Жирмунский А.В., Кузьмин В.И.* Критические уровни в процессах развития биологических систем. М.: Наука, 1982, 179 с.
15. *Кадомцев Б.Б.* Динамика и информация. М.: Ред. журн. «Успехи физических наук», 1999. 400 с.
16. *Лисин А.И.* Идеальность. Часть 1. Реальность идеальности. М.: Информациология, 1999. 832 с.
17. *Моисеев Н.Н.* Алгоритмы развития. М.: Наука, 1987, 304 с.

18. Молчанов А.М. Возможная роль колебательных процессов в эволюции // Колебательные процессы в биологических и химических системах. М.: Наука, 1967. С. 274-288.
19. Назаретян А.П. Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории: Синергетика, психология и футурология. М.: ПЕР СЭ, 2001. 239 с.
20. Новосельцев В.Н. Теория управления и биосистемы. Анализ сохранительных свойств. М.: Наука, 1978. 320 с.
21. Расстригин Л.А. Случайный поиск. М.: Знание, 1979, 64 с.
22. Турчин В.Ф. Феномен науки. Кибернетический подход к эволюции. М.: ЭТС, 2000. 368 с. (Turchin V. The Phenomenon of Science. A Cybernetic Approach to Human Evolution. New York: Columbia University Press, 1977).
23. Фрадков А.Л. Кибернетическая физика: принципы и примеры. СПб.: Наука, 2003, 207 с.
24. Darwin Ch. The Origin of The Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in The Struggle for Life. London: J.Murray, Albemarle Street, 1859 (Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. М.: Тайдекс Ко, 2003, 496 с. – см. также <http://charles-darwin.narod.ru/origin-content.html>
25. Forrester J.W. Counterintuitive Behavior of Social Systems // *Technology Review*, 1971, Vol. 73, No. 3, pp. 53-68 (Форрестер Дж. В. Антиинтуитивное поведение сложных систем // Современные проблемы кибернетики. М.: Знание, 1977, С. 9-25).
26. Grinchenko S.N. Meta-evolution of Nature System – The Framework of History // *Social Evolution & History*. Volume 5, number 1. March 2006. P. 42-88. – also see <http://www.uchitel-izd.ru/data/stat3.zip>