

.....

*«Многие вещи нам непонятны не потому, что наши понятия слабы; но потому, что сии вещи не входят в круг наших понятий»*

*Козьма Прутков. Плоды раздумья. Мысли и афоризмы, № 66  
«1. ...Весь Мир, в котором мы живем, вся Вселенная или, как говорил Тейяр де Шарден, весь Универсум, есть некоторая система...*

*2. В основе всего мироздания, всех процессов Универсума, лежит стохастика и неопределенность»*

*Никита Николаевич Моисеев*

## **РАЗДЕЛ 2. ИНФОРМАТИКО-КИБЕРНЕТИЧЕСКОЕ «ЯДРО» СИСТЕМЫ ПРИРОДЫ: механизм иерархической поисковой оптимизации целевых критериев (энергетического характера) ее приспособительного поведения**

Ниже приводится перечень основных терминов и постулатов, задающих «костяк» предлагаемой концепции, в формате «формулировка – краткие пояснения». Тем самым вводится некоторая пропедевтика, облегчающая первичное знакомство с предметом настоящей публикации.

Как представляется, базис концепции образуют следующие понятия – свойства *системы природы*:

- ❖ **«АКТИВНОСТЬ»**, реализующая имманентную ей тенденцию к «проявлению себя» как индивидуальности;
- ❖ **«ЭКСПАНСИВНОСТЬ»**, реализующая имманентную ей тенденцию к активности посредством стремления к *экспансии*, т.е. к всё большей и большей своей протяжённости в пространстве;
- ❖ **«СТРУКТУРИЗУЕМОСТЬ»**, реализующая имманентную ей тенденцию к активности посредством стремления к *структуризации* вплоть до *иерархизации*, т.е. к возникновению в ней подсистем, отграничивающих каждая свою внутреннюю среду от своего окружения;
- ❖ **«ОБОБЩЕННАЯ АДАПТИВНОСТЬ»**, реализующая имманентную ей тенденцию к активности, экспансивности и структурируемости посредством стремления к *гармоничности*, т.е. к согласова-

нию внутренних интересов подсистем с потребностями их внешнего окружения (термин *обобщенная* указывает здесь именно на то важнейшее явление, что адаптивность проявляется по отношению к изменениям не только *внешней* – по отношению к целостной системе – среды, но и её *внутренней* среды);

- ❖ **«ПОИСКОВАЯ ОПТИМИЗАЦИОННОСТЬ»**, реализующая имманентное ей свойство обобщенной адаптивности посредством возникновения в её иерархии ряда *автономных механизмов поисковой оптимизации*, каждый из которых перманентно стремится к максимизации энергетической эффективности приспособительного поведения своих элементов.

В свою очередь, выделение в рамках системы природы её *живой компоненты* эквивалентно переформулированию и конкретизации последнего свойства, а именно:

- ❖ **«АДАПТИВНАЯ ПОИСКОВАЯ ОПТИМИЗАЦИОННОСТЬ»**, реализующая имманентное ей свойство обобщенной адаптивности посредством возникновения в её иерархии *единого иерархического механизма адаптивной поисковой оптимизации*, перманентно стремящегося к максимизации энергетической эффективности приспособительного поведения своих подсистем, на базе возникновения и углубления *системной памяти* соответствующих иерархических уровней, преобразуя, тем самым, отдельные подсистемы системы природы в *живые* (в данном контексте *адаптивность*, относящаяся к модификации параметров и структуры собственно поискового механизма, должна рассматриваться как *вторичная* по отношению к ранее введенной *обобщенной адаптивности*, относящейся к модификации самой системы природы как целого).

Таким образом, в зависимости от глубины *системной памяти* фрагменты системы природы подразделяются на *неживые* (с нулевой глубиной системной памяти) либо *живые* (с ненулевой глубиной системной памяти, в частности – биологические) системы.

Свойства *активности* и *структурируемости* системы природы не раз описывались в литературе и достаточно известны. В меньшей мере это можно отнести к свойству её *экспансивности*. Наконец, свойства *обобщенной адаптивности*, *поисковой оптимизационности* и *адаптивной поисковой оптимизационности* обосновываются как неперенные атрибуты системы природы (и живой природы) в моих ранее опубликованных работах и в настоящей монографии.

Вся же совокупность вышеуказанных свойств системы природы, а также её живой компоненты, *постулируется* в рамках предлагаемой концепции. Именно все они *в целом* и определяют отличия последней от многих существующих представлений о Мироздании. Пояснению указанных понятий и соответствующих им постулатов, лежащих в основе концепции, посвящены последующие разделы книги.

## 2.1. Основные постулаты

**ПОСТУЛАТ 1: «Первичное фундаментальное свойство системы природы** в целом и всех её основных подсистем в отдельности – свойство *активности*, реализующей имманентную системе природы тенденцию к “проявлению себя” как индивидуальности».

ПОЯСНЕНИЯ. Это *абсолютно* первичное свойство системы природы (Вселенной, Мироздания, etc.). Свое конкретное отражение это находит в широко известном тезисе о *самодвижении материи*.

**ПОСТУЛАТ 2: «Вторичное фундаментальное свойство системы природы** представляет собой пару взаимодополнительных (дуальных) свойств:

1) *экспансивности*, реализующей имманентную системе природы тенденцию к активности посредством стремления к *экспансии*, т.е. к всё большей и большей своей протяженности в пространстве (иногда близкое к этому свойство определяют как *агрессивность*), и

2) *структурируемости*, реализующей имманентную системе природы тенденцию к активности посредством стремления к *структуризации* вплоть до *иерархизации*, т.е. к возникновению в ней подсистем, отграничивающих каждая свою внутреннюю среду от своего окружения».

ПОЯСНЕНИЯ. Свое конкретное проявление ПОСТУЛАТ 2 находит в феноменах соответственно *расширения Вселенной* (а также роста «горизонта метаэволюции живого» – см. ниже, раздел 7) и *иерархичности* систем природы и живой природы.

**ПОСТУЛАТ 3: «Третичное фундаментальное свойство системы природы** представляет собой пару взаимосвязанных (связкой типа “цель” – “средство её достижения”) свойств:

1) *обобщенной адаптивности*, или *обобщенной приспособляемости*, реализующей имманентную системе природы тенденцию к активности, экспансивности и структурируемости посредством стремления к *гармоничности*, т.е. к согласованию внутренних интересов подсистем с потребностями их внешнего окружения, и

2) *поисковой оптимизационности*, реализующей имманентное системе природы свойство обобщенной адаптивности посредством возникновения в её иерархии *автономных механизмов поиско-*

вой оптимизации, каждый из которых перманентно стремится к максимизации энергетической эффективности приспособительного поведения своих элементов».

ПОЯСНЕНИЯ. Термин *обобщенная* указывает здесь именно на то важнейшее явление, что адаптивность проявляется – причем *перманентно* – по отношению к изменениям не только *внешней* (по отношению к целостной системе) среды, но и её *внутренней* среды. Это справедливо для всех характерных уровней интеграции системы природы. Отмечу при этом, что обычно *адаптивность* рассматривают как свойство какой-либо системы приспосабливаться лишь к *внешним* воздействиям на неё. Но в рамках предлагаемой концепции именно её расширенная, *обобщенная* трактовка имеет кардинальное значение.

Свое конкретное проявление ПОСТУЛАТ 3 находит в феноменах соответственно *обобщенной адаптивности* и *целенаправленности* приспособительного поведения (в *энергетико-структурном* смысле) системы природы в целом и всех её основных подсистем в отдельности. Обобщенная адаптивность реализуется здесь с помощью методов, которые в кибернетике называются *поисковыми* методами оптимизации, а целенаправленность выступает как вполне *материальный* фактор, связанный с *энергетикой* системы природы. Тем самым привлечение для объяснения наличия целезадающего фактора в системе природы сверхъестественных сил (носителей «разума», «интеллекта» etc.) представляется излишним. Кроме того, энергетический критерий поисковой оптимизации выступает в качестве *системообразующего* фактора – инструмента сопряжения функциональных проявлений внутренней среды соответствующих подсистем и их внешнего специфического окружения (см. ниже, раздел 5).

**ПОСТУЛАТ 4: «Вторая составляющая третичного фундаментального свойства системы природы (отражающая его аспект как “средства достижения цели”) для её живой компоненты – адаптивная поисковая оптимизационность, реализующая имманентное последней свойство обобщенной адаптивности посредством возникновения и перманентного развития (на базе возникновения и углубления *системной памяти* соответствующих иерархических уровней, преобразуя, тем самым, отдельные подсистемы системы природы в *живые*) единого иерархического механизма адаптивной поисковой оптимизации, стремящегося к максимизации энергетической эффективности приспособительного поведения своих подсистем также перманентно».**

ПОЯСНЕНИЯ. Таким образом, *системная память* – это характеристика запоминания/забывания влияний со стороны высших ярусов иерархической поисковой оптимизационной системы *живой* природы на процесс формирования приспособительного поведения элементами каждого из вложенных в последние (по принципу «матрешки») низших ярусов. Именно наличием *системной памяти* Живая природа отличается от Неживой, что приводит к определению *жизни* как *формы существования фрагментов системы природы, обладающих системной памятью*.

*Активный поисковый характер* этого процесса демонстрируют (и определяют его трактовку) эмпирически наблюдаемые «хаотические движения» любой подсистемы живого (либо включающей живое) в соответствующем специфическом пространстве – рыскания, флуктуации, тремор и т.п. явления. По своей величине (амплитуде) эти «хаотические» рыскания в определенных ситуациях могут быть весьма малыми, но в других – весьма значительными. Это связано с проявлением свойств «локальности» и «глобальности» поискового оптимизационного механизма, а также его «случайности» (см. ниже, пункт 2.4.2 и раздел 4).

## **2.2. Иерархическая система живой природы**

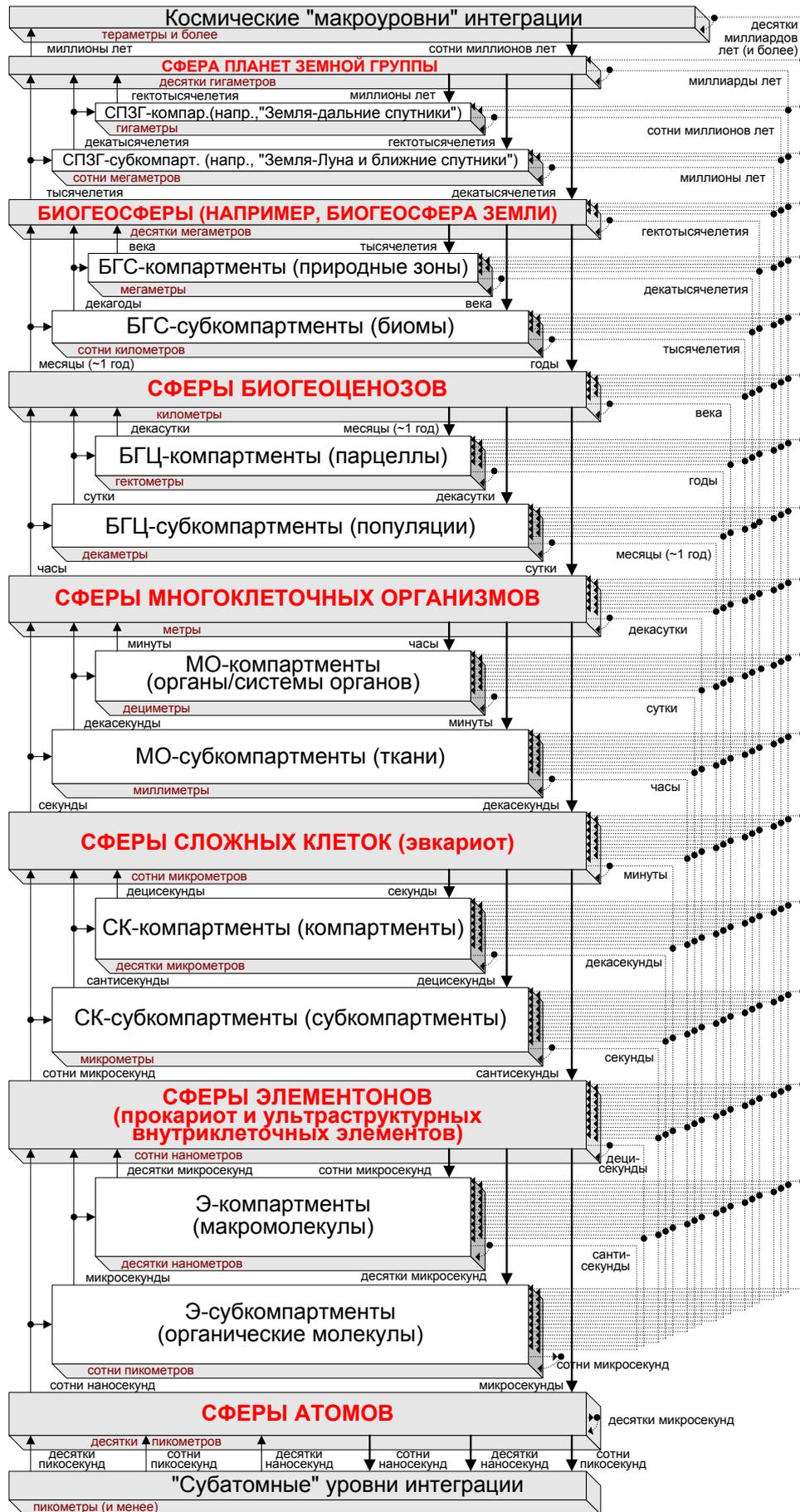
Важнейшее свойство системы природы – её *иерархичность* – с позиций предлагаемой концепции рассматривается как *средство*, необходимое для реализации приспособительного поведения на всех уровнях её интеграции (посредством совокупности взаимосогласованных оптимизационных процессов).

Применительно к живому: именно и только иерархичность пространственно-временных характеристик живой материи позволяет «разнести» в пространстве и во времени весь спектр оптимизационных процессов на всех уровнях интеграции биологических систем. Исходя из этой посылки, я выделяю (обоснование см. ниже, в подразделе 3.6) в живой компоненте системы природы (точнее, в её наблюдаемом нами фрагменте, включающем Землю и Ближайший Космос) следующую иерархию последовательно вложенных друг в друга *уровней интеграции* (организации), или *ярусов* (см. рис. 2.1):

+9. «**СФЕРА ГРУППЫ БЛИЖАЙШИХ ПЛАНЕТ**» (в частности, для Земли это «**СФЕРА ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ (СПЗГ)**», или **ЗОНА «БЛИЖАЙШЕГО» КОСМОСА**) (размер ~ десятки гигаметров);

+8. СПЗГ-компарменты, или зоны «Промежуточного» Космоса (комплексы «Планета – дальние спутники»; для Земли – пространство в пределах орбит её гипотетических дальних спутников) (размер ~ гигаметры);

+7. СПЗГ-субкомпарменты, или зоны «Околопланетного» Космоса (комплексы «Планета – ближние спутники»; для Земли – пространство в пределах орбиты Луны) (размер ~ сотни мегаметров);



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

Рис. 2.1. «Идеальная» схема подсистемы природы «СФЕРА ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ–СФЕРЫ АТОМОВ» (на гипотетическом перспективном этапе иррадиации живого в Ближайший Космос).

- +6. **БИОСФЕРЫ ПЛАНЕТ, в частности, БИОГЕОСФЕРА (БГС)** (размер ~ десятки мегаметров);
  - +5. Биогосферные, или БГС-компартменты – природные зоны (размер ~ мегаметры);
  - +4. Биогосферные, или БГС-субкомпартменты – биомы (размер ~ сотни километров);
- +3. **СФЕРЫ БИОГЕОЦЕНОЗОВ (БГЦ)** (размер ~ километры);
  - +2. Биогеоценотические, или БГЦ-компартменты – парцеллы (размер ~ гектаметры);
  - +1. Биогеоценотические, или БГЦ-субкомпартменты – популяции (размер ~ декаметры);
- 0. **СФЕРЫ МНОГОКЛЕТОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ (МО)** (размер ~ метры);
  - 1. МО-компартменты – органы/системы органов (размер ~ дециметры);
  - 2. МО-субкомпартменты – ткани (размер ~ сантиметры);
- 3. **СФЕРЫ СЛОЖНЫХ КЛЕТОК (СК)** – эвкариоты (размер ~ сотни микрометров);
  - 4. СК-компартменты – внутриклеточные компартменты (размер ~ десятки микрометров);
  - 5. СК-субкомпартменты – внутриклеточные субкомпартменты (размер ~ микрометры);
- 6. **СФЕРЫ «ЭЛЕМЕНТОНОВ (Э)»** – ультраструктурных внутриклеточных элементов (сложных клеток) и автономных прокариотических ячеек (размер ~ сотни нанометров);
  - 7. Э-компартменты – макромолекулярные структуры (размер ~ десятки нанометров);
  - 8. Э-субкомпартменты – органические молекулы (размер ~ сотни пикометров);
- 9. **СФЕРЫ АТОМОВ** (размер ~ десятки пикометров).

Выделенные курсивом и полужирным шрифтом уровни №№ 0, ±3, ±6 и ±9 определяются как основные уровни биологической интеграции (ОУБИ), остальные уровни – как промежуточные уровни биологической интеграции (ПУБИ), причем «нижние» в каждой паре иерархически смежных ПУБИ (т.е. №№ +1, +4, +7, –2, –5 и –8) представляют собой ярусы с относительно однородной структурой, а, соответственно, «верхние» в каждой паре иерархически смежных ПУБИ (т.е. №№ +2, +5, +8, –1, –4 и –7) – ярусы с относительно неоднородной структурой.

Принципиальные различия биосистем, относящихся к ОУБИ и ПУБИ, состоят в том, что:

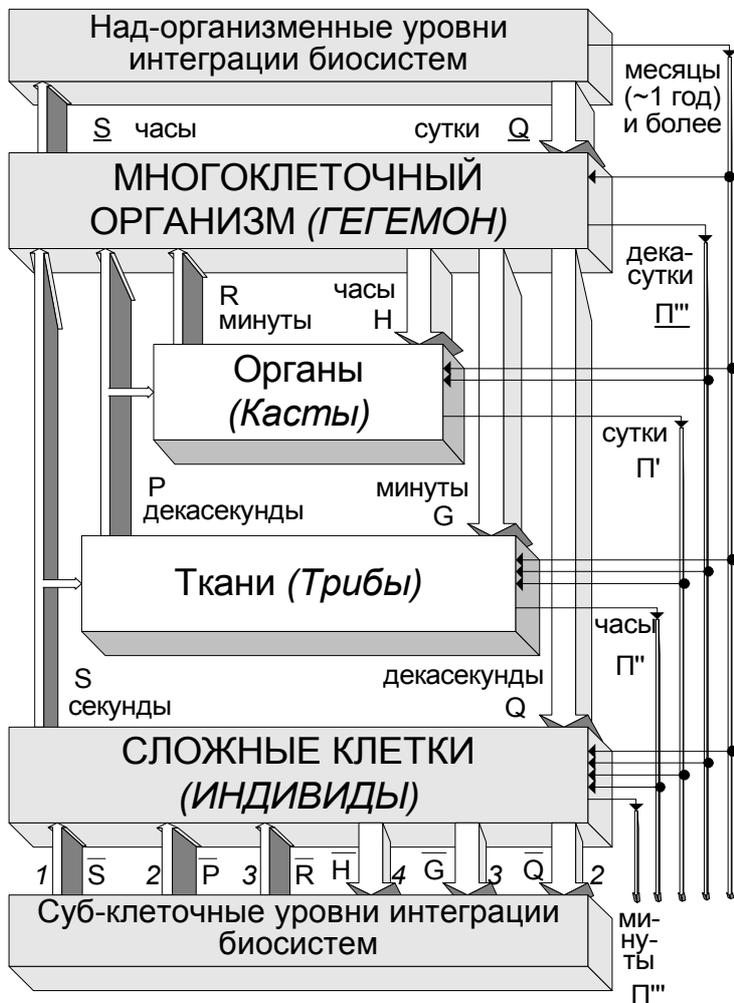
- первые существенно более *целостны* (ОУБИ существенно более *отграничены* от внешней среды специфическими оболочками – клеточными мембранами и оболочками, кожным и волосяно-шерстяно-перьево-роговым либо костно-чешуйчатым покровом для организмов, рельефом местности и массивами растительности для биогеоценозов и т.п.), чем ПУБИ, у которых подобные оболочки обычно либо отсутствуют, либо относительно слабо выражены;
- первые *генерируют* (как *интегральный фактор, отражающий их специфическое поведение*), *передают* (себе подобным, т.е. объектам того же яруса в иерархии живого), *воспринимают* (от себе подобных) и *запоминают соответствующую информацию – сигналы специфической функциональной активности*; вторые же этим свойством не обладают;
- первые обладают *фундаментальным свойством задавать целевые критерии поисковой оптимизации* своего приспособительного поведения для “нижележащих” (т.е. “вложенных” в ОУБИ) элементов трех ярусов: двух смежных ПУБИ и смежного ОУБИ; вторые таковым свойством не обладают.

#### ПРИМЕЧАНИЯ:

а) сквозная нумерация уровней с началом отсчета на ярусе МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ проведена мною с учетом того, что, как принято считать, «человек (индивидуум, личность etc. – С.Г.) есть мера всех вещей...» [Протагор, 1969].

б) иерархические уровни (прото-ОУБИ), лежащие выше Сферы планет земной группы (Сферы дальних планет, Звездные системы и т.д.) и ниже атомного (Сферы ядер атомов, Сферы элементарных частиц и т.д.), в первом приближении выходящие за рамки непосредственного проявления явлений *жизни*, будут лишь кратко рассмотрены в разделе 7 и в Приложении.

Более подробно понятие иерархии и предложенные различными авторами варианты иерархической структуры живого рассматриваются ниже, в подразделе 3.6. Здесь лишь отмечу, что, например, полноразмерный МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ в рамках предлагаемой концепции включает в себя не только иерархически «вложенные» в него клетки-эвкариоты (непосредственно образующие его ткани и органы). В его рамки необходимо включать и находящиеся в занимаемом им пространстве ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ (а также иногда и малоразмерные МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ), живущие в симбиозе (различной степени интенсивности вплоть до её нулевого значения) с рассматриваемым МНОГОКЛЕТОЧНЫМ ОРГАНИЗМОМ. Аналогичным образом и СЛОЖНАЯ КЛЕТКА включает в себя не только в некотором смысле «собственные», непосредственно образующие её ультраструктурные элементы, но и образования типа прокариот, вирусов и им подобных частиц, которые обычно интерпретируют как находящиеся с ней в симбиотических отношениях (также вплоть до нейтральности). Также аналогично – и достаточно очевидно – это и для БИОГЕОЦЕНОЗА, который состоит из всех биообъектов, находящихся в занимаемом им пространстве, и для БИОГЕОСФЕРЫ, и т.д.



Примечания: а) стрелки, направленные вверх, имеют структуру (отражают отношение) «многие - к одному», направленные вниз - «один - ко многим»; б) S,P,R - активности, П - память; в) 1 - сотни микросекунд, 2 - наносекунды, 3 - децисекунды, 4 - секунды

Рис. 2.2. Супраконтур, или контур иерархической поисковой оптимизации (на примере упрощенной схемы супраконтур МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ–СЛОЖНЫЕ КЛЕТКИ)

И, наконец: возникновение иерархии необходимо сопровождается возникновением *изоляции*, т.е. границ между представителями одного уровня интеграции в иерархии. Иначе не обеспечить *целостности* каждого из них, т.е. относительной автономности задания: а) независимых переменных – выходов биообъектов, относящихся к «низшему» ОУБИ в контуре иерархической оптимизации; б) целевых критериев оптимизации биообъекта, относящегося к «высшему» ОУБИ; в) системной памяти биообъектов на всех соответствующих ярусах.

## 2.3. Супраконтур: структура и основные характеристики

### 2.3.1. Формулировка

Поскольку термин «контур иерархической поисковой оптимизации» несколько громоздок, целесообразно ввести его более краткий синоним, а именно – «супраконтур», и дать ему формулировку:

«**Супраконтур**, или контур иерархической поисковой оптимизации – фрагмент более общей *супрасистемы* (иерархически взаимоувязанной совокупности нескольких супраконтуров, например, системы живой природы, социально-технологической системы Человечества и т.п.).»

В общем случае супраконтур содержит следующие компоненты (см. рис. 2.2):

- два яруса ОУБИ-систем, “высший”, на котором единственная компонента задает критерии оптимизации для всего супраконтур, и “низший”, множество компонент которого реализуют поисковую активность в супраконтуре (на примере рис. 2.2 – это супраконтур МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ–СЛОЖНЫЕ КЛЕТКИ);
- две яруса ПУБИ-систем, также реализующих поисковую активность, но интегрально: они представляют собой объединения (различной степени интеграции) множество “низших” ОУБИ-систем; причем ярус “высшей” из такой пары представляет собой сравнительно неоднородную структуру, а ярус “низшей” – сравнительно однородную;

и следующие **связи**:

- три сугубо внутренние (для супраконтура) связи типа “многие к одному”, отражающие поисковую активность его ярусов (на рис. 2.2 обозначены восходящими стрелками):
  - первая (на рис. 2.2 обозначена  $S$ ) задается компонентами “низшего” ОУБИ-яруса и действует:
    - на вышележащую компоненту “высшего” ОУБИ-яруса, образуя часть («первую половину») первого субконтура оптимизации в супраконтуре,
    - на вышележащие компоненты обоих ПУБИ-ярусов, реализуя взаимодействие субконтуров;
  - вторая (на рис. 2.2 обозначена  $P$ ) задается компонентами “низшего” ПУБИ-яруса и действует:
    - на вышележащую компоненту “высшего” ОУБИ-яруса, образуя часть («первую половину») второго субконтура оптимизации в супраконтуре,
    - на вышележащие компоненты “высшего” в паре ПУБИ-яруса, реализуя взаимодействие субконтуров;
  - третья (на рис. 2.2 обозначена  $R$ ) задается компонентами “высшего” ПУБИ-яруса и действует:
    - на вышележащую компоненту “высшего” ОУБИ-яруса, образуя часть («первую половину») третьего субконтура оптимизации в супраконтуре;
- три сугубо внутренние (для супраконтура) связи типа “один ко многим”, отражающие целевые критерии (на рис. 2.2 обозначены нисходящими стрелками и символами  $Q$  – критерий экстремального типа,  $G$  – типа равенств и  $H$  – типа неравенств) приспособительного поведения, задаваемые единственной компонентой “высшего” ОУБИ-яруса и действующие:
  - первая ( $Q$ ) – на нижележащие компоненты “низшего” ОУБИ-яруса, образуя часть («вторую половину») первого субконтура оптимизации в супраконтуре,
  - вторая ( $G$ ) – на нижележащие компоненты “низшего” ПУБИ-яруса, образуя часть («вторую половину») второго субконтура оптимизации в супраконтуре,
  - третья ( $H$ ) – на нижележащие компоненты “высшего” ПУБИ-яруса, образуя часть («вторую половину») третьего субконтура оптимизации в супраконтуре;
- три связи типа “один ко многим”, генерируемые внутри супраконтура, но влияющие не только на его компоненты, но и на компоненты всех супраконтуров, *вложенных* в рассматриваемый; эти связи отражают *системную память* о траектории поиска, её ограничениях (на поисковые переменные типа гиперкуба их допустимых значений) и результатах (значениях целевых критериев) процесса приспособительного поведения компонент каждого из ярусов рассматриваемого супраконтура, а также о параметрах собственно механизма поисковой оптимизации (лимитирования и закона изменения величины поискового шага, глубины памяти поискового механизма, его вероятностных характеристик и т.п.) (на рис. 2.2 обозначены нисходящими штриховыми стрелками и символами  $\underline{P}'''$ ,  $P'$ ,  $P''$ ,  $P'''$ )).

### 2.3.2. Краткие пояснения и дополнительная терминология

Уже в *классическом контуре* поисковой оптимизации (экстремального управления) можно выделить структурные образования, относящиеся к двум различным уровням организации. Это, с одной стороны, собственно объект управления и блок вычисления целевой функции оптимизации, а с другой – выходные подсистемы оптимизатора, задающие независимые переменные оптимизации, т.е. входные подсистемы объекта управления (см. рис. 2.3). Блок вычисления целевой функции оптимизации генерирует двоичный сигнал: «комфорт»–«дисконфорт», реализуя тем самым простейший алгоритм поведения системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{если "комфорт" - работать в прежнем режиме;} \\ \text{если "дисконфорт" - переключать знак обратной связи ("плюс" на "минус", а "минус" на "плюс").} \end{array} \right.$$

В супраконтуре все эти базисные элементы дополняются (в общем случае) введением в рассмотрение дополнительных уровней интеграции (ярусов) субэлементов объекта. Важно отметить, что уровни/ярусы блока вычисления целевой функции и собственно объекта совпадают, а уровни/ярусы генераторов поисковой активности оптимизатора рассматриваются как «вложенные» в объект, причем на трех последовательных «низших» уровнях – двух ПУБИ и ОУБИ.

Любой ОУБИ в системе природы выступает в двух ипостасях: как синоним «объекта» некоторого первичного супраконтура (по отношению к включенным в него «низшим» ПУБИ и ОУБИ) и как синоним «элементарной поисковой единицы» (по отношению к «высшим» ПУБИ и ОУБИ «высшего» супраконтура, в состав которого первичный входит). В связи с этим необходимо в каждом случае различать эти его структурно-функциональные проявления. Для этого удобно ввести специальные термины, которые позволят сделать дальнейшее изложение более компактным (см. рис. 2.2):

1. **«ГЕГЕМОН** – ОУБИ-биообъект, рассматриваемый как “высший” в паре любых смежных ОУБИ из перечня подраздела 2.2»;

2. **«Касты** – ПУБИ-биообъекты, “высшие” в паре смежных ПУБИ из перечня подраздела 2.2»;

3. «Трибы – ПУБИ-биообъекты, “низшие” в паре смежных ПУБИ из перечня подраздела 2.2»;

4. «ИНДИВИДЫ – ОУБИ-биообъекты, рассматриваемые как “низшие” в паре любых смежных ОУБИ из перечня подраздела 2.2».

Тогда *контур супраоптимизации* (или *супраконтур*) в живой природе можно определить в общем случае как совокупность четырех последовательно смежных уровней биологической интеграции (ОУБИ-ПУБИ-ПУБИ-ОУБИ), наивысший из которых, или *ГЕГЕМОН*, задает целевые критерии (*супраоптимизации*) *супраконтур*, а остальные – последовательно вложенные в *ГЕГЕМОН* уровни *Каст*, *Триб* и *ИНДИВИДОВ*, – выступают в роли генераторов поисковой активности в супраконтуре. Под последними понимаются механизмы выработки управляющих воздействий на *ГЕГЕМОН* (задания величин коэффициентов чувствительности к специфическим входным воздействиям), опосредованно влияющих на процедуру вычисления интегральных энергетических оценок его приспособительного поведения – указанных целевых критериев экстремального типа  $Q$ , типа равенств  $G$  и типа неравенств  $H$ .

То есть фактически имеется в виду, что элемент «высшего» ОУБИ (*ГЕГЕМОН*) – МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ на рис. 2.2 – имеет возможность достигать экстремума своего индивидуального целевого критерия (энергетического характера), выполняя при этом и ряд других ограничений. А реализуется этот перманентный процесс за счет использования поисковых изменений функциональной активности элементов, из которых он и состоит – *Каст*, *Триб* и *ИНДИВИДОВ* (в данном примере – соответственно Органов, Тканей и СЛОЖНЫХ КЛЕТОК).

Соотношение типовых контуров регулирования, оптимизации и супраоптимизации показано на рис. 2.3. Здесь  $X$  – специфические неуправляемые входы объекта,  $Y$  – его специфические выходы,  $F$  – переходная функция,  $U$  – управляемые входы объекта,  $Y = F(X, U)$ ,  $Q$  – целевая функция оптимизации. Классический контур регулирования (рис. 2.3а) в простейшем случае состоит из двух основных (обособленных) элементов – объекта и регулятора, и осуществляет свою задачу путем минимизации разности между выходной переменной  $Y$  и «уставкой»  $Y_0$  (заданной а priori цели регулирования). Выработанный регулятором результат – сигнал управления  $U$  – либо (чаще всего) суммируется с входным сигналом  $X$ , либо (иногда) умножается на него. Именно второй вариант, при котором в объекте регулирования реализуется мультипликативная операция (на каждом шаге такого процесса), в нашем случае удобнее использовать для дальнейшего сравнения схем регулирования.

Таким образом, будем считать, что:

$$Y = f(UX), \text{ где } U = 1 \pm \alpha; \alpha \ll 1; U = \varphi(\Delta Y).$$

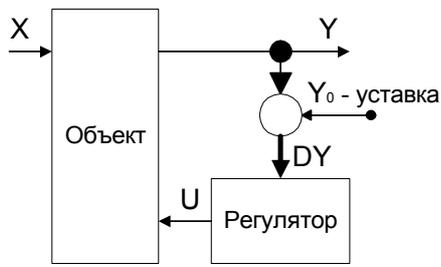
То есть величина  $U$  выступает здесь (и далее) в качестве *коэффициента чувствительности объекта* к входному воздействию  $X$ .

Классический контур поисковой оптимизации или экстремального управления (рис. 2.3б) дополнительно включает блок вычисления целевой функции оптимизации, также *внешний по отношению к объекту, и к оптимизатору*, и осуществляет свою задачу путем поиска тех значений вектора управляемых входов объекта, которые соответствуют экстремуму (максимуму либо минимуму) заданной а priori целевой функции  $Q(Y)$ . Здесь мы также будем рассматривать реализацию поисковой оптимизации как мультипликативную операцию, в данном случае умножения квадратной (близкой к единичной) матрицы управлений  $\{U\}$  на вектор входного воздействия  $X$ :

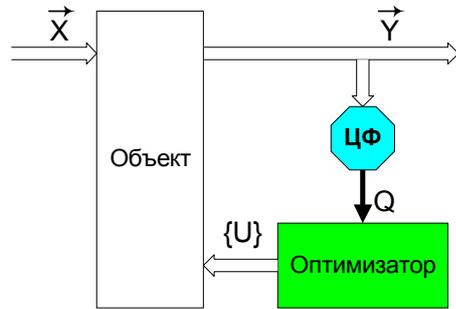
$$Y = F(\{U\}X), \text{ где } \{U\} = \begin{Bmatrix} 1 \pm \alpha_{11} & \pm \alpha_{12} & \dots & \pm \alpha_{1n} \\ \pm \alpha_{21} & 1 \pm \alpha_{22} & \dots & \pm \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \pm \alpha_{n1} & \pm \alpha_{n2} & \dots & 1 \pm \alpha_{nn} \end{Bmatrix}, \alpha_{ij} \ll 1; \quad X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Именно такая мультипликативная операция была применена нами ранее при синтезе нового (на тот период) метода «матричного» случайного поиска [Гринченко, 1975; Гринченко, Растрюгин, 1976, 1977]. В тех же работах была предложена и интерпретация такого процесса как последовательности итераций в сети из  $n$  многовыходных элементов с одним выходом, соединенных «каждый с каждым» (т.е. в сети из предельно упрощенных моделей нервной клетки, в целом рассматриваемой как оптимизатор).

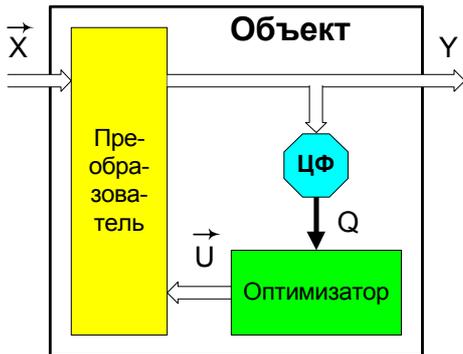
Упрощенная схема супраконтур иерархической оптимизации (супраоптимизации) (рис. 2.3в,г,д) принципиально отличается от схемы экстремального управления (оптимизации) тем, что *оптимизатор и блок вычисления целевой функции оптимизации не могут быть вынесены (выделены, вычленены etc.) из объекта, поскольку являются его имманентной частью*. Если выходная величина  $Y$  такого объекта (содержащего *внутри себя* оптимизатор и блок вычисления целевой функции ЦФ) рассматривается как скаляр, то, следовательно, управление  $U$  будет вектором.



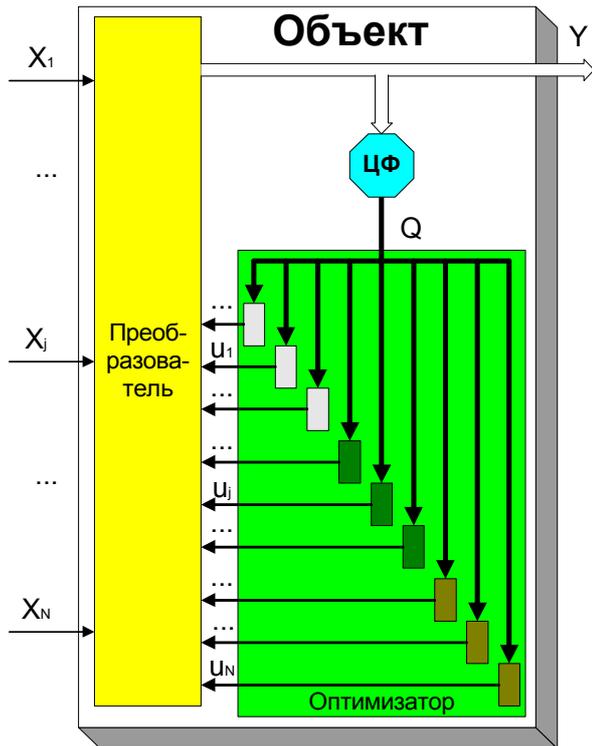
а) классический контур регулирования



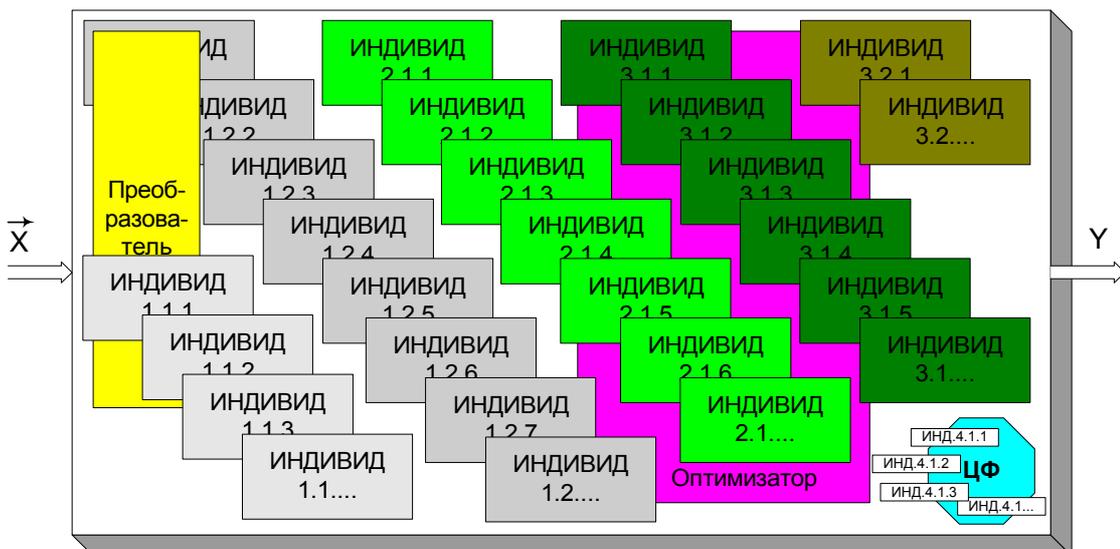
б) классический контур оптимизации (экстремального управления)



в) супраконтур иерархической оптимизации (элементарная схема)



г) то же - схема "ГЕГЕМОНА" с выделением (прямоугольниками) "ИНДИВИДОВ", реализующих оптимизатор



д) то же в другом ракурсе - схема "ГЕГЕМОНА" с выделением составляющих его "ИНДИВИДОВ" (третий индекс), "Триб" (второй индекс) и "Каст" (первый индекс)

Рис. 2.3. Типовые контуры регулирования, оптимизации и супраоптимизации

Действительно, именно этот факт и позволяет говорить об элементарном примере иерархии: в качестве входа объекта-*ГЕГЕМОНА* выступают  $n$  сигналов-компонент вектора  $\mathbf{X}$  – уровней специфической функциональной активности  $n$  объектов-*ИНДИВИДОВ*. А восприятие компонент сигнала  $x_i$  рецепторами, относящимися к уровню *ИНДИВИДА*, фактически сводится к заданию *ИНДИВИДАМИ* – в результате их поисковой активности – величин соответствующих коэффициентов чувствительности  $u_i$ , и умножению  $x_i$  на  $u_i$ . И, наконец, в качестве интегральной операции (базисной для любой иерархической структуры) сведения множества локальных воздействий  $x_i$  в единую для *ГЕГЕМОНА* величину  $Y$  происходит суммирование всех полученных произведений. Другими словами, процесс восприятия входного векторного сигнала  $\mathbf{X}$  представляет собой интегральную «свертку»  $\mathbf{X}$  с весами-управлениями  $\mathbf{U}$ , или, иначе говоря, вычисление скалярного произведения двух векторов  $\mathbf{U}$  и  $\mathbf{X}$ . Таким образом:

$$Y = \tilde{F}(\mathbf{UX}), \text{ где } \mathbf{U} = (1 \pm \alpha_1, \pm \alpha_2, \dots, \pm \alpha_n); \alpha_i \ll 1$$

(здесь предполагается, что первая компонента вектора  $\mathbf{U}$  соответствует коэффициенту чувствительности к своему собственному выходу, поступающему на первый вход объекта, т.е.  $x_1 = Y$ ).

Итак, в качестве субэлементов супраконтура (объекта) выступают сущности, из которых состоит такой объект, и которые непосредственно воспринимают специфические функциональные воздействия на объект. Но которые также, в свою очередь, обладают свойством целеполагания, т.е. представляют собой иерархические контуры низших уровней в иерархической системе. Именно в силу того, что блоки оптимизации и вычисления целевой функции являются имманентными составляющими объекта, предлагаемый «оптимизационный» подход может быть применен только для тех систем, которые обладают подобным свойством – типа природы, живой природы, социально-технологической системы Человечества и т.п. систем «достаточно высокой» сложности. Соответственно, он неприменим для описания поведения существующих технических устройств, которые подобным свойством не обладают. При этом нужно различать понятия технического устройства и человеко-машинной системы, поскольку последние уже входят в класс систем «достаточно высокой» сложности.

Для моделирования таких систем оптимизационный подход позволяет поставить задачу иерархической адаптации и решать её с помощью методов иерархической оптимизации. Главная особенность механизма, реализующего эти методы в иерархическом контуре – его принципиальная *трехконтурность*. Каждый из трех целевых критериев (экстремальный, типа равенств и типа неравенств) замыкается на свою переменную, переменные же находятся в иерархической связи между собой (реализующие их ярусы «вложены» один в другой). Если же мы хотим исследовать влияние на процессы в некотором супраконтуре процессов, относящихся к супраконтурам, вышележащим в иерархии по отношению к рассматриваемому (например, влияние супраконтура, в котором в качестве *ГЕГЕМОНА* выступает БИОГЕОЦЕНОЗ, а *ИНДИВИДОВ* – МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ, на все множество вложенных в него супраконтуров МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ–СЛОЖНЫЕ КЛЕТКИ), то мы должны формировать *многоуровневую оптимизационную модель*.

Можно выделить две основные особенности такой модели:

- все элементы каждого из её уровней (ярусов) работают параллельно;
- темпы изменения переменных модели на различных её уровнях отличаются весьма значительно, на порядки и более.

Из такого представления естественным образом вытекают и понятие *супраоптимизации* как оптимизационного процесса в *супраконтуре*, и понятие *супрасистемы* как системы, состоящей из иерархии «супраконтуров», в которой происходит процесс *супраоптимизации*.

## 2.4. Механизм супраоптимизации: случайный или регулярный?

### 2.4.1. Эвристические обоснования

Относительно *конкретного вида* используемого указанным механизмом алгоритма *поисковой оптимизации* можно высказать следующие эвристические соображения.

Вопрос первый: какой вид мог иметь алгоритм иерархической поисковой оптимизации в системе природы при его возникновении (вполне естественным образом)? Оставаясь в рамках научных представлений, говорить о детерминированности такого первичного алгоритма не представляется возможным. То есть его *первоначальный* вид может быть только *абсолютно* случайным.

Вопрос второй: как могла возникнуть в природе – т.е. также вполне естественным образом – та или иная степень *регулярности* или *детерминированности* поискового алгоритма? Оставаясь в рамках научных представлений, можно дать только единственный ответ на этот вопрос: «На основе *опыта*, получаемого в процессе поиска, т.е. на основе *адаптации* поиска».

Следовательно, можно констатировать, что первичные механизмы поисковой оптимизации в системе природы, т.е. те механизмы, которые работали, начиная с момента её возникновения (как *системы*), могли быть только *абсолютно случайными*, с равномерным распределением вероятностей случайного шага во всех направлениях поискового пространства. Но затем, по мере *развития* системы природы и выделения в ней подсистемы *живой природы*, среди этих механизмов с необходимостью (за счет появления средств запоминания предыстории поиска, т.е. *системной памяти*) стали появляться их адаптивные варианты. Последние, обладая существенно более высокой эффективностью, и, в частности, возможностью перманентно обеспечивать компромисс между противоречивыми требованиями к поиску (повышения его быстродействия при одновременном повышении точности отслеживания экстремума целевой функции) – находят себе все большее применение. Но при этом они не вырождаются в «полностью» детерминированные алгоритмы, сохраняя в своих основных характеристиках ту или иную степень случайности.

#### 2.4.2. О «*релятивно-иерархической*» случайности

Итак, наиболее адекватной моделью *фрагмента* механизма иерархической поисковой оптимизации является *случайный поиск* в терминологии Л.А.Растригина [*Растригин, 1959а, б, 1968, 1979*]. В простейших случаях случайный поиск генерирует в некоторой окрестности поисковой переменной её случайное приращение, вычисляет значение оптимизируемой функции, сравнивает с её значением на предыдущем шаге поиска и, в зависимости от результата (приближения/удаления от экстремума), либо повторяет предыдущий шаг, либо генерирует новое случайное приращение поисковой переменной; далее все повторяется. Отмечу, что, как это не раз признавал Л.А.Растригин, термин «случайный поиск» не вполне удачен: ведь он не «чисто» случайный, а всегда содержит некую регулярную компоненту.

В более сложных случаях его алгоритм обладает свойством адаптивности, реализуемым с помощью запоминания как траектории поискового процесса (значений поисковых переменных и целевых функций, а также соответствующих ограничений), так и параметров самого алгоритма (величины и направления поискового шага, глубины памяти и т.п.). Именно это свойство делает его весьма эффективным средством решения сложных экстремальных задач самого различного типа.

Все это вместе приводит к утверждению, что именно совокупность алгоритмов адаптивного случайного поиска является средством – причем, по моему мнению, единственно адекватным – моделирования *механизма иерархической адаптивной поисковой оптимизации системы живой природы*. Действительно, довольно трудно представить себе некоторый живой объект, характеристики адаптивного поведения которого (например, значение градиента энергетической целевой функции) *рассчитывалось* бы в каком-то гипотетическом вычислительном блоке (что необходимо для любого регулярного метода оптимизации). Применительно же к адаптивному случайному поиску – это вполне реально, поскольку он *не требует* никаких подобных вычислений, а *оценивает* искомый градиент на базе нескольких имеющихся конкретных реализаций целевой функции. Добавлю для читателя, знакомого с теорией автоматов, что алгоритм случайного поиска легко формулируется на языке *вероятностных автоматов* – это просто два разных языка описания одной и той же сущности.

Но здесь следует подчеркнуть, что в рамках предлагаемой концепции *случайность* рассматривается не только как *неустранимый элемент реальности* [*Марков, Растригин, 1977а*], но, прежде всего, как *средство отражения* наблюдаемой в реальности *иерархичности* системы природы. Последнее можно интерпретировать как *обобщение* достаточно часто используемой на практике гносеологической ипостаси 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  $i_1, \dots, i_n$ .

Для пояснения этого и опуская подробности, зададимся в некотором мысленном эксперименте хотя бы следующими вопросами: «Имеет ли организм возможность отделить вклад *каждой* из его клеток в приращение целевой функции *организма*?»; «Имеет ли организм возможность *отслеживать* *поисковую траекторию каждой* из составляющих его клеток и фиксировать её на некотором “планшете” (кстати, каков должен быть материальный носитель такого образования на *организменном* же уровне?); «Имеет ли организм возможность *непосредственно* задать нужное поведение *каждой* из его клеток?». Три категорических ответа НЕТ и формируют вывод: не имея таких возможностей а priori, система живого (в нашем случае – её элемент «организм») решает задачу своей адаптации по-иному. Первое НЕТ определяет принципиальную «векторность» восприятия организмом вклада клеток в приращение его целевой функции (ткани и органы являются лишь некоторыми агрегатами таких вкладов). Но компонен-

ты такого вектора – проявления активности клеток, определяемые их собственными целями – с точки зрения организма должны рассматриваться именно как случайные. Как следствие, второе НЕТ снимается за ненадобностью. Третье же НЕТ заменяется на ответ ДА при замене термина «непосредственно» на термин «опосредованно».

Таким образом, для супраконтура МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ-СЛОЖНЫЕ КЛЕТКИ (поскольку мы – люди – относимся именно к организменному уровню) указанная мера (нашего) незнания организма о поведении всех иерархически образующих его клеток, тканей и органов объективна и абсолютна. Эту ситуацию, отражающую взаимодействия ОРГАНИЗМ-Органы, ОРГАНИЗМ-Ткани, ОРГАНИЗМ-КЛЕТКИ и т.д., можно назвать «нисходящей иерархичностью». В противоположность этому, в «обыденной» ситуации, отражающей взаимодействие ОРГАНИЗМ-ОРГАНИЗМ, и в ситуации «восходящей иерархичности», отражающей взаимодействия ОРГАНИЗМЫ-Популяция, ОРГАНИЗМЫ-Парцелла, ОРГАНИЗМЫ-БИОГЕОЦЕНОЗ и т.д., она субъективна (мера нашего незнания о каком-либо явлении нашего уровня интеграции и высших по отношению к нам уровней) и относительна [Гринченко, 2000б]. Мне представляется, что целесообразно ставить вопрос о выявлении в гносеологическом аспекте интерпретации понятия случайности некоторого конкретного варианта (направления), который можно было бы назвать «релятивно-иерархическим».

•••••

Итак, резюмирую: механизмы поисковой оптимизации системы природы можно описать с помощью широкого спектра модельных разновидностей алгоритмов, использующих то или иное соотношение случайности и регулярности на полуинтервале  $[1,0)$ , т.е. от предельно примитивного метода «проб и ошибок» и простейшего (неадаптивного) метода «случайного поиска» – до «адаптивного случайного поиска» в его иерархическом варианте, т.е. с целым спектром значений его системной памяти. Эти методы характерны различной степенью проявления свойств локальности и глобальности поиска, и различаются их соотношением. Подробнее они будут рассмотрены ниже, в разделе 4.

Л.А.Растрингин любил повторять, что «все детерминированные методы поисковой оптимизации – это  $\delta$ -реализации методов случайного поиска» (т.е. когда распределение вероятностей случайного шага асимптотически стремится к  $\delta$ -функции, характерной своей предельной «узостью»), и это выглядело как некоторая гиперболизация, хотя по существу и абсолютно верно. Но сейчас уже становится ясно, что определенная парадоксальность этого высказывания отражает некоторые глубинные свойства поисковых оптимизационных механизмов в системе природы.

## 2.5. Супрасистема: характерные времена процессов

### 2.5.1. Формулировка

«Важнейшим свойством любого регуляторного процесса в супрасистеме является *характерное время* его протекания (см. рис. 2.1 и 2.2).

Утверждается, что каждый из уровней интеграции, составляющих любой супраконтур в супрасистеме, выступает в качестве инерционности, реализуя фундаментальное свойство любой поисковой оптимизационной системы (*системы экстремального управления*), состоящее в том, что иерархия времен её характерных процессов представляет собой последовательность со знаменателем  $Z_n \approx 10 \div 20$ . Другими словами, это означает, что каждый последующий (высший в иерархии) процесс должен проходить в существенно замедленном темпе по сравнению с первичным оптимизационным процессом. Объясняется это тем, что оптимизационный процесс на каждом ярусе в иерархии базируется на обобщении результатов ряда более быстрых оптимизационных процессов низших ярусов (см. также пункт 3.6.5)».

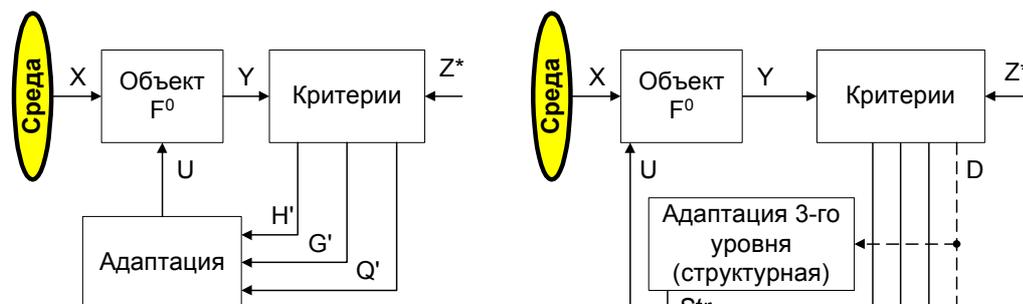
### 2.5.2. Краткие пояснения

Каждая из генерируемых в простейшей схеме супраконтура 12-ти переменных ( $A', A'', A''', A''', H, G, Q, Q, P', P'', P''', P''''$ , символизируемых стрелками – см. рис. 2.2) изменяется в своем характерном темпе. При этом каждый из представленных на схеме (и связанных стрелками) объектов «сглаживает» характерное для «стрелки» время в  $Z_n$  раз. Возникает вопрос: каковы же эти времена (и типичные линейные размеры) основных объектов в иерархии биосистем? Чему равно  $Z_n$  ?

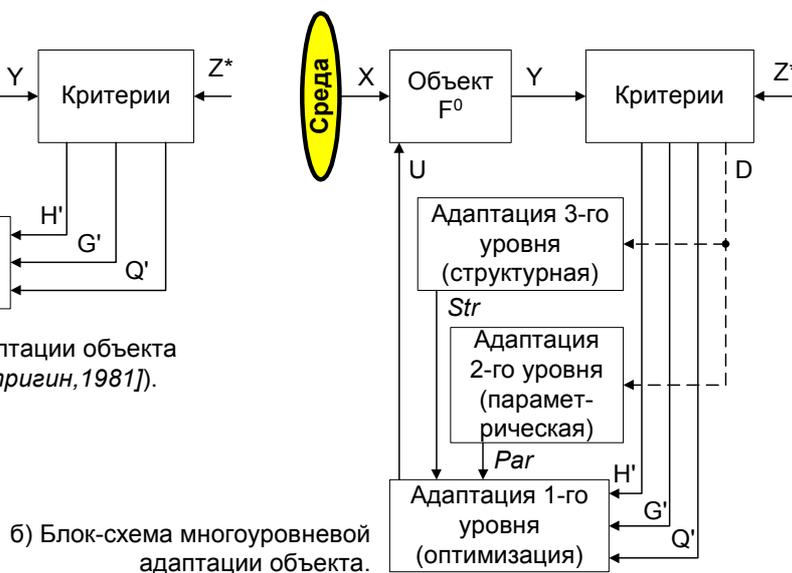
Среди большого числа публикаций по проблеме выявления структурных уровней организации природы имеется несколько работ, содержащих, помимо качественных соображений, и количественные эмпирические показатели. При этом в качестве критерия для классификации их авторами выбиралась масса объекта [Пекарёк, 1973; Литвин, 1980; Абрамов, 1998], его размеры [Численко, 1981; Сухонос, 1983, 2000; Лийв, 1998], оба этих показателя плюс время [Марков, 1976; Мюллер, 1984]. Выдвигались самые разные величины «знаменателей» таких иерархий, в том числе: 102,5 и 1010 [Сухонос, 1983], 104 [Абрамов, 1998; Лийв, 1998] и др., т.е. цифры, «круглые» в десятичной системе счисления. Последнее сразу

вызывает определенное сомнение: неужели иерархия природы опирается именно на десятичную систему счисления?

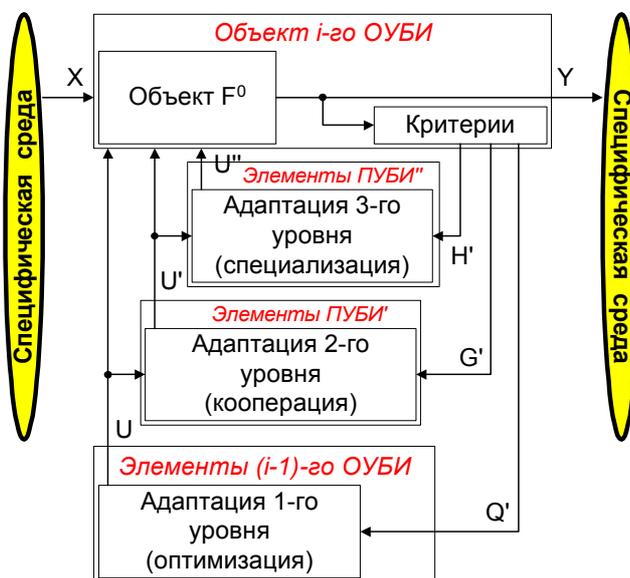
Таким образом, прежде чем ответить на вопрос «чему равно  $Z_n$  ?», целесообразно хотя бы кратко рассмотреть понятия *параметрической* и *структурной адаптации* в процессах поисковой оптимизации (см. [Растрин, 1987], стр.19, и рис. 2.4а). Необходимость их введения объясняется тем, что процесс поисковой оптимизации как таковой обладает противоречивыми свойствами. Его можно настроить в общем случае либо на максимальное быстродействие вдали от точки экстремума оптимизируемой функции, либо на максимальную точность её определения вблизи неё. Но в каждый момент времени реализуется некоторый компромисс между этими крайностями, которому соответствует некоторое значение «функции качества деятельности  $D$  алгоритма поисковой оптимизации». Именно таким образом здесь проявляет свое действие известный в естествознании принцип дополнительности (см. подразд. 9.4).



а) Блок-схема адаптации объекта (рис.1.2.1 из [Растрин, 1981]).



б) Блок-схема многоуровневой адаптации объекта.



в) Блок-схема иерархической адаптации в супра-системе.

Рис. 2.4. Типовые схемы адаптации.

Наиболее естественным способом определения такого компромисса – экстремума функции  $D$  – и является адаптация. В частности, *параметрической адаптацией* называется процесс выбора таких значений *параметров* «первичного» алгоритма поисковой оптимизации, которые бы позволяли достичь экстремального значения функции  $D$ . Темп этого «параметрического» поискового процесса должен быть на порядок и более медленным по сравнению с темпом «первичного» процесса поисковой оптимизации (см. 2.4б). То есть временной период, в течение которого аккумулируется информация о вариациях *параметров* первичного поискового алгоритма для принятия решения об оценке совокупности этих

вариаций (изменения целевой функции  $D$ ), должен на порядок и более превышать временной период одной вариации.

В свою очередь, *структурной адаптацией* называется процесс выбора таких вариантов *структуры* «первичного» алгоритма поисковой оптимизации, которые бы позволяли достичь дальнейшего приближения к экстремуму функции  $D$ . Темп этого «структурного» поискового процесса должен быть на порядок и более медленным уже по сравнению с темпом «вторичного» процесса параметрической адаптации, а соответствующий временной период – должен на порядок и более превышать временной период «параметрической» вариации.

Но что же нам мешает экстраполировать этот механизм на уровни «четвертичный», «пятеричный» и т.д. при описании процессов супраоптимизации в системе природы? В технике (например, при решении задачи оптимального проектирования некоторого технического устройства) аналогом подобной процедуры «*сверхструктурной*» адаптации, пожалуй, является переход к проектированию принципиально иной конструкции устройства, аналогичного по назначению. Другими словами, здесь – на «четвертичном» уровне адаптации – меняется существо целевой функции качества  $D$ ! Происходит переход от оценки влияния тех или иных технических характеристик проектируемого устройства на качество его функционирования к сравнительной оценке различных технологий решения соответствующей сверхзадачи (лишь одну из которых воплощает указанное выше техническое устройство). Хотя такой процесс никогда не рассматривали как адаптацию, но по своему глубинному смыслу он может ею называться – благодаря его существу и принципиальной медлительности по сравнению даже с «третичной» структурной адаптацией.

Для иллюстрации приведу пример, характерный для самолетостроения: конкурирующие конструкторские бюро создают прототипы боевых самолетов с различным предназначением и тактико-техническими характеристиками, *оптимизируя их конструктивные параметры*. Руководство отрасли и армейское командование затем отбирают из них для последующего серийного производства и вооружения войск (существенно более медленного процесса по сравнению с конструированием) варианты, *оптимизируя* тем самым уже *обороноспособность* страны. Влияние этого последнего оптимизационного процесса на «вложенный» состоит в варьировании состава и значений тактико-технических характеристик, которыми должны обладать заказываемые самолеты. В свою очередь, руководство страны, *оптимизируя её благосостояние* – путем варьирования структурой её долгосрочных расходов, с учетом обеспечения безопасности и др. факторов, – выделяет тем самым в последовательности годовых, пятилетних и т.п. бюджетов ту или иную величину оборонного заказа.

Тем более перспективным представляется подобный подход для интерпретации поведения иерархического оптимизационного механизма системы *природы*, реализующего процессы её адаптации и эволюции (см. 2.4в):

- каждый из «ультраструктурных внутриклеточных элементов», образующих сложную клетку, оптимизирует свое состояние по собственным целевым функциям в своем характерном темпе (этот процесс – из-за малости его типичных времен – крайне сложно исследовать и интерпретировать, поэтому его характеристики в литературе найти не удастся, и специального названия он не имеет);
- каждая из сложных клеток, образующих многоклеточный организм, оптимизирует свое состояние по собственным целевым функциям в своем характерном темпе (это обычно называют *адаптацией клетки*);
- каждый из многоклеточных организмов, образующих биогеоценоз, оптимизирует свое состояние по собственным целевым функциям в своем характерном темпе (это обычно называют *адаптацией организма*);
- каждый из биогеоценозов, образующих Биосферу, оптимизирует свое состояние по собственным целевым функциям в своем характерном темпе (это обычно называют эволюцией организмов, но лучше было бы называть *адаптацией биогеоценоза*);
- каждая из Биосфер, образующих Сферу планет земной группы, – пусть по современным представлениям и имеющаяся лишь в единственном экземпляре Биосфера Земли – оптимизирует свое состояние по собственным целевым функциям в своем характерном темпе (это обычно называют эволюцией Биосферы, но по аналогии с предыдущим лучше было бы называть *адаптацией Биосферы*).

При этом все они в целом составляют иерархическую систему живого, тем самым оптимизирующую свое состояние по набору целевых функций своих основных составляющих, и в широком диапазоне характерных времен указанных процессов. Анализ характерного времени того или иного оптимизационного процесса – наблюдаемого в конкретном натурном эксперименте и «идеального» (выделенного в рамках предлагаемой концепции – см. следующий пункт), дает возможность указать как его место в этом иерархическом механизме, так и играемую им роль.

Если же вернуться к рассмотрению процесса *первичной оптимизации*, или *первичной адаптации*, то и здесь наблюдается в принципе подобная картина: для того, чтобы выработать решение о движении в сторону экстремума функции  $Q$ , необходимо предварительно сделать несколько пробных движений. То есть и здесь соотношение времен, затраченных на отдельную пробу и на сумму таких проб, может составить порядок и более.

Несколько отличная от этой ситуация наблюдается в схеме иерархической оптимизации системы природы. В любом её супраконтуре в роли контура «первичной» адаптации (поисковой оптимизации) здесь выступает субконтур *ГЕГЕМОМ-ИНДИВИДЫ*, в котором минимизируется целевой критерий  $Q$  экстремального типа. В роли контура параметрической адаптации выступает субконтур *ГЕГЕМОМ-Трибы*, причем отслеживается целевой критерий  $G$  типа равенств, а темп поисковых движений *Триб* существенно медленнее темпа изменения *ИНДИВИДОВ*. Наконец, в роли контура структурной адаптации выступает субконтур *ГЕГЕМОМ-Касты*, причем отслеживается целевой критерий  $H$  типа неравенств, а темп поисковых движений *Каст* существенно медленнее темпа изменения *Триб* (см. рис. 2.2).

### 2.5.3. «Идеальные» значения характерных времен процессов

Как уже отмечалось выше, практика применения алгоритмов поисковой оптимизации со структурно-параметрической адаптацией в технике указывает на то, что их максимальная эффективность достигается, если характерное замедление двух смежных процессов адаптации составляет примерно  $Z_n \approx 10 \div 20$  раз.

Для целей интерпретации адаптивного поведения системы живого в терминах процесса иерархической поисковой оптимизации более точное значение этой оценки можно получить, обратившись к результатам проведенных А.В.Жирмунским и В.И.Кузьминым фундаментальных исследований критических уровней развития биологических систем [Жирмунский, Кузьмин, 1982, 1990]. Объектом их изучения были величины временных и пространственных характеристик, типичных для различных биосистем. Основной результат, полученный ими: закон критических уровней аллометрического (динамика которого описывается степенной функцией) развития систем: «развивающиеся системы имеют среди критических уровней такие, соотношения последовательных значений которых равно  $e^e = 15,15426\dots$ » ([Жирмунский, Кузьмин, 1982], стр. 165, [Жирмунский, Кузьмин, 1990], стр. 5), причем это критическое соотношение характеризует диапазон сохранения качественных свойств системы. Тем самым А.В.Жирмунский и В.И.Кузьмин, с моей точки зрения, вплотную подошли к постановке вопроса о происхождении и конкретном виде механизма обеспечения такого сохранения.

Таким образом, в рамках предлагаемой концепции, т.е. интерпретируя существование критических уровней указанных характеристик как проявление процесса супрооптимизации в иерархии живого, будем считать, что *инерционность ярусов в иерархии биосистем совпадает или близка к значению  $e^e$* , т.е.  $Z_n \approx 15.15\dots$  При этом в качестве ответа на вопрос «Каковы же эти времена?» для каждого яруса в иерархии предлагается рассматривать времена, рассчитанные исходя из естественной гипотезы об *универсальности* предлагаемого подхода для *всех* уровней интеграции системы природы (см. Приложение).

Указанный расчетный ряд значений времен для ярусов (приводятся среднее значение и диапазон возможного отклонения вверх и вниз) соотнесен с соответствующими характерными процессами на всех ярусах иерархии живого и приведен в таблице 2.1 (см. также таблицу П2 Приложения). В свою очередь, в таблице 2.2 конкретизирована «привязка» конкретных величин времени и соответствующих процессов ( $A', A'', A''', A''', H, G, Q, Q, P', P'', P''', P''''$ ) в супраконтурх супрасистемы живого.

Для этой «привязки» ряда к конкретным ярусам были соотнесены следующие пары:

1) период поисковой активности  $A''''$  СЛОЖНОЙ КЛЕТКИ – и расчетное характерное время из ряда  $\sim(1,6-2,6-9,6)$  секунды;

2) период адаптации МНОГОКЛЕТОЧНОГО ОРГАНИЗМА к изменению неспецифических внешних воздействий, ограничиваемый его системной памятью  $P''''$  – и характерное время  $\sim(1,5-2,4-8,9)$  декасуток;

3) максимальное время жизни МНОГОКЛЕТОЧНОГО ОРГАНИЗМА, ограничиваемое системной памятью  $P''''$  «обрамляющего» его БИОГЕОЦЕНОЗА – и характерное время  $\sim(1,44-2,27-8,45)$  века;

4) четверка основных этапов эмбриогенеза МНОГОКЛЕТОЧНОГО ОРГАНИЗМА: а) процесс оплодотворения – слияния яйцеклетки и сперматозоида – и образования зиготы  $\sim(6,2-10-37)$  минут; б) процесс формирования первичных тканей  $\sim(1,6-2,5-9,3)$  часа; в) процесс формирования первичных органов  $\sim(1,0-1,6-5,8)$  суток; г) процесс формирования первичного многоклеточного организма (эмбриона)  $\sim(1,5-2,4-8,9)$  декасуток интерпретируется как четверка «системных памятей» в супраконтуре МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ-СЛОЖНЫЕ КЛЕТКИ, соответственно  $P''''$ ,  $P''''$ ,  $P''''$ ,  $P''''$ ;

Таблица 2.1 Спектры характерных времен супраконтуров супрасистемы живого						
СФЕРА ПЛАНЕТНОЙ ГРУППЫ-БИОГЕОСФЕРЫ ПЛАНЕТ	БИОГЕОСФЕРА – СФЕРЫ БИОГЕОЦЕНОЗОВ	СФЕРА БИОГЕОЦЕНОЗА – СФЕРЫ МНОГОКЛЕТОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ	СФЕРА МНОГОКЛЕТОЧНОГО ОРГАНИЗМА – СФЕРЫ СЛОЖНЫХ КЛЕТОК	СФЕРА СЛОЖНОЙ КЛЕТКИ – СФЕРЫ «ЭЛЕМЕНТОНОВ»	«СФЕРЫ ЭЛЕМЕНТОНОВ» – СФЕРЫ АТОМОВ	Характерные времена процессов
						миллиарды лет (1.74-2.75-10.23)
						миллионы лет (115-182-675)
						миллионы лет (7.6-12.0-44.6)
						гектотысячелетия (5-7.9-29.4)
						декатысячелетия (3.3-5.2-19.4)
						тысячелетия (2.2-3.4-12.7)
						века (1.44-2.27-8.45)
						декагоды (0.95-1.5-5.6)
						годы (0.62-0.99-3.7)
						декасутки (1.5-2.4-8.9)
						сутки (1.0-1.6-5.8)
						часы (1.6-2.5-9.3)
						минуты (6.2-10-37)
						декасекунды (2.5-3.9-14.5)
						секунды (1.6-2.6-9.6)
						децисекунды (1.1-1.7-6.3)
						сантисекунды (0.7-1.1-4.2)
						миллисекунды (0.5-0.7-2.7)
						микросекунды (31-50-180)
						микросекунды (2-3.2-12)
						микросекунды (0.1-0.2-0.8)
						наносекунды (9-14-52)
						наносекунды (0.6-0.9-3.4)
						пикосекунды (39-61-228)

**ОБОЗНАЧЕНИЯ В ТАБЛИЦЕ:**

-  - спектр времен процессов, характерных для функционирования соответствующего супраконтура
-  - спектр времен процессов «восходящего» влияния на рассматриваемый супраконтур (воздействия на каждый из его индивидов «изнутри», опосредованно влияющие на организацию его поискового движения)
-  - спектр времен процессов влияния (ограничивающего характера) на соответствующий супраконтур со стороны «вышележащих» основных и промежуточных уровней интеграции в супрасистеме

5) период поисковой активности БИОГЕОСФЕРЫ – и характерное время  $\sim(0,62-0,99-3,7)$  года.

Важнейшее значение имеет факт частичного перекрытия спектров характерных времен у смежных супраконтуров. С одной стороны, его можно рассматривать как проявление внутреннего единства живой природы, можно сказать, её «системности». Но, с другой стороны, этот факт определяет значительные трудности при изучении тех или иных конкретных процессов функционирования биосистем того или иного яруса в иерархии живого: явления *совершенно различной регуляторной природы* могут обладать сходными характерными временами.

Тем более что здесь необходимо сразу же указать, что проведенные на рис. 2.1 и в таблицах 2.1 и 2.2 временные и пространственные ряды следует рассматривать лишь как *идеальные оценки*, задающие некоторый *базис* в указанных пространствах переменных, а не как требования к их точным значениям в реальности. Это следует именно из интерпретации их как параметров соответствующих супраконтуров системы живого, что *не накладывает* на их величины слишком уж сильных ограничений и не требует от них высокой *точности*. Супраконтур будет работать и при значительном (естественно, в «разумных» пределах) отклонении этих параметров от расчетных. Правда, эффективность такой работы у него будет ниже, чем при *идеальном* соотношении пространственно-временных параметров.

Таблица 2.2. Характерные времена $\tau$ изменения процессов в супраконтурх супрасистемы живого						
Название высшего основного уровня интеграции в супраконтуре	1) поисковых движений $A'''$ ИНДИВИДОВ	1) $Q$ -критерия, 2) поисковых движений $A''$ Триб	1) $G$ -критерия, 2) поисковых движений $A'$ Каст 3) памяти $P'''$ ИНДИВИДОВ	1) $H$ -критерия, 2) поисковых движений $A''''$ ГЕГЕМОНА (вовне), 3) памяти $P''$ Триб	1) $Q$ -критерия (на ГЕГЕМОН извне), 2) памяти $P'$ Каст	1) памяти $P'''$ ГЕГЕМОНА
1	2	3	4	5	6	7
СФЕРА ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ	тысячелетия (2.2-3.4-12.7)	декатысячелетия (3.3-5.2-19.4)	гектотысячелетия (5-7.9-29.4)	миллионы лет (7.6-12.0-44.6)	миллионы лет (115-182-675)	миллиарды лет (1.74-2.75-10.23)
БИОГЕОСФЕРЫ	годы (0.62-0.99-3.7)	декагоды (0.95-1.5-5.6)	века (1.44-2.27-8.45)	тысячелетия (2.2-3.4-12.7)	декатысячелетия (3.3-5.2-19.4)	гектотысячелетия (5-7.9-29.4)
БИОГЕОЦЕНОЗЫ	часы (1.6-2.5-9.3)	сутки (1.0-1.6-5.8)	декасутки (1.5-2.4-8.9)	годы (0.62-0.99-3.7)	декагоды (0.95-1.5-5.6)	века (1.44-2.27-8.45)
МНОГОКЛ. ОРГАНИЗМЫ	секунды (1.6-2.6-9.6)	декасекунды (2.5-3.9-14.5)	минуты (6.2-10-37)	часы (1.6-2.5-9.3)	сутки (1.0-1.6-5.8)	декасутки (1.5-2.4-8.9)
СЛОЖНЫЕ КЛЕТКИ	миллисекунды (0.5-0.7-2.7)	сантисекунды (0.7-1.1-4.2)	децисекунды (1.1-1.7-6.3)	секунды (1.6-2.6-9.6)	декасекунды (2.5-3.9-14.5)	минуты (6.2-10-37)
«ЭЛЕМЕНТОНЫ»	микросекунды (0.1-0.2-0.8)	микросекунды (2-3.2-12)	микросекунды (31-50-180)	миллисекунды (0.5-0.7-2.7)	сантисекунды (0.7-1.1-4.2)	децисекунды (1.1-1.7-6.3)
АТОМЫ	пикосекунды (39-61-228)	наносекунды (0.6-0.9-3.4)	наносекунды (9-14-52)	микросекунды (0.1-0.2-0.8)	микросекунды (2-3.2-12)	микросекунды (31-50-180)

## 2.6. Дополнительные комментарии

### 2.6.1. Идеальность как базис концепции

Необходимо ещё раз отметить, что механизм иерархической поисковой оптимизации, положенный в основу настоящей концепции, представляет собой *идеальную модель*, пусть и несколько более структурированную, чем «линия» в математике, «материальная точка» в физике и т.п. Отсюда количественные расчеты характеристик реальных иерархических систем, проведенные на базе такой идеальной модели, следует рассматривать как оценочные, задающие лишь некоторые усредненные значения соответствующих характеристик (быть может, в некоторых случаях – с отклонением в 2-3 раза). Тем не менее, в силу внутренней структуры иерархического механизма поисковой оптимизации, подобные отклонения, могущие иметь место для каждого *отдельного* числа, *не могут* влиять на средние значения величин, иерархически связанных в последовательных рядах «сверху» и «снизу» с рассматриваемым. То есть *в среднем* полученные расчетные ряды временных и пространственных характеристик (а также характеристик численности биообъектов) отражают эмпирическую реальность с достаточно высокой степенью соответствия. Именно этот факт свидетельствует в пользу адекватности настоящей концепции.

Как представляется, подобная интерпретация находит свое отражение и в известной среди биологов позиции о характерном для живой природы «единстве целого при свободе частей» (на что справедливо указывал ещё А.А.Любищев, 1982 – цитир. по: [Голубовский, 2000б]).

Образным примером подобного подхода – в некоторой степени – может явиться используемая в географии сетка меридианов и параллелей, нанесенная на модель земного шара – глобус. Нанося на глобус местоположение какого-то объекта, с помощью этой сетки можно легко найти его позицию в сферических координатах. Правда, этим и ограничивается аналогия, т.к. в географии Земли не наблюдается тенденции сгущения тех или иных особенностей её поверхностного рельефа вблизи каких-то а priori выделенных меридианов и параллелей (например, меридиональной либо широтной ориентации горных хребтов глобального характера). А именно аналог подобного явления и демонстрируют биологические системы: идеальная схема не только позволяет *позиционировать* тот или иной биообъект в иерархии живого, но и выделяет среди значений всех возможных пространственных и временных его характеристик те, к которым они имеют тенденцию стремиться в своем адаптивном (в том числе эволюционном) поведении. Тем самым на множестве различных биообъектов образуются «сгущения» значений этих характеристик.

Более того, отсюда напрашивается мысль об использовании оценивания уклонения той или иной биоструктуры от её оптимального (в указанном выше смысле) значения именно с помощью оценки *рассогласования* реально наблюдаемых пространственно-временных величин биосистем с их расчетными значениями. Это следует и из того факта, что, как представляется, для «привязки» указанных рядов к реальному миру с физической точки зрения в качестве начал их отсчета единственно оправдан выбор «фундаментальной (гравитационной, Планковской) длины  $l_p$ » и «фундаментального времени» или

«планктеона» (времени, за которое свет проходит расстояние  $I_f$ ). А никоим образом не существующих конкретных реализаций тех или иных космических или, тем более, земных объектов [Гринченко, 1999(г)]. То есть все дальнейшие совпадения рассчитанных величин с реальными, как представляется с позиций концепции, нужно относить как раз к оптимальности тех или иных наблюдаемых биологических структур. Более подробно место и роль идеальности в предлагаемой концепции будут рассмотрены ниже, в пункте 9.9.5.

## 2.6.2. Об онтогенезе и времени жизни биообъекта

На схеме рис. 2.1 приведена иерархия характерных времен основных процессов в супрасистеме живого. Естественно возникают вопросы: если подобная схема описывает приспособительное поведение иерархии живого *в целом*, то отражено ли в ней поведение отдельного биообъекта в иерархии, и если да – то каким образом? Ответы на них следующие: а) отражено как поведение в форме *индивидуального развития*; б) это демонстрирует иерархия временных процессов такого развития каждого биообъекта, т.е. для организма – его *онтогенез* (см. рис. 2.5).

«*Онтогенез* (от греч.  $\acute{o}\nu$ , род. падеж  $\acute{o}\nu\tau\omicron\zeta$  – сущее и ...генез – происхождение, возникновение), индивидуальное развитие организма, совокупность последовательных морфологических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом от момента его зарождения до конца жизни» [Хрущов, Хрущов, БСЭ, 1974]. Итак, каковы же эти преобразования? Начальные из них обычно определяют следующим образом.

«*Дробление* яйца, его сегментация, ряд последовательных делений яйца, в результате которых оно разделяется на все более мелкие клетки (бластомеры)... Вначале, в период синхронных делений, ядра всех бластомеров делятся с одинаковым и постоянным ритмом... Затем, в период асинхронных делений, или бластуляции, ядерный цикл удлиняется, нарушается синхронность в делении разных ядер, на стадии интерфазы в них начинается синтез РНК, обнаруживается их морфогенетическая функция... По окончании дробления зародыш достигает стадии бластулы» ([Детлаф, БСЭ, 1972]). «*Бластомеры* – клетки, образующиеся в результате делений дробления яйца у многоклеточных животных. Характерная их особенность – отсутствие роста в период между делениями» ([Биология, 1999, С.73]).

«*Бластула* (от греч.  $\beta\lambda\alpha\sigma\tau\acute{\alpha}\rho\iota$  – росток, побег), стадия развития зародыша многоклеточных животных, завершающая период *дробления*» [БСЭ, т.3, 1970, С.416].

«*Гастрюла* (позднелат. *gastrula*, от греч.  $\gamma\alpha\sigma\tau\rho\iota\kappa\acute{o}\zeta$  – желудочный), одна из стадий зародышевого развития многоклеточных животных. Зародыш на стадии Г. имеет двухслойную стенку и полость (*гастроцель*), сообщающуюся с наружной средой при помощи отверстия – *бластопора*. Наружная стенка называется *эктодермой*, внутренняя – *энтодермой*. Это первичные зародышевые листки. В состав энтодермы, реже эктодермы вначале входит и материал среднего листка – *мезодермы*. К концу *гастрюляции* мезодерма выделяется в самостоятельный слой, и зародыш превращается из двухслойного в трёхслойный. Переход от *бластулы* к Г. у разных животных происходит различно. На стадии Г. могут быть уже обнаружены некоторые различия в свойствах зародышевых листков, предшествующие их морфологической дифференцировке» ([Детлаф, БСЭ, 1971]).

К сожалению, БСЭ не приводит временных характеристик процессов бластуляции и гастрюляции.

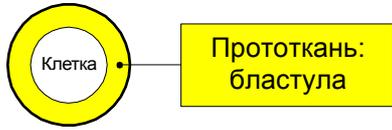
По мнению А.В.Жирмунского и В.И.Кузьмина, в онтогенезе человека момент окончания стадии гастрюляции «следует считать переходным от клеточного периода развития к организменному, когда начинают включаться организменные механизмы регуляции» ([Жирмунский, Кузьмин, 1982], стр. 86). Но с учетом позиций предлагаемой концепции хотелось бы иметь более тонкую детализацию важнейших этапов развития особи: ведь между ярусами КЛЕТОК и ОРГАНИЗМОВ в иерархии живого есть ещё ярусы Тканей и Органов, и, главное, в иерархии имеется ряд ярусов, высших организменного. В этой же работе далее приводятся данные (со ссылкой на справочник «Человек: медико-биологические данные» – М.: Медицина, 1977, 496 с.) о максимально возможных значениях некоторых критических точек в онтогенезе человека. Это около 24 суток для момента гастрюляции, до 365 суток для момента рождения, до 15 лет для момента полового созревания и до 229 лет – для продолжительности жизни ([там же], С.88).

Сравнение этих цифр с расчетными данными из таблицы П1 Приложения и схемой рис. 2.1 естественным образом приводит к интерпретации данных цифровых рядов как рядов системной памяти в супрасистеме живого (см. также рис. 2.5). Рассмотрим это более подробно.

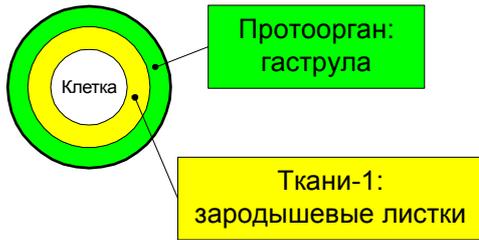
По-видимому, первый этап формирования *конкретного многоклеточного организма* (в данном случае – человека) от момента образования зиготы (оплодотворенной яйцеклетки) и до её первого деления (дробления) можно интерпретировать как этап возникновения (формирования) *прототканевых структур в этом конкретном организме*. Его расчетное значение ~2.5 часа, в диапазоне от ~1,6 до ~9,3 часа – см. таблицу П1 Приложения. (Отмечу в скобках, что, как будет показано ниже, в разделе 7, время формирования *каждого яруса* в иерархии живого *как такового* составляет около 337 млн. лет, что на много порядков превышает характерные времена формирования конкретных биообъектов соответствующих ярусов в *уже возникшей* иерархии).

Зигота

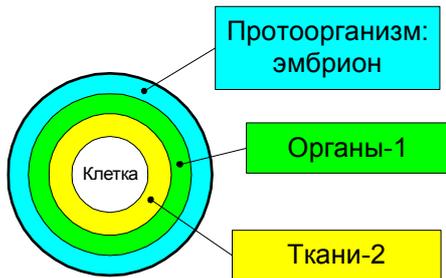
Фаза 1. Существования клетки-зиготы (объединения яйцеклетки и сперматозоида): расчетная продолжительность 1,6-2,5-9,3 час.



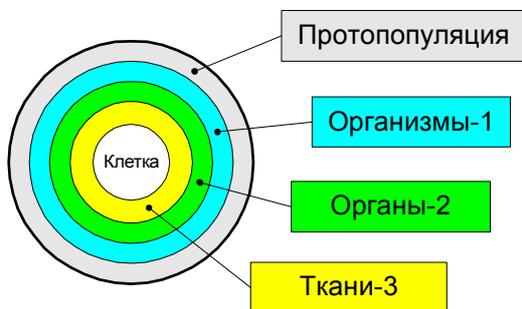
Фаза 2. Существования прототкани (бластулы): расчетная продолжительность 1-1,6-5,8 сут.



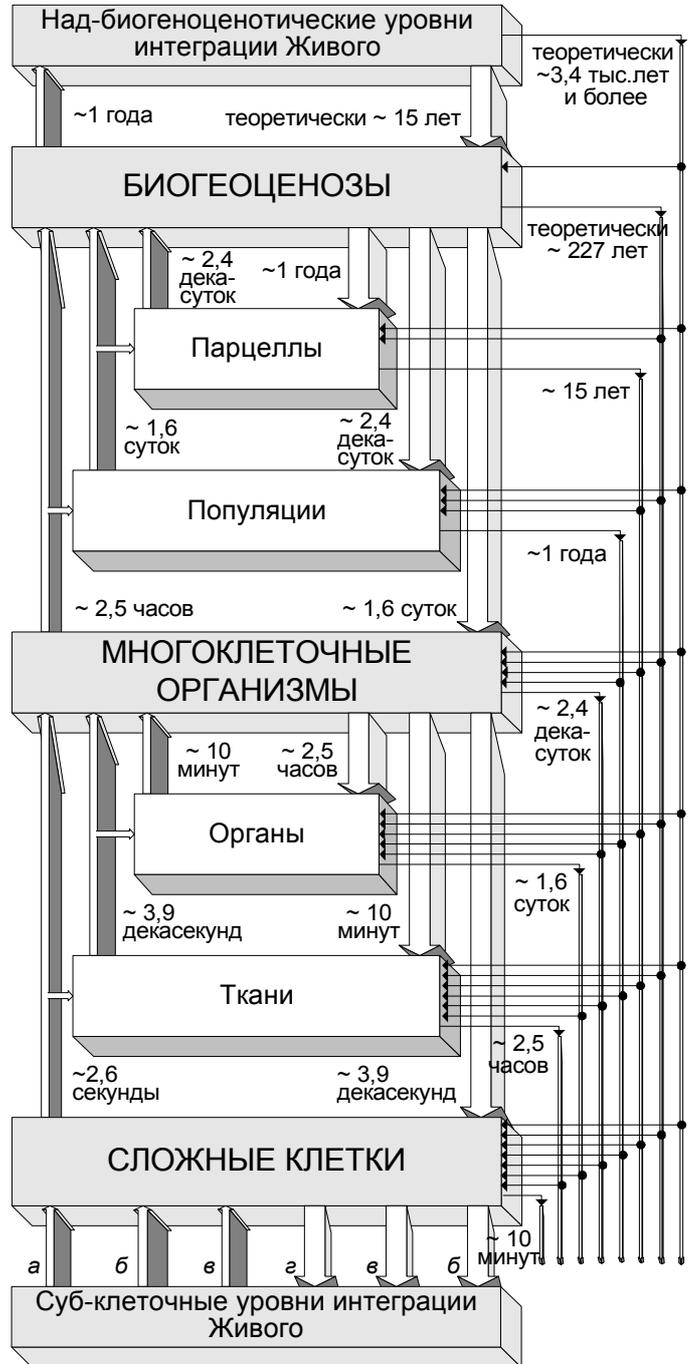
Фаза 3. Существования протооргана (гастрюлы): расчетная продолжительность 15-24-89 сут.



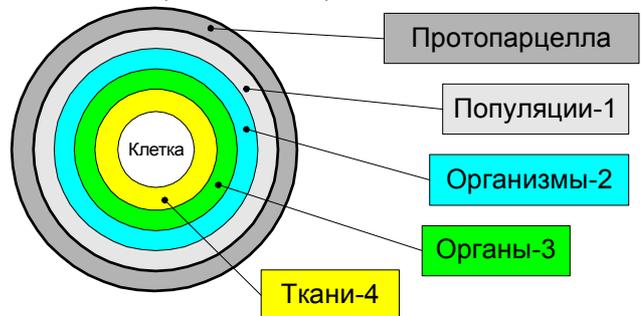
Фаза 4. Эмбриональный/зародышевый период существования организма: расчетная продолжительность 0,6-1-3,7 лет.



Фаза 5. Постэмбриональный период существования организма (возникновения протопопуляции): расчетная продолжительность 9,5-15-55,8 лет.



Примечания: а ~ 0,7 миллисекунды, б ~ 1,1 сантиметсекунды, в ~ 1,7 децисекунды, г ~ 2,6 секунды.



Фаза 6. Период существования взрослого организма (возникновения протопарцеллы): расчетная продолжительность 144-227-845 лет.

Рис. 2.5. Онтогенез как процесс формирования механизмов системной памяти во фрагменте супрасистемы БИОГЕОЦЕНОЗ–СЛОЖНЫЕ КЛЕТКИ.

Второй этап, от момента начала существования бластулы и до момента завершения этого процесса, совпадающего с моментом начала гастрюляции, можно интерпретировать как этап возникновения (формирования) *протоорганных структур в организме*. В ходе этого процесса возникают новые, усложненные *ткани*. Его расчетное значение ~1,6 суток, в диапазоне от ~1 до ~5,8 суток (табл. П1 Приложения).

Третий этап, от момента начала гастрюляции до момента её завершения, т.е. возникновения зародыша (эмбриона), можно интерпретировать как этап формирования *протоорганизменных структур в организме*. В ходе этого процесса возникают новые, ещё более усложненные *ткани* и новые, усложненные *органы*. Его расчетное значение ~24 суток, в диапазоне от ~15 до ~89 суток (табл. П1 Приложения).

Четвертый этап, от момента начала развития эмбриона и до рождения особи, можно интерпретировать как этап подготовки особи к участию в деятельности *популяционного яруса* в иерархии (т.е. формируется *протопопуляция*). В ходе этого процесса протоорганизм усложняется, и при этом возникают составляющие его всё более усложненные *ткани* и *органы*. Его расчетное значение ~1 год, в диапазоне от ~0,6 до ~3,7 лет (табл. П1 Приложения).

Пятый этап начинается с момента рождения особи и продолжается, по-видимому, до достижения им половой зрелости (понятно, что сейчас идет речь лишь о *полноразмерных*, вполне «продвинутых» многоклеточных организмах типа человека и других высших млекопитающих). Его можно интерпретировать как этап подготовки особи к участию в деятельности *яруса парцелл* в иерархии живого (т.е. формируется *протопарцелла*). Его расчетное значение ~15 лет, в диапазоне от ~9,5 до ~55,8 лет (табл. П1 Приложения).

Шестой этап начинается с момента достижения особью половой зрелости и продолжается, очевидно, до момента его «естественной» смерти, необходимость которой связана с (диктуется) именно высшим основным ярусом в иерархии живого. Поскольку его можно интерпретировать как этап участия особи в деятельности *яруса биогеоценозов* (т.е. формируется *протобиогеоценоз*), то отсюда следует, что именно *биогеоценоз* должен выступать в роли ограничителя времени существования всех составляющих его конкретных организмов. Теоретическое расчетное значение такого времени составляет ~227 лет, в диапазоне от ~144 до ~845 лет (табл. П1 Приложения). Но далее будет показано, что нынешняя (т.е. для фанерозоя) тенденция развития иерархии живого для ярусов, начиная с биогеоценотического и выше, по определенным причинам существенно отлична от вышеприведенной. В связи с этим она и будет рассмотрена лишь после прояснения указанных причин, т.е. ниже, в подразделе 9.1. Здесь же следует констатировать, что первые пять (из вышеперечисленных шести) этапов развития организма демонстрируют общую закономерность: *длительность каждого из пяти основных этапов развития конкретного организма определяется величинами системной памяти включающих его («высших») ярусов в иерархии живого*.

Данная закономерность может быть прослежена и далее «вниз» в иерархии. Так, можно оценить возможную продолжительность жизни одноклеточных прокариот: ~10 минут, в диапазоне от ~6,2 до ~37 минут (табл. П1 Приложения). Это находится в соответствии с литературными данными (напр., «бактерия живет 20 минут» [Чернавский, 2003]). Возможная же продолжительность жизни одноклеточных эвкариот: ~24 суток, в диапазоне от ~15 до ~89 суток. Причем именно интерпретация этого как проявления системной памяти в иерархии живого позволяет, например, представить факт отсутствия деления у нейронов как использование ими *иных способов забывания* системной информации.

### 2.6.3. Свойства локальности и глобальности поиска

Итак, формально задача адаптации системы природы поставлена, а, следовательно, может эффективно решаться. Проблема заключается в том, что ни исследователям, ни самой природе а priori совершенно неизвестен вид поверхности, описывающей зависимость  $Q = Q(A', A'', A''', H, G, P', P'', P''', Q, P''')$  (в обозначениях рисунка 2.2). Поскольку, как показывает практика, этот вид чаще всего представляет собой так называемую (по аналогии с географическими ландшафтами) «овражную» поверхность со многими экстремумами, среди них только один является «глобальным», а остальные, соответственно, лишь «локальными». Тот факт, что указанные овраги являются *многомерными* (а не трехмерными – две координаты на местности плюс глубина – как они выглядят в географической аналогии), принципиально задачу не усложняет, хотя и приводит к значительным трудностям при реализации траектории поиска, а также при наглядной интерпретации его результатов.

Другое дело – *мульти-modalность* (многоэкстремальность) целевой функции поиска. Если бы было известно а priori, что она является *уни-modalной* (одноэкстремальной), то стратегия поиска была бы достаточно проста (процедура *последовательного улучшения* решения). Но поскольку целевая функция в общем случае не уни-modalна, то в случае использования такой процедуры система «скатилась» бы в ближайший локальный экстремум и «рыскала» бы в его окрестности неопределенно долго...

Выходом из такого положения является введение в алгоритм оптимизации элементов глобальности. Наиболее наглядно это можно описать как случайный «наброс» при выборе начальной точки поиска *во всем допустимом его пространстве*. Из неё затем и начинается локальная процедура последовательного улучшения, далее повторный «наброс», затем снова «локальная процедура» и т.д. То есть многократное повторение локальной процедуры из различных начальных значений независимой переменной.

Существуют и другие методики глобализации поиска (см., напр., [Растрин, 1981]), но их идея во всех случаях сводится к главному: необходимо обеспечить алгоритму оптимизации возможность *иногда* двигаться против своей основной тенденции, т.е. уходить от найденного (быть может, локального...) экстремума для поиска другого (быть может, глобального...). Одной из задач адаптации алгоритма поиска при этом становится варьирование *соотношения элементов локальности и глобальности* в зависимости от накопления в ходе поиска информации о конкретном рельефе оптимизируемой функции.

