

ПОИСКОВО-ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ И ТЕОРИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Гринченко С. Н.

Предлагается рассматривать живую природу как систему управления. Это позволяет построить схему механизма иерархической адаптивной поисковой оптимизации энергетики живого, одна часть элементов и связей которой могут быть интерпретированы в терминах дарвинистских теорий эволюции, а другая – номогенетических

Насколько известно, до сих пор теории биологической эволюции создавались исключительно путем обобщения тех или иных экспериментальных данных. И этот путь настолько естественен, что вопрос о возможных альтернативах ему практически не ставится. Но это не значит, что таких путей вообще нет. К подобным альтернативным подходам можно отнести *информатико-кибернетический* (Гринченко, 2004, 2007), в рамках которого живая природа рассматривается как иерархическая система управления (точнее, *самоуправления*), представители уровней/ярусов которой перманентно реализуют процесс своего приспособления к изменениям как внешней, так и внутренней среды. Осуществляется это по алгоритмам адаптивной *поисковой оптимизации* (оптимизация – это процесс движения к цели, в отличие от оптимальности – состояния достигнутой цели). Интерпретируя некоторые процессы в такой системе как эволюционные, можно существенно модифицировать традиционные теории биологической эволюции.

1. Идея управления в живой природе и теории биологической эволюции

По мнению А.А.Ляпунова, высказанному в 1962 г., «управление можно объявить характеристическим свойством жизни в широком смысле» ((1980), С. 208). В 1958 г. И.И.Шмальгаузен опубликовал статью, в которой представил регулирующий механизм эволюции популяции в виде кибернетического цикла и отметил, что сама эволюция оказывается автоматически регулируемым процессом прогрессивной адаптации, а «этот кибернетический цикл является лишь перефразировкой дарвиновского понимания эволюции» ((1968), С. 177). М.А.Шишкин указывает, что модель эпигенетического (системного) подхода, лежащего в основе эпигенетической теории эволюции, «согласуется с тем, что реально известно о механизмах управления дифференциальной активностью генов» (2006). Но подобных мнений всё же мало, и это свидетельствует о том, что идея управления в живой природе пока не стала определяющей при синтезе современных представлений о биологической эволюции. Среди возможных причин этого не последнюю роль играет неопределённость используемой терминологии.

В своё время Ч.Дарвин назвал *естественным отбором, или переживанием наиболее приспособленных* «сохранение благоприятных индивидуальных различий и изменений и уничтожение вредных» ((Darwin, 1859/2003), С. 89). На сегодня термин «естественный отбор» воспринимается большинством (включая не только последователей дарвинизма, или *селектогенеза*, но и его противников) как первичное понятие дарвинизма, не требующее пояснений. Но некоторые, в своей критике селектогенеза, призывают вообще отказаться от использования понятия «отбор». Так, А.Лима-де-Фариа утверждает, что «если мы серьёзно стремимся понять механизм эволюции, слово “от-

бор” должно быть исключено из биологического словаря... Отбор должен быть изгнан из биологии по двум причинам: 1) отбор – это система выбора, а не материальный компонент живого организма или часть материи; 2) эта абстрактная концепция, отвлекающая от чисто физико-химического анализа взаимодействий между организмами» ((Lima-de-Faria, 1988/1991), С. 9–10). Ю.В.Чайковский приходит к выводу, что «естественного отбора как фактора эволюции (как следствия избирательной смертности и избирательной размножаемости) в природе вообще не обнаружено» ((2006), С. 628).

Как представляется, именно в подобных трактовках понятий «селекция» и «естественный отбор» и заложена причина большинства претензий к селектогенезу (неодарвинизму), которые выдвигают сторонники теорий направленности эволюции (Л.С.Берг, А.А.Любищев, Ю.В.Чайковский, В.И.Назаров и др.). Предлагаемый ниже пересмотр таких трактовок базируется на идее управления (и его конкретизации, поисковой оптимизации энергетики) как основного способа реализации процесса приспособительного поведения живого, в том числе и в эволюционном масштабе времени. Этот пересмотр состоит в признании наличия в этом процессе (как будет далее продемонстрировано) четырёх селективных механизмов плюс одного канализирующего, которые отслеживают целевые критерии, пятикратно повторяющиеся в иерархии системы живой природы.

Конечно, к понятию цели эволюционного процесса неодарвинисты относятся негативно. Так, А.С.Северцов пишет: «Селектогенез не только не отрицает закономерность и направленность эволюции, но и вскрывает биологические причины этих явлений. В рамках селектогенеза нет места только телеологии – представлению о существовании идеи эволюционного процесса, тем более цели, служащей его движущей силой» ((2005), С. 351). Если при этом понимать под целью нечто сверхъестественное, то с таким мнением трудно не согласиться. Но, как известно, телеологию определяют как «идеалистическое учение, приписывающее процессам и явлениям природы цели (целесообразность или способность к целеполаганию), которые или устанавливаются Богом (Х.Вольф), или являются внутренними причинами природы (Аристотель, Г.Лейбниц)» (СЭС, 1982). Вторая трактовка телеологии из этого определения уже не вызывает столь резкого отторжения, как первая. Конечно, Аристотелевская «особая нематериальная субстанция – энтелехия» как носитель изначальной целесообразности сегодня малоактуальна. Но этого нельзя сказать об энергии – вполне материальной субстанции, которая определяется как «общая количественная мера различных форм движения материи» (СЭС, 1982). И представляется вполне конкурентноспособной гипотеза о том, что именно энергический критерий эволюционного развития системы живого отражает имеющиеся факты. В рамках такого представления ***выживают биообъекты не «наиболее приспособленные к внешней среде», а наиболее энергетически эффективные.***

Другое дело, что *из второго практически всегда следует первое*, и именно в этом причина того, что вот уже полтора столетия в умах большинства эволюционистов превалирует относительно легко наблюдаемое «приспособление» тех или иных фенотипических признаков к окружающей среде, но не практически ненаблюдаемая (особенно в ископаемых останках живого) их прижизненная интегральная энергетика. И это несмотря на практическую невозможность выделять конкретные внешние структурные и поведенческие признаки биообъектов, по изменению которых будущей ход эволюции живого можно было бы – априори! – предсказывать. На рис. 1 представлена реконструкция схемы «дарвиновского» механизма биологической эволюции, «спроецирован-

ная» на схему предлагаемого механизма иерархической адаптивной поисковой оптимизации живой природы (Гринченко, 2004): сложность их несопоставима...

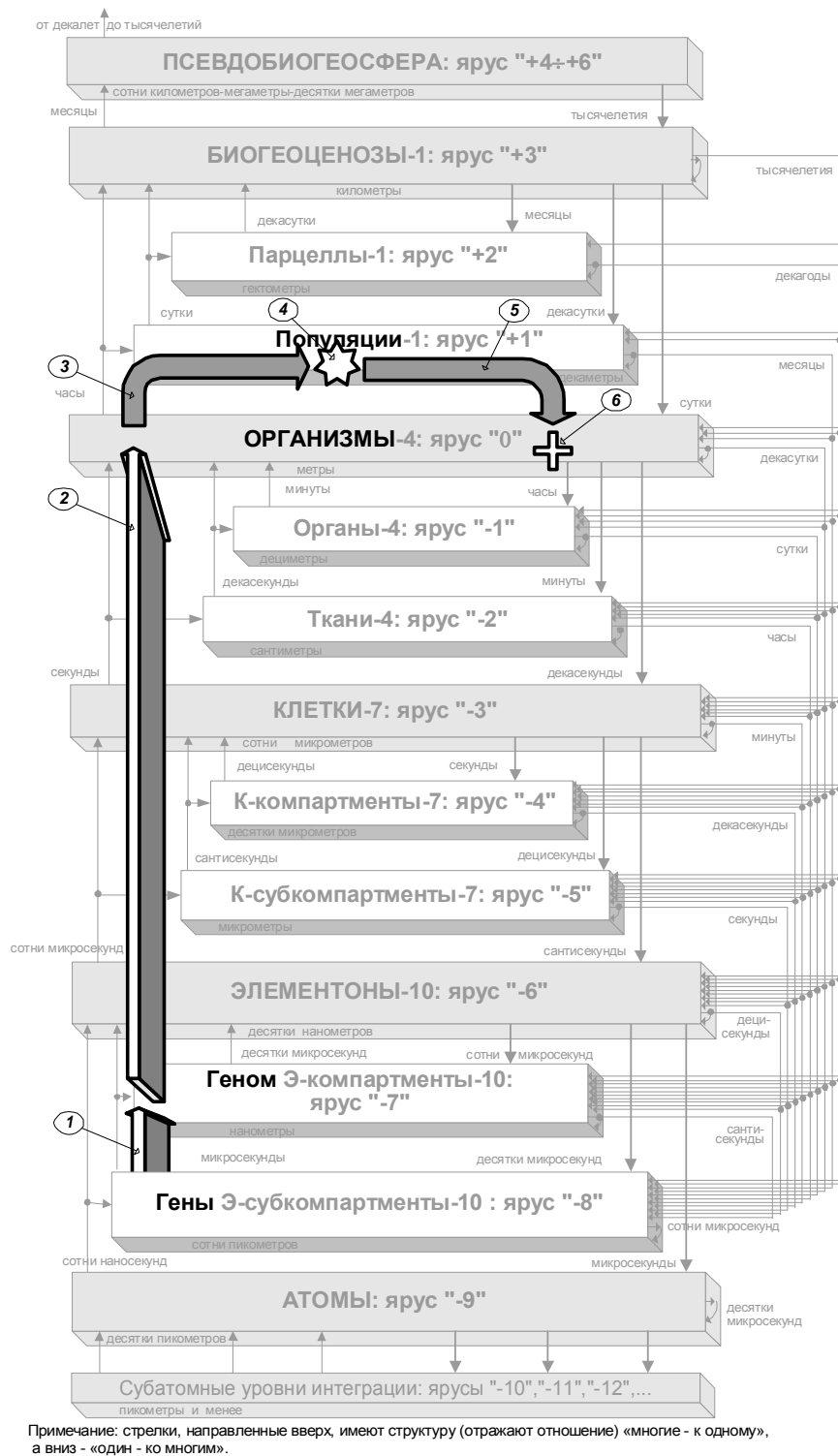


Рис. 1. Проекция реконструкции «неодарвинистской» модели биологической эволюции на схему механизма иерархической адаптивной поисковой оптимизации живой природы

2. О механизме иерархической адаптивной поисковой оптимизации живого

Основную идею процедуры поисковой оптимизации лучше всего представить на некотором гипотетическом примере её применения. Рассмотрим совокупность неких субъектов S , каждый из которых «ведёт себя» во времени – влияя на остальных – каким-то, а priori непредсказуемым, образом (т.е. проявляет собственную активность поведения, если угодно – свободу воли). Представим себе, что некто должен каким-то образом перманентно оценивать текущую результативность поведения всей совокупности этих субъектов S как целого. И зададимся вопросом: базируясь на каких именно соображениях – и какими средствами – он может это делать? Ответ на этот вопрос (в рамках предлагаемой концепции) выглядит следующим.

Во-первых, этот некто может следить за значениями некоторого интегрального параметра Q , зависящего от поведения субъектов S так называемым **экстремальным образом** (т.е. имеющим экстремум – максимум или минимум – в пространстве возможных поведений субъектов S) и отражающего эффективность суммарного поведения всей группы субъектов S как целого. Для этого ему достаточно запоминать последнее измеренное значение Q и сравнивать с ним вновь полученное. Если новое лучше старого, деятельность всей совокупности субъектов S на данном временном шаге признаётся успешной (даже если некоторые из них действовали явно не лучшим образом) и могут быть продолженной в том же духе, а новое значение Q запоминается. В противоположном случае деятельность всей совокупности субъектов S признаётся неудачной (даже если некоторые из них действовали явно лучшим образом) и всем им подаётся сигнал на изменение своего поведения, а значение Q сохраняется прежним. В результате, как легко видеть, осуществляется сравнительное оценивание вариантов совокупного поведения группы субъектов S на данном и прежнем временных шагах, и *направленная селекция* этих вариантов (т.е. направленная к экстремуму параметра Q).

Во-вторых, этот некто может следить за значениями некоторых других интегральных параметров, также зависящих от поведения субъектов S , и при этом отражающих дополнительные требования к суммарному поведению всей группы субъектов S . Часть из них, образующая множество G – так называемые **ограничения типа равенств** – задают «каналы» (некоторые предпочтительные варианты) совокупного поведения группы субъектов S как целого, т.е. определяют *канализирующую селекцию* рассматриваемого процесса. Остальные из них, образующие множество H – так называемые **ограничения типа неравенств** – ограничивают совокупное поведение группы субъектов S как целого, запрещая возможность реализации некоторых их вариантов. Подобную процедуру естественно назвать *ограничивающей селекцией*.

Наконец, возможен ещё один тип селекции – так называемая *селекция посредством внешнего дополнения* W – не являющаяся оценкой поведения субъектов S и происходящая за счёт влияния внешней по отношению к ним неспецифической среды.

Вышеперечисленные четыре разновидности селекции объединяет тот факт, что все они, так или иначе, сводятся к изменению спектра субъектов S (в составе группы) в ходе процесса их приспособительного поведения. Но при этом следует отметить, что сами значения целевых критериев группового приспособительного поведения Q , G , H существенным образом зависят от конкретного состава образующих группу субъектов S . Ясно, что за достаточно продолжительное время описываемого процесса спектр этих субъектов сильно изменяется, реализуя проявление так называемой **системной памяти**

M (Гринченко, 2004). В контексте рассматриваемого процесса относительно медленный процесс влияния дрейфа структуры группы субъектов *S* на их приспособительное поведение естественно назвать *структурной канализируемостью* последних.

Итак, основными средствами реализации «поисково-оптимизационного» процесса являются:

1. селекция направленная (задающая тенденцию изменения приспособительного поведения субъектов *S* в направлении экстремума общегруппового целевого критерия *Q*),
2. селекция канализирующая (задающая предпочтительные варианты приспособительного поведения субъектов *S* в составе группы согласно общегрупповому целевому критерию *G*),
3. селекция ограничивающая (запрещающая нежелательные варианты приспособительного поведения субъектов *S* в составе группы согласно общегрупповому целевому критерию *H*),
4. селекция посредством внешнего дополнения *W* (никак не связанная с проявлениями активности субъектов *S* в составе группы),
5. канализируемость структурная (посредством параметрических влияний системной памяти *M* на все перечисленные 4 типа селекции).

Если согласиться с утверждением о высокой эффективности и, главное, – универсальности поисково-оптимизационного процесса (что с достаточной степенью уверенности демонстрируется в технической кибернетике), то естественно возникает вопрос: наблюдается ли этот идеализированный кибернетический процесс где-либо в живой природе?

3. Адаптивная поисковая оптимизация в иерархии живого

Опираясь на подробную аргументацию, приведённую в (Гринченко, 2004), на этот вопрос можно дать положительный ответ. Более того, в иерархии системы живой природы подобный процесс – локально – наблюдается сразу в нескольких её местах (подсистемах, иерархически вложенных друг в друга), образующих в результате *целостный* процесс поисковой оптимизации живого. При этом в качестве упомянутого выше «некто» выступают биообъекты, относящиеся к «основным уровням/ярусам биологической интеграции»: 1) так называемым «элементонам» (прокариотическим ячейкам и ультраструктурным внутриклеточным элементам эвкариот), 2) одноклеточным эвкариотам (сложным клеткам), 3) многоклеточным организмам, 4) биогеоценозам и 5) Биогеоосфере в целом. Именно они задают всем образующим их (т.е. иерархически вложенным в них) биообъектам целевые критерии приспособительного поведения *Q*, *G* и *H*, а верхние (в иерархии) биообъекты задают влияния системной памяти *M* на нижние. Полный же перечень биообъектов, слагающих иерархическую систему живой природы, выглядит следующим образом (на рис. 1. восходящие стрелки отражают активность, нисходящие сплошные – целевые критерии, нисходящие пунктирные – системную память):

+6. **Биогеоосфера (БГС)** (размер ~ десятки мегаметров, характерное время поисковой активности (ХВПА) ~ тысячелетия);

+5. БГС-компартменты – природные зоны (размер ~ мегаметры; ХВПА ~ века);

+4. БГС-субкомпартменты – биомы (размер ~ сотни км; ХВПА ~ декагоды);

+3. **Биогеоценозы (БГЦ)** (размер ~ километры; ХВПА ~ месяцы (около 1 года));

+2. БГЦ-компартменты – парцеллы (размер ~ гектаметры; ХВПА ~ декасутки);

+1. БГЦ-субкомпартменты – популяции (размер ~ декаметры; ХВПА ~ сутки);

0. Многоклеточные организмы (МО) (размер ~ метры; ХВПА ~ часы);

-1. МО-компарменты – органы (размер ~ дециметры; ХВПА ~ минуты);

-2. МО-субкомпарменты – ткани (размер ~ сантиметры; ХВПА ~ декасекунды);

-3. Сложные клетки-эвкариоты (размер ~ сотни микрометров; ХВПА~секунды);

-4. Внутриклеточные компарменты (размер ~ десятки мкм;ХВПА~децисекунды);

-5. Внутриклеточные субкомпарменты (размер ~ мкм; ХВПА ~ сантисекунды);

-6. Элементы (прокариоты) (размер ~ сотни нанометров; ХВПА ~ сотни микросекунд);

-7. Макромолекулярные структуры (размер ~ десятки нанометров; ХВПА ~ десятки микросекунд);

-8. Органические молекулы (размер ~ сотни пикометров; ХВПА ~ микросекунды);

-9. Атомы (размер ~ десятки пикометров; ХВПА ~ сотни наносекунд).

Представители всех этих ярусов в иерархии живого проявляют *активность*, которую можно интерпретировать как *поисковую*. В работе (Гринченко, 2004) роль и значение активности/поисковой активности в системе живой природы не только рассмотрена достаточно подробно (со ссылками на авторитетные мнения таких специалистов, как Л.С.Берг, Н.А.Бернштейн, В.С.Ротенберг, М.И.Сетров, Ю.В.Сачков, А.П.Назаретян и др.), но и декларирована в качестве основополагающего фактора приспособительного поведения живого. В рамках современных эволюционных теорий роль активности как важнейшего эволюционного фактора практически не акцентируется (см., напр., монографии Н.Н.Воронцова, Ю.В.Чайковского и В.И.Назарова соответственно 1999, 2003 и 2007 года издания), но в последнее время роль и значение активности для эволюционного процесса начали характеризовать как первостепенные (Чайковский, 2006).

Помимо активности, в рамках предлагаемой концепции к фундаментальным свойствам системы живой природы относится *обобщенная адаптивность*, или *обобщенная приспособляемость*, реализующая имманентную системе живого тенденцию к активности, экспансивности и структурируемости посредством стремления к *гармоничности*, т.е. к согласованию внутренних интересов подсистем с потребностями их внешнего окружения. Термин *обобщенная* указывает здесь именно на то важнейшее явление, что адаптивность проявляется – причем *перманентно* – по отношению к изменениям не только *внешней* (для целостной системы) среды, но и её *внутренней* среды. Это справедливо для всех основных уровней интеграции системы природы. Таким образом, *все* процессы в контурах поисковой оптимизации живой природы реализуют процессы обобщенной адаптации. Но традиционно соответствующие им процессы называют применительно к контурам «Сложные клетки–Элементы» и «Многоклеточные организмы–Сложные клетки» *адаптацией*, а применительно к контурам «Биогеоценозы–Многоклеточные организмы» и «Биогеосфера–Биогеоценозы» – *эволюцией*.

Здесь необходимо оговориться, что сейчас в понятие биологической эволюции включают также и процессы, связанные с возникновением в отдалённом прошлом Земли представителей новых ярусов иерархической системы живого: вначале прокариот, затем – сложных клеток-эвкариот, далее многоклеточных организмов, и, наконец, биогеоценозов – т.е. процессов *метаэволюции* системы живой природы (Гринченко, 2004, 2007). С позиций предлагаемой концепции это неверно, поскольку процессы метаэволюции живого не являются приспособительными, а, напротив, происходят вполне регулярно, причём за периоды времени, которые подчиняются математическому расчёту.

Целенаправленность же в соответствующих контурах поисковой оптимизации системы живой природы, т.е. её целевые критерии, выступает в качестве *системообразующего* фактора – инструмента сопряжения функциональных проявлений внутренней среды соответствующих подсистем и их внешнего специфического окружения. При этом целевой критерий экстремального типа отражает *энергетику* системы живого.

4. Энергетические критерии поисковой оптимизации биологических систем

С позиций предлагаемого подхода, биообъекты, относящиеся к основным уровням интеграции живого, проявляют *тенденцию* вести себя таким образом, чтобы перманентно выполнялось условие: $Q_t = \frac{E_t^{(p)}}{E_t^{(\phi)}} \rightarrow \min$, где: t – интервал усреднения време-

ни; $E_t^{(\phi)}$ – поток энергии, затрачиваемой на обеспечение специфической функциональной активности биообъекта (напр., для клетки – рецепции входных сигналов и обеспечения выходной реакции); $E_t^{(p)}$ – поток дополнительной энергии, вырабатываемой во время переходных процессов в биообъекте и затрачиваемой на перестройку его внутренней структуры. Речь идёт именно о долговременной тенденции, ибо реакция биообъектов на текущие раздражители связана с увеличением $E_t^{(p)}$. Легко показать, что минимизация Q_t эквивалентна максимизации «к.п.д.» такого биообъекта (если рассматривать, с точки зрения внешней среды, в качестве «полезных» $E_t^{(\phi)}$, а в качестве «бесполезных» – $E_t^{(p)}$). Имеются ли в пользу подобной интерпретации эволюционной роли энергетических потоков в биосистеме достаточные аргументы? Да, близкие трактовки высказываются в работах А.П.Руденко, Г.Одума и Э.Одума, М.А.Ханина, особенно Н.С.Печуркина (1982) и др. По мнению И.И.Гительсона, «наибольший интерес представляет стремление найти количественное выражение энергетической зависимости эволюции и вывести её принципы через энергетические принципы экстенсивного и интенсивного развития. Эти показатели приобретают не оценочное, а фундаментальное значение факторов, направляющих эволюцию, если строго доказать, что каждый элементарный шаг отбора на уровне микроэволюции даёт энергетический выигрыш» ((1982), С. 4). С позиций предлагаемой концепции последнее, безусловно, верно, но с единственным уточнением, что в качестве «элементарного шага отбора» должна рассматриваться некоторая серия поисковых шагов оптимизации энергетики живого, а не каждый отдельный поисковый шаг (могущий приводить и к локальному «проигрышу»).

5. Заключение

Итак, из трёх основных составляющих поискового оптимизационного механизма эволюции Ч.Дарвином гениально угадано (почти 150 лет назад!) примерно «полтора»:

- 1) введено (хотя и неявно) понятие «генератора активности», что следует из трактовки им понятия «*изменчивости*» (которое вполне можно интерпретировать в качестве «поисковой активности»), как фундаментального в его теории;
- 2) введён прообраз селектора – «*естественный отбор*» и прообраз целевой функции (правда, не экстремального типа, а лишь в форме целевых ограничений типа неравенств и селекции посредством внешнего дополнения) – т.е. прообраз собственно контура оптимизации как такового (но всего одного, а не пяти, иерархически вложенных друг в друга, как это оказывается).

В свою очередь, многие факты, которыми обосновывают теории номогенеза, хорошо ложатся в схему третьей составляющей этого механизма – системной памяти живого. Тем самым дарвинистские и номогенетические теории эволюции – точнее, их **модифицированные версии** – объединяются в рамках единой схемы перманентной иерархической поисковой оптимизации живой природы. Памятуя, что «в биологии термин "эволюция" применяется в различных смыслах... и дискуссия между сторонниками номогенеза и дарвинистического подхода основана на непонимании того, что эти концепции дополнительные, а не взаимоисключающие» (Жерихин, Раутиан, 1997), предлагаемый подход может рассматриваться как средство преодоления этого непонимания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гительзон И.И. От редактора // В кн.: (Печуркин, 1982), С. 3–4.
2. 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/>
3. Гринченко С.Н. Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы). М.: ИПИРАН, 2007. 456 с. – см. также http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/book_2/
4. Жерихин В.В., Раутиан А.С. Филоценогенез и эволюционные кризисы (1997 г.) – <http://www.macroevolution.narod.ru/rautian2.htm>
5. Ляпунов А.А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. М.: Наука, 1980. 336 с.
6. Печуркин Н.С. Энергетические аспекты развития надорганизменных систем. Новосибирск: Наука, 1982. 113 с.
7. Северцов А.С. Теория эволюции. М.: Гуманитар. Изд. Центр ВЛАДОС, 2005. 380 с.
8. СЭС. Советский энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1982. 1600 с.
9. Чайковский Ю.В. Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 712 с.
10. Шишкин М.А. Индивидуальное развитие и уроки эволюционизма // Онтогенез, 2006, т. 37, № 3, С. 179–198.
11. Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск: Наука, 1968. 224 с.
12. 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 (русский перевод: Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. М.: Тайдекс Ко, 2003. 496 с.).
13. Lima-de-Faria A. Evolution without Selection. Form and Function by Autoevolution. Amsterdam. New York. Oxford. Elsevier, 1988 (русский перевод: Лима-де-Фариа А. Эволюция без отбора: Автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991. 455 с.).

SEARCH-OPTIMIZATIONAL APPROACH TO MODELING OF ANIMATE NATURE AND THEORIES OF BIOLOGICAL EVOLUTION

Grinchenko S. N.

It is proposed to treat the animate nature as the control system. It allows to build the scheme of hierarchic adaptive search optimization mechanism of animate energetics, the one part of elements and links of which can be interpreted in terms of Darwinist theories of evolution, and other – nomogenetic theories