

«Сегодня, когда закладываются основы теории ноосферы, теории, которая по своему смыслу должна объединить дисциплины, изучающие самые разные явления материального мира, очень важно выработать некоторый общий язык, охватывающий и процессы самоорганизации неживой (косной) материи, и развитие живой материи, и процессы общественной природы»

Никита Николаевич Моисеев

«Систематика – начало и конец, альфа и омега каждой науки»

Александр Александрович Любичев

«Рыба ищет, где глубже, а человек – где лучше»

Народная мудрость

РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРЕДЛАГАЕМОЙ КОНЦЕПЦИИ

Призывы к системному, или целостному, рассмотрению Мира раздаются с самых разных сторон и в самых разных формах: по этому поводу высказывались О.Конт и И.В.Гете, В.И.Вернадский и П.Тейяр де Шарден, Н.Бор и Р.Фейнман, Я.Х.Смэтс и И.Пригожин, а также многие, многие другие (см., напр., [Мельников, 2000]). В одной из своих последних работ Н.Н.Моисеев подвел некоторый итог своим размышлениям на данную тему, сформулировав следующее положение: «Я полагаю, что в основе всех построений современного рационализма должно лежать следующее утверждение: *“Вселенная (Мир, Универсум – для меня эти термины имеют единый смысл) представляет собой некую единую систему, т.е. все её элементы, все происходящие в ней явления так или иначе связаны между собой, хотя бы силами гравитации”*. Это положение известно в науке как постулат о системности Мира» ([Моисеев, 1999], стр. 100). Это положение бесспорно, но оно слишком общо. Сразу возникают вопросы типа: 1. Каковы же основные свойства и конкретные особенности указанной системы Вселенной, или Природы, как сейчас, так и в прошлом? 2. На каком языке (т.е. с привлечением какой терминологии) её лучше всего описывать? 3. Отличается ли она от других сложных систем меньшего масштаба, и если да – то чем? 4. Какие существующие проблемы в той или иной области знания либо практической деятельности Человечества могут быть решены на базе их осмысления (и формализации!) в контексте системного представления о природе? 5. Какие новые проблемы могут быть сформулированы и решены? И т.д. По своей общей направленности эти вопросы можно отнести к междисциплинарной области *универсального эволюционизма*, или Универсальной истории (Big history).

Настоящая работа может рассматриваться именно как попытка дать ответы на подобные вопросы, которые, впрочем, справедливы в применении не только к природе в целом, но так же к некоторым её «проекциям» (таким, как иерархическая система живой природы или иерархическая социально-технологическая система Человечества) и вообще к любым системам «достаточно высокой» сложности. Всех их объединяет одна характернейшая особенность: *целенаправленность* поведения. Понимая при этом, что цели задает отнюдь не Творец (как это по умолчанию предполагается в абсолютном большинстве приведенных в литературе примеров подобных подходов!) – цели рассматриваются в чрезвычайно и категорически материальном аспекте, а именно как *целевые критерии энергетического характера* (подробнее см. ниже, подпункт 3.3.2.4 и подраздел 3.5).

Для формирования соответствующего модельного представления о таких системах я предлагаю использовать специальный язык отображения проблемной области (или, что то же самое, *инструментарий* моделирования), основы которого ранее были заложены в рамках *теории управления (кибернетики)*, в её разделе – *теории поисковой оптимизации*, развив его в направлении учета характерных для рассматриваемых систем *иерархических* особенностей (подробнее см. ниже, пункт 3.3.2 и подраздел 4.3). Такой выбор инструментария определяется высокой регуляторными возможностями систем поисковой оптимизации, существенно превышающими таковые у так называемых «гомеостатических» систем (которые уже доказали свою адекватность при моделировании значительного числа наблюдаемых в природе феноменов, характерных, правда, для довольно узкого класса ситуаций моделирования *устойчивости*, но не развития). Это я объясняю тем фактом, что, по большому счету, вся теория гомеостатики базируется на использовании лишь *отрицательной обратной связи* в кибернетическом контуре *регулирования*. Напротив, поисковая оптимизация использует в своем кибернетическом контуре как *отрицательные, так и положительные обратные связи*, имея в своей основе *механизм их перманентного переключения* (различие этих подходов будет подробнее рассмотрено ниже, в подразделе 1.2 и пункте 3.3.2).

Предлагаемый механизм иерархической поисковой оптимизации приспособительного поведения целенаправленных систем «достаточно высокой» сложности сконструирован так, что одновременно играет роль системообразующего фактора, соотнося энергетические затраты на обеспечение внешней активности основных составляющих соответствующей иерархической системы со всеми остальными затратами. Последние естественно интерпретировать как обеспечивающие внутренние регуляторные процессы, т.е. самонастройку, самоорганизацию и т.д. (подробнее см. ниже, подразделы 3.5 и 5.3). Перманентная максимизация/минимизация (в зависимости от его конкретного вида) подобного целевого критерия в каждом из соответствующих *иерархических контуров* иерархической системы и реализует целенаправленность (на энергетический «комфорт») такого контура и, как следствие, целенаправленность системы в целом.

1.1. О системах «достаточно высокой» сложности

Итак, будем называть *системами «достаточно высокой» сложности* иерархические системы (систему природы в целом, подсистему *живой* природы, её подмножества – живые природные объекты, которые естественно называть «*биообъектами*», социально-технологическую систему человечества и т.п.), моделью структурного «каркаса» которых является иерархический механизм адаптивной рандомизированной поисковой оптимизации, использующейся для достижения и перманентного отслеживания экстремумов иерархической совокупности целевых критериев (энергетического характера). Подробнее они обсуждаются ниже, в разделах 2, 4 и 6.

Любые исследования таких систем, реализуемых на основе любого материального носителя, в конечном счете, имеют своей целью получение ответа на вопрос: «Как такая система будет вести себя в будущем, при тех или иных воздействиях на неё извне либо изнутри?» Для этого создаются модели поведения конкретных систем, об адекватности которых исследуемым процессам (по самому определению понятия «модели») можно говорить лишь условно, при соответствующих настройках параметров таких моделей и для определенных диапазонов изменения их внешних и внутренних переменных.

Опыт показывает, что рост сложности исследуемого объекта приводит к использованию все более усложняющихся математических моделей (систем алгебраических, обыкновенных дифференциальных, интегро-дифференциальных уравнений в частных производных, а также нелинейностей различного типа, и др.). В свою очередь, рост сложности математического аппарата приводит к невозможности качественного изучения поведения таких моделей аналитическими методами. Использование же численных методов исследования вносит свои дополнительные ограничения (по точности представления данных, сходимости-расходимости вычислительной схемы, по необходимым компьютерным ресурсам и т.п.), а в результате дает только отдельные конкретные решения, которые, как правило, весьма затруднительно интерпретировать в содержательных терминах предметной области. Таким образом, можно констатировать, что используемый на сегодня аппарат моделирования не решает главную проблему – увеличения все ещё невысокой (а часто и неудовлетворительной) предсказательной способности моделей систем «достаточно высокой» сложности.

Что же делать? Быть может, следует продолжать строить все более сложные модели, все более точно отражающие поведение сложного объекта, хотя бы и во все более узких областях его параметров? А для решения полученных уравнений развить новые мощные математические методы, адекватные сложности новых моделей? Этот путь представляется весьма малоперспективным. По моему мнению, связано это с принципиальной ограниченностью представления систем «достаточно высокой» сложности как *пассивных* объектов, связь выходных и входных переменных для которых описывается с помощью некоторых переходных функций. Пусть и весьма сложного вида, а также учитывающих динамику и временные запаздывания тех или иных процессов в системе, и даже их пространственное распределение.

Предлагаемая вниманию читателя концепция подхода к решению проблемы моделирования подобных систем, т.е. сложных, иерархически организованных *природных* объектов, состоит в предложении отказаться от указанного *пассивного* представления. В противоположность ему концепция принципиально выделяет *активность* их приспособительного поведения и акцентирует на ней свое внимание. Для некоторых систем «достаточно высокой» сложности (например, живых – биологических, экологических и т.п.) поисково-оптимизационная интерпретация как таковая дополняется возможностью запоминать информацию о предыстории поиска и использовать её при выработке дальнейшего поведения, которую отражает понятие *системной памяти* (подробности см. ниже, в разделе 2). Это позволяет включить в рассмотрение таких систем понятие *адаптивности* их поведения (см. ниже, подраздел 3.4). Тем самым, создается эффективное средство воспроизведения активного целенаправленного поведения биообъектов вплоть до проявления ими «свободы воли».

На собственно активность поведения отдельных сложных систем, и особенно – биологических, не раз обращалось внимание в литературе (см. ниже, пункт 3.2.2). Но в дополнение к этому следует указать,

что именно вследствие проявления своей активности и «энергетической» целенаправленности биологические и иные системы «достаточно высокой» сложности ведут себя «антиинтуитивно» («контринтуитивно») с внешней по отношению к ним точки зрения, т.е. в общем случае непредсказуемо. Попытки выявить их повторяющиеся «реакции» на те или иные повторяемые «стимулы» приводят к успеху весьма редко и лишь в специальных случаях (см. ниже, подраздел 9.8). И это понятно: биологические процессы обычно изучают в парадигме превалирования «причинно-следственного» подхода, а оптимизационное поведение носит по самому своему определению *циклический* характер. Таким образом, предлагаемая концепция в определенном смысле выходит за рамки общепринятых причинно-следственных закономерностей (см. ниже, пункт 9.9.3).

1.2. Моделирование биологических систем и кибернетика

Исследования, касающиеся проблемы возникновения и дальнейшего развития живого, которые проводятся биологами самых различных специализаций, базируются, как правило, на *физических* и *химических* языках и концептуальных представлениях. Имеющиеся предложения о расширении языкового базиса таких исследований за счет привлечения языка *кибернетики* – см., например, основополагающие работы фон Берталанфи [Bertalanffy, 1952], И.И.Шмальгаузена [1968] и А.А.Ляпунова [1980], фундаментальный труд В.Ф.Турчина [2000(1977)] и ряд других публикаций – до сих пор не получают достаточного распространения.

Но можно ли описать с необходимой полнотой понятие и проявления живого с помощью понятийного аппарата только физики и химии? Думается, что нет. Не отрицая продуктивности подобного физикалистского подхода, следует отметить, что в ряде публикаций ставится вопрос о коренном пересмотре прежней физикалистской (механистической) картины мира (см., напр., [Степин, 1996; Шаталов, Олейников, 1997; Мейен, 2001] и др.). Более того, высказывается мнение, что «...физикалистские, а затем и логико-кибернетические концепции оказывались необходимыми, но не достаточными для понимания объективных особенностей генетических систем» [Седов, 2000]. Таким образом, назрела необходимость существенного расширения спектра языков, применяемых для интерпретации представления о живом.

По моему мнению, для этого необходимо расширить существующую парадигму, прежде всего, за счет более активного привлечения в рассмотрение при анализе живого аппарата и тезауруса *кибернетики, информатики и теории сложных систем*. Подобные попытки уже предпринимаются. Но в фазе создания моделей (что требует привлечения специальных знаний из областей математики, конкретных направлений технической кибернетики и т.п.) они по определению могут быть реализованы лишь специалистами из указанных областей знания, т.е. *не-биологами*. По-видимому, вследствие этого получаемые ими результаты пока и не достигают своей цели – не воспринимаются большинством биологов как абсолютно необходимый базис для эффективного продвижения их собственных исследований, и не формируют новую *биолого-кибернетическую (биолого-системную)* парадигму представлений о возникновении живого. Как результат, подобная терминология вообще вытесняется из обращения в данной области исследования. Например, в одной из последних зарубежных обзорных работ на эту тему [Chaisson, 2001] термины “cybernetic” или “cybnetics” не встречаются вообще ни разу.

Более того, в различных прикладных науках в последние десятилетия бытует предубеждение к термину «кибернетика» и содержательному его наполнению. Действительно, как легко видно по литературе, в особенности гуманитарного, философского, да и биологического профилей, термин «кибернетическая модель» применительно к объяснению с его помощью поведения действительно сложных объектов не пользуется популярностью. В лучшем случае говорят о достижении на этой базе устойчивых состояний в объекте, гомеостаза и т.п. Цитирую: «Этот тип обратной связи (отрицательной – С.Г.) характерен именно – и прежде всего – для высокоорганизованных систем, биологических и социальных; именно он превращает их в **гомеостаты** (“гомеостазис” – способность системы поддерживать свои параметры, например температуру тела, в определенных пределах, минимизируя воздействия отклоняющих факторов)» [Еськов, 1999]. А вот что пишет С.Лем в «Сумме технологии», сравнивая биологическую и технологическую эволюции: «...мы встречаемся здесь с циклическими процессами, в которых причины становятся следствиями, а следствия – причинами, процессами, где действуют многочисленные обратные связи, положительные и отрицательные, живые организмы в биологии или последовательно создаваемые промышленностью продукты технической цивилизации являются всего лишь элементарными компонентами этих общих процессов» ([Лем, 2002], стр. 46).

И с этим невозможно не согласиться! Но уже в следующем абзаце он продолжает: «Вместе с тем такое утверждение проясняет генезис сходства обеих эволюций. И та и другая являются материальными процессами с почти одинаковым числом степеней свободы и близкими динамическими закономерностями. Процессы эти происходят в самоорганизующихся системах, которыми являются и вся биосфера Земли и совокупность технологических действий человека, а таким системам как целому свойственны явления “прогресса”, то есть возрастания эффективности гомеостаза, стремящегося к ультрастабильному равновесию как к своей непосредственной цели» [там же]. Примечание редакторов данной публи-

кации, что в данном случае «система стремится не столько к “ультраравновесию”, сколько к “ультразамкнутости” по веществу/энергии» не проясняют ситуацию и не полемизируют по главному, с моей точки зрения, вопросу: адекватности использования термина «гомеостаз» в данном контексте.

Тем самым кибернетика, фактически, используется лишь как средство изучения способов введения в некоторый контур регулирования *отрицательной* обратной связи (что обеспечивает лишь *устойчивость*, но не *развитие*). От подобного крайне ограниченного представления о *кибернетических системах* следует отказаться, поскольку предмет и возможности кибернетики выходят далеко за эти рамки.

Прежде всего, при рассмотрении таких систем необходимо учитывать наличие в них и *положительных* обратных связей (что как раз и обеспечивает их *развитие*). На это указывают многие авторы. Например, Н.Н.Моисеев утверждает, вслед за А.А.Богдановым, что «для развития организационной структуры, будь то социальная или биологическая, необходимы не только отрицательные, но и положительные связи» [Моисеев, 1999]. В свою очередь, Ф.Хейлиген и К.Джослин отмечают: «Многие из основных идей кибернетики были ассимилированы другими дисциплинами, где они продолжают влиять на научные разработки. Другие важные кибернетические принципы, казалось, имевшие все шансы быть забытыми, тем не менее, периодически переоткрываются или “переизобретаются” в различных областях. Примеры – возрождение нервных сетей, изобретенных кибернетиками сначала в 1940-х, затем в конце 1960-х и снова в конце 1980-х; переоткрытие важности автономного взаимодействия в областях робототехники и искусственного интеллекта в 1990-х; и значение эффекта положительной обратной связи в сложных системах, переоткрытого экономистами в 1990-х (курсив мой – С.Г.)» [Heylighen, Joslyn, 2001].

Но само по себе использование положительной обратной связи в кибернетических системах, как известно, способно достаточно быстро приводить к возникновению лавинообразного (взрывообразного) роста характеристик соответствующих процессов в них. То есть их введение не только не является панацеей от всех трудностей, но и приводит к появлению новых. Следовательно, оно должно сопровождаться введением ряда условий, например одновременным введением и отрицательных обратных связей.

Именно подобный подход фактически и был реализован в 1960-1970-х гг. рядом отечественных и зарубежных ученых в области *технической кибернетики*, которыми был создан, а в последующие годы – развит такой важный её раздел, как теория *поисковой оптимизации (экстремального управления)*. К сожалению, теория поисковой оптимизации также не приобрела широкой популярности вне области технических применений. А ведь её отличительная особенность состоит как раз в том, что, в терминах кибернетической обратной связи, *поиск в контуре регулирования – это попеременная смена её знака с положительного на отрицательный и обратно*. Тем самым тенденция *развития* (связанная с неустойчивостью, расходимостью etc.), реализуемая *положительной* обратной связью, и тенденция *сохранения* (связанная с устойчивостью, сходимостью etc.), реализуемая *отрицательной* обратной связью, попеременно сменяют друг друга. Вопрос конкретной реализации и выбора текущих параметров контура поискового управления – в том, как долго превалирует та или иная тенденция. То есть, каковы длительности и интенсивности этих режимов в соответствующих условиях функционирования системы управления. А также и в том, кто (или что) и каким образом переключает указанные режимы, т.е. какими средствами реализуется блок вычисления целевой функции управления.

Среди направлений дальнейшего развития работ в области поисковой оптимизации важное место занимают так называемые *бионические* алгоритмы, базирующиеся на информации о структуре и поведении различных биологических объектов. Понятно, что инженеры-разработчики используют при этом не «истинные» свойства таких объектов, а те или иные особенности современного модельного представления о них. Чаше это происходит в упрощенной форме «биологических метафор», которые применяются в тех же целях и в других научных областях, в частности, в социологии – см., напр., [Шмерлина, 2002]. Среди разнообразных бионических алгоритмов поисковой оптимизации следует упомянуть эволюционное и генетическое направления, поскольку использование именно эволюционной и генетической терминологии оказалось удобным и достаточно эффективным языком при синтезе новых разновидностей алгоритмов поисковой оптимизации (подробности см. ниже, в разделе 4).

Здесь же необходимо отметить, что факт проведения большого числа достаточно успешных *инженерных разработок в области поисковой оптимизации*, имеющих в своей основе пусть и крайне упрощенные, но всё же *модели биологических системных процессов*, представляется весьма показательным. По-видимому, некая глубинная связь идеологий этих феноменов – объективно существующих адаптивных механизмов живого и развитого человеком кибернетического поискового оптимизационного языка их описания – существует объективно. Но в рамках указанных вполне прагматических, технико-ориентированных разработок, задача построения адекватных моделей собственно биологических явлений просто не ставится. Следовательно, с учетом их гипотетической внутренней связи, становится актуальной именно такая постановка вопроса: встает задача синтеза модели некоторого биоявления

ния/биопроцесса на базе механизмов поисковой оптимизации. И первым биоявлением в этом ряду, несомненно, является *приспособительное поведение системы живого*.

Все это перекликается и с недавно появившимися в философской литературе предложением (восходящим к Анаксагору и Платону и базирующимся на огромном материале последующих поколений исследователей всех отраслей знания) о конституировании новой трансдисциплинарной науки – *оптимологии* [Разумовский, 1998]. Автор этого предложения О.С.Разумовский отмечает, что «исходной предпосылкой оптимологии должен быть эмпирический факт: *главный вектор* существования, организации, функционирования и развития всех живых систем, общества и человека, а также смешанных или гибридных систем (...) – *интенция к оптимизации* (к оптимуму)» [там же]. При этом в качестве одной из самых трудных методологических проблем он рассматривает проблему *выбора прототипа* для идеального объекта оптимологии, без решения которой нельзя «вообще конструировать понятийно-номологический базис теории» [там же]. Имеется в виду выбор единого прототипа, к которому можно было бы потом редуцировать все остальные типы бихевиоральных (поведенческих) систем. Позволю себе высказать предположение, что при выборе такого прототипа (фактически, языка, адекватного оптимизационному подходу или *оптимизационному мышлению*) в качестве базиса как раз и может выступить предлагаемая концепция.

Таким образом, я утверждаю: высокоорганизованные иерархические системы, биологические, социально-технологические и им подобные, *не являются гомеостатами!* Время от времени, в соответствующих ситуациях, они, конечно, проявляют подобные свойства, но отнюдь не всегда. В периоды развития, роста, эволюции они в существенной степени используют и положительные обратные связи в контурах управления. То есть в данном контексте их следует называть *поисковыми оптимизаторами*.

Преимущество же предлагаемого подхода, использующего хорошо разработанный и весьма эффективный язык теории поисковой оптимизации (экстремального регулирования) [Гринченко, 1999а] к моделированию систем «достаточно высокой» сложности – в том, что в указанной теории и на практике её применения наработан большой объем разнообразных сведений о поведенческих характеристиках таких механизмов, о типовых целевых функциях, о соотношении постоянных времени процессов и т.п. свойствах поисковых оптимизационных систем безотносительно к реализующему их материальному субстрату. Тем самым появляется возможность «перенесения» этой «общекибернетической» междисциплинарной информации на соответствующую предметную область с вполне определенным субстратом, в частности, на биологические системы.

Вместе с тем, для тех, кто понимает под «объяснением» чего-либо интерпретацию этого «чего-либо» лишь чисто в физических терминах (или, скажем, в химических, что встречается реже), предлагаемая книга, по-видимому, не представит интереса...

Закончу данный подраздел указанием на тот факт, что важным элементом при формировании и обосновании предлагаемой концепции выступил так называемый «*адаптивный подход*», последовательно развиваемый последователями Л.А.Растригина, и перейду к его краткому обсуждению.

1.3. Об адаптивном подходе

Термин (свойство) адаптивности (приспособляемости, приспособительности) широко известны и часто используются в различных областях науки и техники: «Известно, что адаптивность, т.е. приспособляемость к среде обитания, является специфическим свойством живых организмов. Жизнь на Земле возникла на определенном экологическом фоне (географическая, геохимическая, геофизическая и космическая среда) и может существовать и развиваться только при условии адаптации к этой среде. Все формы адаптивности, независимо от области их реализации (биосфера, социосфера, техносфера), можно разделить на три вида, которые соответствуют различным способам адаптации. Критерием такого деления является степень активности “субъекта” адаптации по отношению к объекту, т.е. среде, в которой существует адаптивная система» ([Растригин, Марков, 1976], стр. 106).

На рис. 1.1 воспроизведены предложенные Л.А.Растригиным и В.А.Марковым схемы, соответствующие различным способам адаптации. Указав, что здесь S – «субъект» адаптации (адаптивная система), O – «объект» адаптации, или среда, в которой существует адаптивная система, символ \rightarrow выражает направление адаптивного процесса, эти авторы далее поясняют, что первая форма адаптации (когда активность направлена лишь на собственную адаптацию к данной среде) характерен, по их мнению, для растений. При второй форме адаптации (когда система становится активной по отношению к объекту) осуществляется «переключение» сред, что характерно для животных в процессе отыскания ими «комфортной» среды. Наконец, третья форма адаптации (наиболее развитая форма активности) осуществляет «преобразование» среды, что, в основном, отличает адаптивную деятельность человека.

Полностью разделяя идеологию данного подхода, я всё же хочу обратить внимание на важность в данном контексте уточнения понятия «*внешняя среда*». В самом деле, любая адаптивная система предъявляется к исследованию после вычленения её из среды. Но после этой процедуры теперь уже внешняя

по отношению к ней среда представляется двоякой. С одной стороны, это факторы, на которые конкретная адаптивная система *никоим образом влиять не может*. Для биологических организмов это факторы, связанные с характеристиками нашей планеты в целом или её отдельных регионов – например, климат и погода, определяющие уровень и динамику температурных влияний, наличие воды и др. в данном месте Земли, проявления вулканизма, факт смены сезонов, длительность дня, длительность года и т.п., а также космические воздействия – например, приливные и другие влияния Луны, динамика и интенсивность солнечного излучения (отдельные вспышки на Солнце и циклы его активности), влияния, связанные с перемещениями Солнца в Галактике, и т.д.

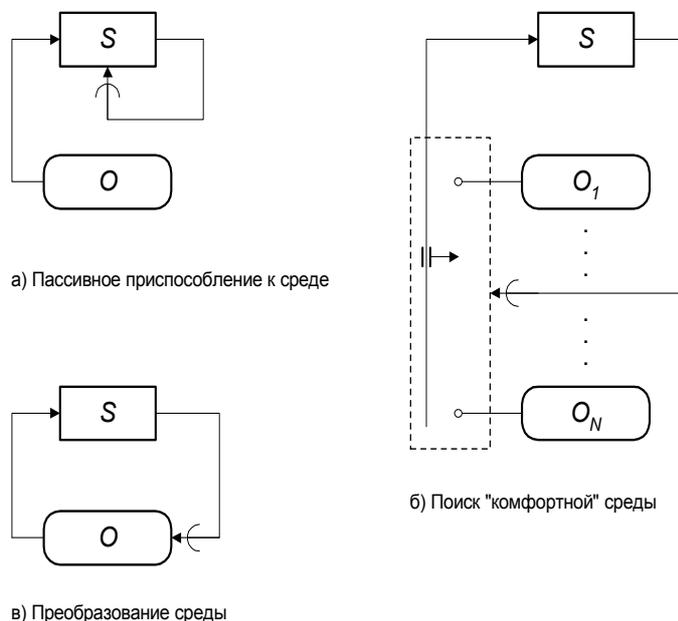


Рис. 1.1. Возможные схемы приспособления к среде (рис.3.1 из [Растргин,Марков, 1976]).

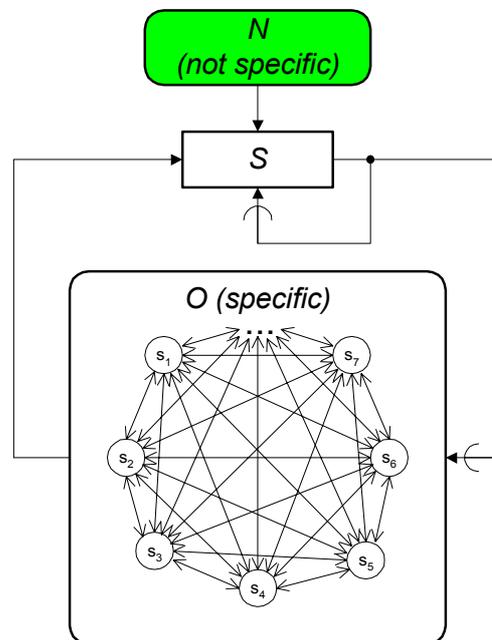


Рис.1.2. Биологическая адаптивная система (S) в специфической (O) и неспецифической (N) внешней среде (пояснения в тексте).

С другой стороны – это факторы, на которые адаптивная система *влияет самым непосредственным образом*: те *входные* для неё воздействия, которые являются *выходными* для других биообъектов того же уровня интеграции живого. В биологии последние иногда называют **специфической активностью** конкретного биообъекта (организма, клетки и т.п.) или его **специфическими выходами**. В отличие от перечисленных выше неспецифических воздействий на биообъект, те его входы, на которые поступают специфические воздействия от других биообъектов, по аналогии называют **специфическими входами**. Варьируя характер своей выходной специфической активности, *непосредственно* воздействующей на специфическое окружение, адаптивный биообъект *опосредованно* воздействует на те влияния специфической (для него) внешней среды, которые в конечном итоге поступают на его специфические входы (см. рис. 1.2).

Таким образом, *внешняя по отношению к адаптивной системе среда подразделяется на специфическую и неспецифическую*. Тогда интерпретация типовых форм адаптивности, предложенных Л.А.Растргиным и В.А.Марковым, получает несколько иное содержание. Первая форма отражает взаимодействие адаптивной системы с неспецифической внешней средой, вторая и третья – различные временные стратегии адаптивного поведения конкретного биообъекта в специфической внешней среде, т.е. среди себе подобных. Это соответственно «перемещение» его в данном специфическом «пространстве», что достигается подстройкой коэффициентов чувствительности своих специфических входов к специфическим воздействиям на них, либо изменение своих выходных характеристик – специфического функционирования, непосредственно влияющего на специфическую внешнюю среду (и в той или иной степени её преобразующего). Именно такое подразделение внешней среды на специфическую и неспецифическую позволяет существенно продвинуться по пути понимания конкретного воплощения механизмов и форм приспособительного (адаптивного) поведения в живой природе.

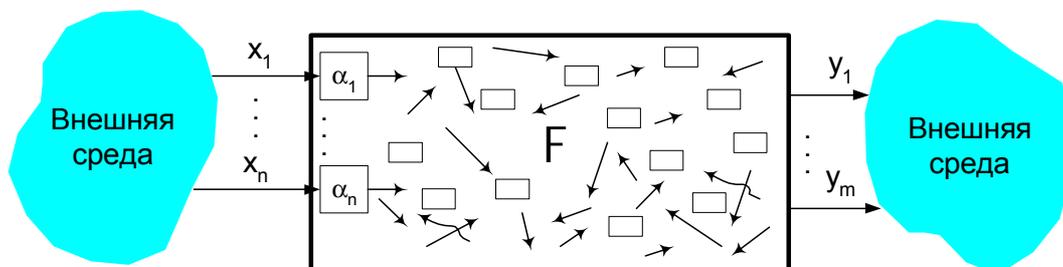
Но *реализовываться* указанные адаптивные механизмы могут самым различным образом: от самых примитивных и локальных (типа «стимул»-«реакция») до весьма универсальных. Именно к последним может быть отнесен предлагаемый механизм «иерархической адаптивной поисковой оптимизации», выступающий в качестве управленческого «каркаса» любой системы «достаточно высокой» сложности. Он и обеспечивает тенденцию перманентного стремления такой системы к оптимальному состоянию в ус-

ловиях меняющихся воздействий со стороны внешней специфической среды. Этот механизм относится к универсальным средствам моделирования живого, отражая возникающую в ходе его метаэволюции *системную память* о предыстории поиска, которая и определяет важнейшее свойство его *обобщенной адаптивности* (подробности см. ниже, в разделе 2).

1.4. О соотношении «обычных» и оптимизационных моделей

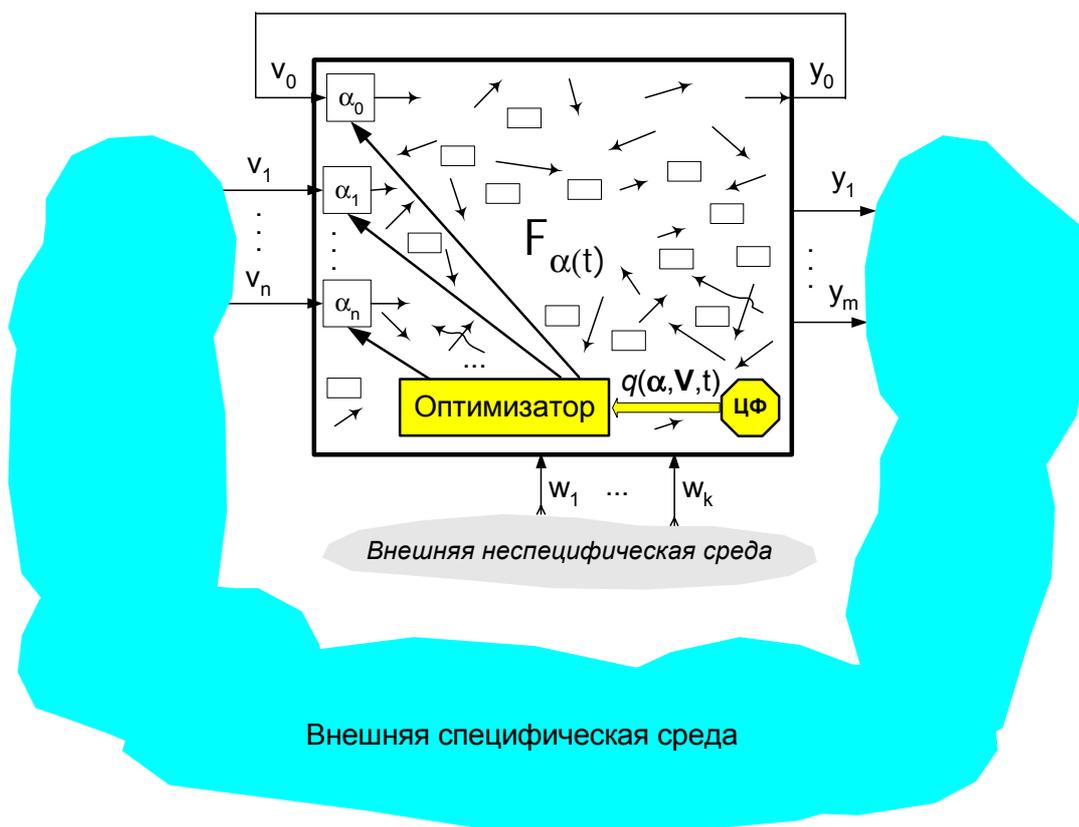
Может возникнуть вопрос: насколько оптимизационная модель соответствующего биообъекта отличается от типовой, знакомой по аналогичным приложениям? Не отменяет ли её появление имеющихся наработок? Проведем их сравнение (см. рис. 1.3).

Простейшую схему *типовой* модели некоторого *неиерархического* объекта можно представить себе следующим образом: $Y = F(X)$ (обозначения приведены на рис. 1.3а).



а) простейшая схема *типовой* модели биологического объекта $Y = F(X)$

Примечания: x_i - входы, y_j - выходы; α_i - коэффициенты чувствительности к входным воздействиям; отдельные стрелки и прямоугольники обозначают (здесь и ниже) произвольную внутреннюю структуру модели



б) упрощенная схема *оптимизационной* модели сложного биообъекта $Y = F_{\alpha(t)}(V, W)$

Примечания: v_i - специфические входы, w_k - неспецифические входы, y_j - выходы; α_i - коэффициенты чувствительности к специфическим входным воздействиям (задаются оптимизатором); $q(\alpha_0 v_0, \alpha_1 v_1, \dots, \alpha_n v_n, t)$ - целевая функция;

Рис. 1.3. Упрощенные схемы типовой и оптимизационной моделей некоторых биообъектов

Принципиальное отличие *оптимизационной* модели от типовой заключается во введении в её состав дополнительно всего 2-х основных блоков: блока вычисления целевой функции (ЦФ) энергетического характера $q(\alpha)$ и собственно блока оптимизации – генератора поисковой переменной α . При этом два

последних блока *непосредственно* соединяются между собой: выход первого (целевая функция q) поступает на вход второго (оптимизатора), управляя им. Что же касается связи между выходом оптимизатора и входом блока вычисления целевой функции, то, как раз, здесь и находится все разнообразие элементов модели и связей между ними, характерное, в том числе, и для «типовой» модели объекта.

Таким образом, два вышеуказанных блока образуют некоторый «каркас» модели, обеспечивающий её приспособительное поведение. Всё же остальное разнообразие функциональных связей, отражающих специфику конкретного объекта, введение такого «каркаса», вообще говоря, непосредственно не затрагивает. Конечно, рассмотрение объекта как самооптимизирующегося само по себе является источником новых идей относительно структуры его модели и предложений по наиболее адекватному их воплощению, но, повторюсь, оптимизационная модель – это фактически соответствующее расширение (*надстройка*) типовой модели.

Другой ракурс их сравнения: переходная функция F типовой модели *фиксирована* (именно её часто и называют *моделью* объекта). В оптимизационной же модели переходная функция $F_{\alpha(t)}$ зависит от поисковой переменной α , перманентно изменяющейся блоком оптимизации. В ситуации *найденного* устойчивого состояния объекта, когда поисковый процесс представляет собой лишь небольшие рыскания в районе экстремума оптимизируемой функции q , изменения переходной функции $F_{\alpha(t)}$ также будут весьма малыми. Тем самым воспроизводится вариант, близкий к типовому (т.е. с «почти» фиксированной переходной функцией F). В ситуации же процесса обнаружения (*поиска*) такого устойчивого состояния переходная функция F изменяется слишком значительно, и её фиксация невозможна из-за неминуемой потери принципиально важной информации о поведении моделируемого биообъекта.

1.5. О форме изложения материала книги

Необходимо подчеркнуть, что описание предлагаемой концепции «иерархической поисковой оптимизации» системы природы представляет собой непростую задачу.

Это связано не только с тем, что в ходе такого описания необходимо предъявить множество понятий и фактов из достаточно далеких друг от друга отраслей знания – технических, математических, естественнонаучных. Что, естественно, приводит к необходимости ориентации на читателя самых различных специализаций, т.е. подробного разъяснения исходной терминологии, введения большого числа ссылок и расширенного цитирования фрагментов имеющихся работ в столь широкой области исследования, и т.п. мер. Это связано не только с тем, что все это делает описание чрезвычайно громоздким, в котором содержание оригинальной информатико-кибернетической концепции может потеряться на фоне множества понятий и фактов, определенных и исследованных в тех или иных «локальных» прикладных науках. Которые к тому же могут выглядеть совершенно излишними и очевидными для каждого отдельного специалиста в своей отрасли знания.

Для сравнения приведу мнение Г.А.Заварзина: «Обобщение вообще вынуждено отклоняться от деталей и потому кажется популярным или поверхностным, а междисциплинарное обобщение – дилетантским. Тем не менее, только проникновение в суть проблемы позволяет представить сложную систему понятий в доступной форме, поскольку генеральные идеи обычно просты и образованный дилетант скорее может уловить связи между ними. Такие люди получили обозначение “генералистов”» ([Заварзин, 2001а], С. 166).

И мнение Г.Г.Малинецкого, который постоянно утверждает, что: «...междисциплинарный подход – это общие основополагающие идеи, общее понимание ряда принципиальных концепций, общий язык. Это не куча работ, моделей, идей. Это нечто большее. Здесь важны коллективные эффекты, которые позволяют получить новое качество и выйти на новый уровень понимания. Обычно это трудно. Иногда, казалось бы, состоявшийся, глубокий, многообещающий подход “рассыпается” на осколки течений, теорий, отдельных, почти не связанных друг с другом, дисциплин. Прекрасная сверкающая ваза разбивается на блестящие обломки. Кибернетика, прекрасно начатая такими гигантами, как Винер, Эшби, Шеннон, разбилось на теорию игр и искусственный интеллект, распознавание образов и теорию автоматов, на системное программирование и нечеткие множества, и на многое, многое другое. Экология, несмотря на прекрасное начало, положенное книгой Юджина Одума, по-моему, так и не состоялась. Не удалось в одну телегу впрячь “экологию грибов”, “космическую экологию”, “экологию культуры” и ещё полсотни других “экологий.” Но необходимость – лучший катализатор. Может быть, хорошую службу здесь сослужит синергетика – междисциплинарный подход, с которым сейчас связаны многие надежды. Может быть, будет создано нечто новое» [Малинецкий, 1994(2004)]. А если и в самом деле – «новое» или новое прочтение «хорошо забытого старого» – но вдруг все-таки будет на этом пути создано?

Основные же трудности изложения предлагаемой концепции связаны с тем, что её формальное математическое описание возможно лишь в самом общем виде, поскольку представляет собой систему рекуррентных соотношений специального вида, исследование которых возможно лишь *средствами ин-*

форматики, в частности, компьютерного моделирования. Чтобы, по возможности, преодолеть эти трудности, я использовал основанную А.А.Любищевым [Любищев,1973] и Н.Н.Воронцовым [Воронцов,1999] традицию использования при описании основных положений эволюционизма формата «постулат». В моем случае это оправдывается, в том числе и тем, что одним из следствий принятия предлагаемой концепции как раз и является новая трактовка процесса эволюции живого. В самом деле, по определению «*постулат*» (от лат. *postulatum*) – требование, предложение (условие, допущение, правило), в силу каких-то соображений принимаемое без доказательств, но, как правило, с обоснованием, причем именно это обоснование и служит обычно доводом в пользу принятия постулата» [БСЭ, т.20, 1975, С.423].

И последнее замечание. Центральное место в любом языке занимает терминология. Именно её точность и однозначность во многом определяют точность и однозначность языка в целом, его логические возможности и т.п. В этой связи следует признать, что в биологических науках тенденции давать процессам и явлениям все более точные определения противостоит тенденция сужения множества процессов и явлений, подпадающих под такие более точные определения. И это понятно: разнообразие в живой природе поистине беспредельно, и чем больше конкретных свойств перечислено в определении того или иного биообъекта, тем больше вероятность, что похожий биообъект хотя бы в малом числе таких свойств может выйти за введенные рамки термина. А, следовательно, – не должен быть отождествлен с терминологически «чистым» своим «собратом». Чтобы как-то парировать подобное противоречие, в определении биообъектов обычно не вводят характерные для них количественные (пространственные и временные) параметры, что, естественно, лишь затрудняет ориентацию в данной предметной области.

Но преодолеть указанное противоречие всё же можно, подойдя к проблеме в ином ракурсе. Для этого в настоящей работе предлагается провести – и проводится – терминологизация биообъектов, «идеальных» с позиций иерархии живого. Тогда, выступая в качестве «каркаса» данной предметно-процессуальной среды, такие термины (определения) позволят выявлять и фиксировать определения любых иных биообъектов в единицах их *отклонений* от «идеальных» значений.