

# Жизнь, эволюция, мышление с точки зрения программиста

*Как ни коротки слова “да” и “нет”,  
все же они требуют самого серьезного  
размышления*

*Пифагор*

## Содержание

### **Введение**

#### **Глава 1. Направленность органической эволюции.**

- 1.1. Эволюция или Бог
- 1.2. Эволюция знаний о мире
- 1.3. Что такое жизнь
- 1.4. Общая причина и необходимость эволюции
- 1.5. Локальная направленность изменений
- 1.6. Необходимость представления иерархии в генетической информации
- 1.7. Формальные аналогии

#### **Глава 2. Эволюция и прогресс**

- 2.1. Прогресс
- 2.2. Локальная цель и общая направленность эволюции
- 2.3. Эволюция и информация
- 2.4. Энтропия и организация
- 2.5. Эволюция и свобода

#### **Глава 3. Техническая эволюция и перспективы алгоритмического искусственного интеллекта.**

- 3.1. Искусственный интеллект
- 3.2. Распознавание образов
- 3.3. Формальные распознающие нейронные сети
- 3.4. Синергетика
- 3.5. Проблема “Риск создания искусственного интеллекта”

#### **Глава 4. Перспективы моделирования мышления**

- 4.1. Общие схемы видов мышления.
  - 4.1.1. Перцептивное мышление
  - 4.1.2. Когнитивное мышление
  - 4.1.3. Практическое мышление
  - 4.1.4. Творческое мышление
- 4.2. Проблемы.
  - 4.2.1. Сознание.
  - 4.2.2. Воля.
  - 4.2.3. Активность.
  - 4.2.4. Эмоциональные оценки.
  - 4.2.5. Творческое мышление.

#### 4.3. Распространенные ловушки

#### 4.4. Может ли машина мыслить

### Глава 5. Есть ли в природе общая идея

#### 5.1. Принципы оптимальности

#### 5.2. Энтропия и антиэнтропийный процесс (нарастание хаоса и упорядочивание).

## Литература

### Введение

Работа над этой книгой начиналась со статьи “О направленной эволюции с точки зрения программиста”. Представлялось, что “взгляд со стороны” и предложение на этой основе определенных гипотез может оказаться полезным для понимания некоторых важных вопросов, касающихся эволюции живого. Первым из этих вопросов был рассматривавшийся в статье вопрос о направленности эволюции, необходимой для объяснения ее темпов.

Однако, тема оказалось очень широкой, что потянуло за собой много других связанных с ней вопросов, в том числе таких как: жизнь, мышление, эволюция знания, прогрессивная эволюция, информация, организация, эволюция и энтропия, социальная эволюция, перспективы разработки искусственного мышления. Рассматривались и некоторые другие сопряженные вопросы.

Все это, хотя и имеет отношение к эволюции жизни, но интересует не только биологов, но и психологов, философов, физиков, математиков и инженеров. Проблема является комплексной и любой занимающейся ей специалист вынужденно вторгается в чужие профессиональные области.

Считается, что для научной разработки и понимания таких сложных проблем как жизнь, разум и эволюция жизни необходимы междисциплинарные исследования. Природа едина. Наши усилия понять ее относятся к разным наукам, каждая из которых имеет свой предмет и метод исследования. Это оправдано частым отсутствием общих целостных представлений и попытками “прощупать” объект исследования с разных сторон. Есть надежда, что получаемые частные научные результаты будут, в конечном счете, интегрироваться в рамках междисциплинарных исследований, что в идеале может привести к единому полному и целостному представлению.

Необходимость комплексных междисциплинарных исследований часто провозглашается, но практически они не проводятся. Известно много примеров взаимодействия биологии, психологии, философии и точных наук. Однако, эти взаимодействия еще нельзя назвать междисциплинарными исследованиями, поскольку они как правило ограничиваются только обменом информацией. Но и это обычно бывает связано с определенными и часто значительными трудностями, поскольку представители разных наук говорят на разных профессиональных языках.

Но даже и такое взаимодействие бывает полезным. Например, в биологии для понимания многих проблем полезным было использование представлений о законах термодинамики, об устойчивости, о положительных и отрицательных обратных связях, о замкнутых и разомкнутых контурах регулирования, о принципах оптимальности. Это только отдельные, но наиболее значимые примеры.

Определяющей информации, идущей от биологии к точным наукам меньше. Можно упомянуть о формальных распознающих нейронных сетях, в которых используются некоторые сведения о работе естественных нейронов. В плане рассматриваемых ниже тем определенный интерес представляют работы по эволюционному моделированию и генетическим алгоритмам.

Генетические алгоритмы чаще всего применяются в задачах многопараметрической оптимизации. В этих работах используются очень общие и довольно приблизительные представления о биологической эволюции. И, тем не менее, с помощью генетических алгоритмов практически решаются некоторые задачи оптимизации. Кроме того, определенный опыт работы с подобными задачами позволяет сделать некоторые предположения о возможных *необходимых* свойствах механизмов направленной эволюции. При этом может возникнуть и обратная связь от точных наук к биологии.

В плане междисциплинарного взаимодействия особняком стоит фундаментальная работа Э.Бауэра “Теоретическая биология” [2]. Сформулированный в этой работе принцип устойчивого неравновесия, а также и другие представления Бауэра, определяют сущность отличия живой материи от не живой. Правда, эти идеи не только еще далеки от использования, как в теоретических, так и в практических работах по моделированию мышления, проводящихся в рамках точных наук. Эти идеи не нашли еще полного понимания и в биологии.

Еще одна возможность полезного взаимодействия биологии и точных наук основана на том, что при рассмотрении некоторых проблем эволюции, также как и при решении задач управления, часто возникает принципиальная проблема многоэкстремальности. Решение многоэкстремальных задач путем последовательных малых шагов, направленных на каждом шаге на максимизацию целевой функции, в общем случае невозможно. Очевидно, что многие успешно решаемые эволюцией задачи многоэкстремальны. Поэтому для понимания некоторых проблем эволюции могут оказаться полезными идущие от техники и математики представления о многоэкстремальных задачах и способах их решения.

Из рассмотрения общей логики процесса эволюции и структуры сложных информационных моделей вытекают не только требования к необходимой иерархической организации, строящейся в мозге модели проблемной среды, но и требования к необходимой иерархической организации генетической информации, управляющей внутренней работой, развитием и эволюцией живых организмов.

Выработка представлений о сути прогрессивной эволюции, т.е. о ее общей цели и глобальной направленности, невозможна без обсуждения таких важных понятий как энтропия, информация, принципы равновесной и неравновесной термодинамики, организация и самоорганизация, принципы оптимальности.

Социальная эволюция и развитие цивилизации на определенном уровне рассмотрения сопоставимы с прогрессивной эволюцией живых организмов. На основе этих сопоставлений возможны гипотезы, как о способах количественной оценки уровня цивилизации, так и о закономерностях и перспективах социальной эволюции.

И наконец, прогнозы об эволюции искусственного мышления могут ориентироваться не только на существующие научные и практические результаты разработок в этой области и не только на возникающие при этом проблемы. Эти прогнозы должны опираться на представления о различных преимущественно качественных физиологических и психологических моделях разных видов мышления и на оценке сложности моделирования соответствующих реализуемых в мозге естественных информационных процессов.

При попытках полного моделирования мышления и в особенности таких его функций как сознание, воля, активность, творчество и эмоциональные оценки очень полезным для точных наук может оказаться не только взаимодействие с биологией, но также и, в не меньшей степени, взаимодействие с психологией и философией.

## Глава 1. Направленность органической эволюции.

### 1.1. Эволюция или Бог

*Затянувшаяся дискуссия означает,  
что обе стороны не правы.*

*Вольтер*

Ответы на вопросы о происхождении и развитии жизни могут быть разными. Колоссальную сложность и огромное разнообразие жизни по-разному объясняют “креационисты” и “эволюционисты”. Креационисты говорят об одномоментном, чаще всего божественном создании. Однако, с этих позиций трудно объяснить многое, например, данные биологии и палеонтологии об “эволюционном ряде”, т.е. о происходившем в течении миллиардов лет последовательном прогрессивном изменении и усложнении живых организмов, повторяющемся в общем виде в процессе эмбриогенеза.

Эволюционисты основываются, главным образом, на теории Дарвина в сочетании с генетикой. Однако, и эволюционисты сталкиваются со значительными трудностями. Труднее всего объяснить как на основе ненаправленных малых случайных изменений и естественного отбора за ограниченное время (порядка 4 миллиардов лет) смогла зародиться жизнь и появиться все существующие сложнейшие организмы. Различные оценки вероятностей дают чаще всего отрицательные или, как минимум, сомнительные результаты.

Определенные затруднения возникают и при объяснении “скачков” эволюции, при которых плавные малые последовательные изменения качеств живых организмов сменяются резким скачкообразным изменением их организации и появлением принципиально новых функций и качеств. Огромное многообразие и сложность жизни трудно, а может быть и невозможно, объяснить только слепым случаем и отбором. Среди эволюционистов существует мнение, что для объяснения результатов эволюции в дополнение к случайным изменениям и естественному отбору необходимы еще и конструктивные представления о том, как возникает направленность эволюционных изменений.

И, тем не менее, общее представление об эволюционном развитии жизни принято широко и, по-видимому, верно. Креационистов и просто верующих обычно, а часто и более всего, возмущает утверждение о том, что человек произошел от обезьяны. На самом деле с позиций эволюционистов можно заглянуть в прошлое и гораздо дальше. В эволюционном ряду человека ближе к его началу находятся амеба и одноклеточная морская водоросль.

Для обсуждения проблем эволюции (и религии) полезно хотя бы приблизительно оценить сложность существующей жизни. На Земле сейчас около 10 миллионов разных видов живых организмов. Кроме того, считается, что около 20 миллионов видов вымерло. Организм животного состоит из сотен миллиардов взаимодействующих клеток. В каждой клетке происходят сложнейшие тонко согласованные биохимические процессы, включающие миллиарды мельчайших функционально-логических элементов. Так в каждой клетке есть генетическая память – основа для управления работой клеток и развитием организма при жизни, а также для передачи свойств организмов потомкам при размножении. Эта память построена на молекулах ДНК. Молекула ДНК каждой клетки представляет собой цепочку из нескольких миллиардов биологических элементов - нуклеотидов. Все это дает приблизительное представление об уровне сложности живого. Как это могло возникнуть?

Между креационистами и эволюционистами идет непрекращающаяся полемика в статьях, книгах и докладах. Позиция креационистов проста. Господь всемогущ. Земля и все живое были созданы сразу, шесть или семь тысяч лет назад. Господь слепил человека из глины и вдохнул в него жизнь. При этом глина превратилась в сложнейшие органические ткани, построенные на основе углерода, которого в глине нет. Земля была создана в возрасте 4.6 миллиардов лет со всеми следами геологических эпох и всеми ископаемыми останками – динозаврами, птеродактилями, австралопитеком и стоянками первобытного человека. Зачем

Господу понадобилось имитировать следы эволюции неизвестно. Пути господни неисповедимы.

Креационистам можно задать еще очень много интересных и трудных вопросов. Однако, это не имеет большого смысла. Ответ на любой вопрос практически известен заранее. Многочисленные противоречия между Книгой Бытия библии и существующими современными научными данными подробно рассмотрены в прекрасной книге А.Азимова “В начале” [1].

А вот эволюционисты должны объяснить многое. Например, как на основе случайных микроизменений и отбора всего за 4 миллиарда лет смогли образоваться сложнейшие живые организмы. Как могли возникнуть живые механизмы неснижаемой сложности. Как происходили качественные скачки эволюции.

Иногда при обсуждении проблем зарождения жизни и ее эволюции задаются и другие интересные вопросы. О душе, сознании, воле, активности. Эти вопросы принципиальны и не должны отодвигаться на второй план только потому, что мы не знаем не только точного, но и приблизительного ответа.

Эволюционизм это не религия, а естественнонаучное направление, в рамках которого нельзя уходить от конкретно поставленных вопросов. На все должны формулироваться конкретные ответы, либо, как минимум, гипотезы. В крайнем случае, можно ответить “не знаю, но надеюсь узнать”.

Наукой накоплена очень большая информация о живых организмах и их эволюционном развитии. Однако, важно понимать, что мы еще очень многого не знаем.

В связи с этим представляется, что для ответа на вопрос “эволюция или бог ?” полезно рассмотреть представления об эволюции знания и об отношениях между физикой и метафизикой.

## 1.2. Эволюция знания о мире

*Есть многое на свете, друг Горацио,  
Что и не снилось нашим мудрецам*

**Шекспир, Гамлет**

*Я смотрю на себя, как на ребенка, который  
играя на морском берегу, нашел несколько  
камешков поглаже и несколько раковин  
попестрее, чем удавалось другим, в то время,  
как неизмеримый океан неисследованного  
расстился перед моим взором*

**И. Ньютон**

По мере эволюции знания, т.е. чем больше мы узнаем о мире, тем яснее становится, что за пределами нашего знания лежит огромная, а может быть и неисчерпаемая область незнания. Плохо ли говорить «не знаю»? Нет, не плохо. Плохо — это абсолютная уверенность. Существует рассказ о древнегреческом философе и его ученике. Говорят, что ученик как-то сказал философу: учитель, почему вы так часто говорите «не знаю»? Я, ваш ученик, знаю гораздо меньше, а говорю «не знаю» гораздо реже. В ответ философ нарисовал два круга — большой и маленький и сказал: «Внутри большого круга находится то, что знаю я, внутри маленького — то, что знаешь ты. Вне большого круга на его границе лежит то, чего не знаю я, на границе малого круга — то, чего не знаешь ты. Как видишь, я не знаю гораздо больше, чем ты».

К этому можно добавить следующую интерпретацию. Внутри круга знания обладающего мозгом субъекта находится в основном целостная модель его мира. Эта модель

строится на основе получаемой о мире информации, которая всегда неполна, неточна и субъективна. Поэтому этот круг можно назвать кругом субъективного относительного знания. За границей круга знания лежит область относительного или актуального незнания.

Актуальное относительное незнание это то, что проявляется в нашем мире, не имеет полного объяснения на основе известных физических законов, но о чем можно сформулировать какие-то вопросы с использованием уже имеющегося знания. Поэтому актуальное относительное незнание субъективно. Из этого следует, что объем актуального относительного незнания у разных людей разный. За пределами области актуального относительного незнания лежит область полного абсолютного незнания, содержащая неизвестно что.

Пример. Электричество во времена Пушкина у всех людей лежало в области абсолютного незнания. Сейчас электричество частично лежит в области относительного знания и частично в области относительного актуального незнания. Правда, возможно, что для получения полной разгадки тайны электричества нужно заглянуть и в область абсолютного незнания.

Можно допустить, что в области абсолютного незнания может существовать что-то не просто пока еще неизвестное, а принципиально человеком непознаваемое. Пример. Может ли собака получить хоть какое-то представление о поэмах Гомера? Нет, не может. Модель мира собаки не имеет и не может иметь никаких пространственных и смысловых пересечений с поэмами Гомера, лежащими для нее в области абсолютного незнания и в подобласти «непознаваемое».

Можно допустить, что подобласть «непознаваемое» имеется и в области относительного актуального незнания. То есть существуют непознаваемые сущности, тем не менее, как то проявляющие себя в нашем мире.

Существование области абсолютного незнания и, тем более, допущение о существовании подобласти непознаваемого может отчасти примирить материалистов и идеалистов, которые делят все на две категории – материя и не материя.

Материальными принято считать объекты, подчиняющиеся известным физическим законам либо являющиеся объективной реальностью, фиксируемой органами восприятия или физическими приборами.

Однако, возможности восприятия (в том числе и с помощью приборов) и область относительного знания людей расширяются, появляются новые физические факты, представления и законы. При этом, идеальное может становиться материальным. Так до открытия радиации ее воздействие на человека могло приписываться духам, либо каким-то дьявольским или божественным, т.е. идеальным силам.

Таким образом, по мере эволюции знание идеальное в нашем представлении имеет тенденцию превращаться в материальное. При этом информация об объектах и сущностях переходит из области относительного незнания в область относительного знания. В то же время информация из области абсолютного незнания может переходить в область относительного незнания, либо сразу в область относительного знания. Однако, если допустить существование области непознаваемого, то всегда будет и место для чего-то метафизического, т.е. не подчиняющегося известным и еще не известным законам физики нашего мира. При этом, то, что представляется метафизическим в нашем мире, может подчиняться физическим законам другого мира и, соответственно, быть в этом мире материальным.

Мы еще очень мало знаем о нашем мире. Естественнo предположить, что в основе всего лежат какие-то фундаментальные свойства материи неизвестного нам глубинного уровня, а также упорядочивающее управляющее и организующее начало, определяющее как производные происхождение и все физические свойства любых объектов, также как и законы их взаимодействия и развития.

Это управляющее начало может иметь и какое-то другое название, например даже бог. Но конечно не “заинтересованный бог” [3] из какой либо существующей религии,

контролирующий жизнь и судьбу каждого конкретного человека, а бог как условное название чего-то, задающего общую организацию и общие процессы изменений в мире. Хочется надеяться, что эти процессы и организация в каком-то понятном нам смысле “разумны” и “целесообразны”. Это созвучно словам Эйнштейна, который, как известно, религиозен не был: “Я верю в бога Спинозы, который проявляет себя в гармонии всего сущего, но не в бога, который заботится о судьбе и действиях людей.”

Однако возможно, что существующие в природе разумность, целесообразность и гармоничность имеют скрытый от нас смысл, отличающийся от смысла, обычно вкладываемого нами в эти понятия. Возможно, что общее управляющее и организующее начало мира, оставаясь физическим и рациональным, выходит за рамки существующих, а может быть и за рамки возможных представлений человека о физических свойствах мира и, таким образом, может казаться не материальным.

Возможно и другое. Может быть, общее управляющее и организующее начало мира (т.е. “бог”) материально и познаваемо. В этом случае религия из объекта веры, в конечном счете, сможет перейти в разряд научно объясненных явлений.

И все же естественно допустить, что в бесконечном и вечном мире может существовать многое, не имеющее никаких, не только временных и пространственных, но и смысловых пересечений со строящейся в мозге человека моделью мира. Не известно сможет ли человек когда-нибудь понять, что такое вечность и бесконечность и, соответственно, что такое время и что такое пространство. Не известно сможет ли человек понять все, имеющее отношение хотя бы только к его Вселенной и даже только к обозримой ее части.

Например, неплохо было бы, для начала, получить ответ на такие загадки мира как природа сильных внутриатомных взаимодействий, или природа электричества, а также гравитационного и электромагнитного полей. Касающиеся всего этого и многого другого существующие физические и математические теории и модели чаще всего описывают только внешнюю сторону фундаментальных свойств материи и принципов организации нашего мира, проявляющихся на уровне наблюдаемых взаимодействий и причинно-следственных связей между объектами макро или микроуровней, и не затрагивают, как правило, сущности явлений.

Например, только внешнюю сторону объектов и явлений мира описывают замечательные физические теории Галилея, Ньютона или Эйнштейна. Так теория гравитации Ньютона определяет количественную зависимость силы притяжения от масс притягивающихся объектов и расстояния между ними и ничего не говорит о том, почему эти силы такие, а не другие, как эти силы возникают и как они передаются в пустом пространстве.

Внешняя сторона тех же самых явлений совсем по-другому описывается теорией гравитации Эйнштейна с заменой сил притяжения понятием искривления пространства-времени. Однако, и это, оставаясь только способом внешнего причинно-следственного описания явления, не затрагивает тех же самых важнейших глубинных вопросов “почему” и “как”.

К сожалению, построить более глубокие теории очень трудно, а может быть во многих случаях и невозможно. Чем больше мы узнаем о мире, тем яснее становится, что за пределами нашего знания лежит огромная, а может быть и неисчерпаемая область незнания. Мы очень мало знаем о нашем мире. Мы не знаем важнейших необходимых для понимания мира вещей. В ряду важных и интереснейших загадок природы находятся жизнь и разум.

Есть надежда, что полное конструктивное объяснение жизни и ее эволюции лежит частично в области относительного знания и частично в области актуального незнания. При этом, поскольку эволюция знания такова, что область относительного знания постоянно расширяется за счет области актуального незнания, а область актуального незнания постоянно расширяется за счет области абсолютного незнания, то есть надежда, что загадки жизни и разума смогут, в конце концов, получить полные материалистические разгадки.

Это по отношению к отдельным конкретным ‘виталистическим’ проблемам объяснения живого сможет примерить материалистов и идеалистов. Однако, если материалист признает возможность существования области непознаваемого, то будет возможно и полное примирение. Правда, при этом могут возникать разногласия по поводу того, к какой области знания относится обсуждаемая сущность, т.е. является ли она познаваемой.

И последнее. Наши знания не полны, не точны и субъективны. Поэтому обсуждая какие-то проблемы, и, в частности, проблемы жизни и ее эволюции, нужно понимать, что мы не являемся последней инстанцией и, кроме того, обычно вынужденно говорим только о каком-то доступном нам информационном срезе, упуская из виду общую целостную картину. Поэтому часто возникающий значительный эмоциональный накал дискуссий о возникновении и развитии жизни не всегда оправдан.

### **1.3. Что такое жизнь.**

Прежде чем обсуждать проблемы направленности эволюции живых организмов нужно попытаться определить понятие жизнь. Представляется, что определение жизни должно основываться на выяснении того в чем состоит особенность жизни и чем живое отличается от не живого.

Существует большой спектр определений понятия жизнь. На одном конце спектра находится типичное современное определение: “Жизнь – высшая по сравнению с физической и химической форма существования материи, закономерно возникающая при определенных условиях в процессе ее развития. Живые объекты отличаются от неживых объектов обменом веществ – непременным условием жизни, способностью к размножению, росту, активной регуляции своего состава и функций, к различным формам движения, раздражимостью, приспособляемостью к среде и т.д.” (А.А.Малиновский, энциклопедический словарь).

Другому концу спектра принадлежит классическое определение Ф.Энгельса –“ Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования заключается по своему существу в постоянном обновлении их химических составных частей путем питания и выделения. “

Определение жизни, данное Ф.Энгельсом, по своему характеру значительно лучше, чем определение Малиновского, поскольку в нем делается попытка выделить общий принцип (способ существования, заключающийся в ...). Подобные определения сливаются с объяснением. Определение Энгельса, конечно, не является исчерпывающим, а дается на некотором уровне понимания проблемы. Остается много вопросов и главный – зачем живому обновлять свои составные части?

Определение А.Малиновского, так же как и многие другие современные определения, хуже не только по своей сути, хотя это конечно очень важно, но и потому, что оно по своему характеру является индуктивным, то есть строится, в основном, на перечислении свойств или признаков определяемого объекта и не является основой для какого-то обобщения. Индуктивные определения неизбежны на эмпирическом этапе развития любой науки.

Многие определения, относящиеся ко времени “кибернетического бума” (50-60 годы прошлого века) ставят на первое место функциональную или поведенческую сторону существования живого. Характерными и типичными являются представления о подвижном равновесии между организмом и средой, схема стимул – реакция, “уравновешивание со средой” по И.П.Павлову, принципы гомеостазиса Кеннона и гомеостатического регулирования Эшби и др..

Все эти подходы можно назвать “кибернетическими”. Они основываются на механистических по своей сущности идеях поддержания равновесия и устойчивости при внешних воздействиях и на основной идее кибернетики Винера о единых принципах управления в природе технике и обществе. Например, типичным является утверждение



А.А.Ляпунова, который в своей статье “Кибернетический подход к теоретической биологии”[9] одной из наиболее важных характеристик живого предложил считать наличие повышенной относительной устойчивости за счет сохраняющих реакций на внешние воздействия со стороны среды.

**Принципиально иное, объясняющее определение жизни может основываться на принципе устойчивого неравновесия Э.С. Бауэра: *”все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях”*. [2]**

Этот принцип, по мнению Э.С.Бауэра, является всеобщим законом биологии, определяющим *отличие* живой материи от мертвой. Сущность этого отличия состоит в том, что живое находится не в равновесии, а в неравновесном состоянии и вследствие этого обладает свободной энергией. Живое должно постоянно находиться в обладающем свободной энергией неравновесном состоянии. Равновесие и отсутствие свободной энергии это смерть.

В соответствии с принципом устойчивого неравновесия живое должно постоянно *активно* выполнять внутреннюю и внешнюю работу для поддержания неравновесного состояния, т.е. для своего сохранения. Выделение и использование свободной энергии в процессе необходимой работы по поддержанию неравновесия в живой системе сопровождается постоянным разрушением и восстановлением неравновесной структуры живой ткани. У живой материи с момента ее возникновения появляется цель — сохранение живой материи, т.е. себя, во времени и эта цель может достигаться только собственной работой и собственной непрерывной активностью.

Поддержание неравновесного состояния в первую очередь основывается на синтезе живых органических соединений. Таким образом, живые организмы для своего существования должны в течение всей жизни активно и постоянно выполнять синтез органических соединений.

Осуществляемый в живом *необходимый* синтез неравновесных органических соединений может иметь две разные формы: фотосинтез и биосинтез. В обоих случаях для синтеза живого необходимо активное направленное специфическое взаимодействие со средой и получение из среды нужных компонентов. При существующем фотосинтезе органических соединений необходимые компоненты это, в первую очередь, свет, находящийся в воздухе углерод и вода. Фотосинтез выполняют растения и некоторые бактерии.

При биосинтезе живых органических соединений необходимо питание, т.е. поглощение из среды других живых или мертвых органических соединений (животных или растений). Это принято называть термином “обмен”. Биосинтез выполняют животные.

Первичным и абсолютно необходимым для поддержания жизни на Земле является фотосинтез. Абиогенная органика как источник питания была практически исчерпана на ранних этапах эволюции. Без аккумулирующей солнечную энергию фотосинтеза жизнь на Земле развиваться и сохраняться не могла. Без растений и травоядных животных хищникам попросту было бы нечего есть.

Таким образом, направленное на удовлетворение потребностей специфическое взаимодействие со средой в целевых ситуациях поведения необходимо для существования живой материи. Поэтому живая система должна быть открыта и постоянно активна. Жизнь возможна не в любой, а только в необходимой для существования среде. Поведение, то есть удовлетворение потребностей, — непрерывная, никогда не решаемая до конца задача.

Необходимая для существования среда растений — это солнечный свет, находящийся в воздухе углерод, находящиеся в почве вода и неорганические элементы, в то время как необходимая для существования, то есть удовлетворения первичных потребностей и поддержания неравновесия, среда животных — это другие живые организмы (питание), в том числе (обязательно) и растения. Таким образом, растения несут в себе созидательное начало

— создают жизнь, а животные как созидательное, так и разрушительное — поддерживают жизнь за счет разрушения жизни. Растения без животных на земле существовать могут, животные без растений нет.

Неравновесие и как следствие требование для его устойчивого поддержания активности и целенаправленности являются важнейшими необходимыми, но, может быть, недостаточными признаками живого. Эти принципы, (с определенными оговорками) по-видимому, могут быть реализованы и в искусственно организованных неорганических, например, программных системах. То, что кроме этого в первую очередь необходимо для жизни и не реализуется пока еще ни в каких искусственных системах — это выполняемый растениями фотосинтез и выполняемый животными биосинтез неравновесных органических структур.

Для получения более полного определения жизни необходимо также привязать устойчивое неравновесие к конкретному биологическому субстрату. Ф.Энгельс считал таким субстратом живой белок. Э.С. Бауэр говорил не о живом белке, а об особом структурном состоянии живой материи. В современной биологии по этому поводу имеются и другие мнения.

Кроме того, в определении жизни наряду с необходимостью внутренней работы по поддержанию устойчивого неравновесия, фотосинтезом, биосинтезом и определением биологического субстрата, должны входить еще и такие обязательные свойства, как необходимая активная внешняя работа, создание модифицированных копий (размножение), а также индивидуальная смерть и основывающаяся на этом возможность эволюции. Бауэр выводит эти свойства как следствие из своего принципа устойчивого неравновесия.

Итак, можно сделать вывод, что непрерывное поддержание неравновесия нужно всему живому функционально и на клеточном и на поведенческом уровне. Следствие этого — целенаправленность и активность. На необходимости для существования

непрерывной внутренней и внешней работы, то есть внутренней и внешней активности основаны принципы работы любых живых организмов. Слова жизнь и активность хотя и не синонимы, но они относятся к тесно и неразрывно связанным между собой понятиям.

Большой интерес в плане основной интересующей нас общей темы, представляют процессы возникновения живых организмов. Мы не имеем достаточной точной информации для того, чтобы подробно рассматривать очень сложный в своих деталях и далеко еще не определенный процесс возникновения жизни. Приблизительно описывая предполагаемый самый общий уровень процесса, можно сказать, что зарождение жизни произошло при случайном объединении элементов в органическую неравновесную систему, обладающую свободной энергией, свойством самоподдержания неравновесия за счет автокатализа и специфического взаимодействия со средой. Следующий необходимый шаг это эволюционное возникновение свойства запоминания и копирования.

Внешняя работа, т.е. необходимое взаимодействие со средой ограничивалось на первых этапах поглощением абиогенной органики, поглощением отмирающих организмов, а также приемом из среды углерода, приемом солнечного света и фотосинтезом неравновесных органических структур. Аккумулирование солнечной энергии, т.е. реализуемый в растениях фотосинтез, остается и сейчас необходимым и единственным созидательным фактором существования жизни на земле. Как уже говорилось, без фотосинтеза неравновесных, обладающих свободной энергией органических соединений белковая жизнь на земле пока еще существовать не может. (Не исключено, что в будущем станет возможным искусственный промышленный синтез аминокислот и белка, а может быть и искусственный промышленный фотосинтез органических соединений).

Кроме внутренней и внешней работы, непосредственно направленных на поддержание обладающего свободной энергией неравновесного состояния, живой организм должен, конечно, выполнять еще и внешнюю работу по избеганию вредных воздействий среды, а также и работу в процессе конкурентной борьбы за ограниченные ресурсы среды.

Итак, живое должно быть постоянно активно, выполняя для своего сохранения необходимую внутреннюю и внешнюю работу. Активность это действия, вызываемые собственными внутренними причинами. Работа, совершаемая живым организмом, как на клеточном уровне, так и на уровне внешнего поведения в среде, вызывается внутренними причинами и, таким образом, соответствует приведенному варианту определения активности. Как общая цель, так и частные цели необходимой активности живого, в общем, понятны. Однако, остается вопрос в чем источник и движущая сила активности. Представляется очевидным, что активность достаточно сложного живого организма нельзя объяснить с позиций рефлекса, стереотипа или схемы стимул - сохраняющая или избегающая реакция. Подобные реакции важны и полезны, но не являются главным.

Возможно, что к приведенному выше варианту определения активности можно было бы добавить, что действия активной системы, во всяком случае, на уровне внешнего поведения живого организма, должны быть сознательными. Правда, термин “сознательный” точно не определен, но и на полуинтуитивном уровне это добавление может показаться слишком сильным, заставляя отрицать активность таких, безусловно, живых организмов как растения и низшие животные.

Что же заставляет любой живой организм постоянно поддерживать свое существование, непрерывно и целенаправленно выполняя внутреннюю и внешнюю работу? Этот вопрос приводит ко многим другим. Что такое чувство самосохранения

живого организма? Что такое сознание, воля, чувства и эмоции? Без ответов на все эти вопросы невозможно полное понимание и конструктивное материалистическое определение жизни.

А возможно ли полное материалистическое определение жизни? Виталисты для объяснения жизни привлекают такие метафизические сущности как энтелехия, душа, одухотворенность, жизненная сила, жизненный порыв, считая их обычно необъяснимыми. Однако, есть надежда, что эти и подобные им сущности в конечном счете смогут получить полное научное материалистическое объяснение на основе известных или пока еще не известных физических законов нашего мира. Правда, с учетом возможной ограниченности нашего познания, есть определенная вероятность и того, что полное материалистическое объяснение этих сущностей относится к области непознаваемого.

#### **1.4. Причина и необходимость эволюции.**

Что является причиной и движущей силой эволюции? По Э.С.Бауэру [2] наследуемые мутации зародышевых клеток интенсифицируются в слабом звене, т.е. у тех организмов, которые не могут поддерживать необходимый уровень неравновесия и свободной энергии и приближаются к границе биологической адаптации. В определенной степени это подтверждается экспериментами, показывающими, что мутации зародышевых клеток усиливаются в экстремальных ситуациях, например, при значительном повышении температуры среды, радиационном облучении или эмоциональных стрессах.

Живому организму для существования необходимо постоянное целенаправленное поведение, обеспечивающее достижение целевых ситуаций взаимодействия со средой. В [21,22] говорится о том, что поведение живых организмов направлено на максимизацию времени пребывания системы в границах области допустимых значений регулируемых переменных – непрерывно возрастающих первичных и вторичных потребностей (принцип тахТ). Соотношение необходимого и возможного, т.е. скоростей возрастания потребностей и возможных скоростей их снижения в целевых ситуациях поведения может быть таково, что точка, отображающая состояние системы (организма) в многомерном функциональном пространстве потребностей, при любом управлении движется к границе области допустимых значений.

По терминологии Э.С.Бауэра в этом случае организм с неизбежностью приближается к границе биологической адаптации. Такая ситуация сопровождается отрицательной

эмоциональной оценкой. Можно предположить, что такая ситуация определяет необходимость эволюционных изменений организмов и сопровождается повышением интенсивности мутаций зародышевых клеток. По концепции Э.С.Бауэра, в отличие от общепринятых представлений, материал для эволюции поставляют не победители, а побежденные, т.е. те организмы, которые не справляются или плохо справляются с биологической адаптацией к среде.

Под средой здесь понимается не только мертвая, но и живая среда. Потребности в этом случае это не только постоянные первичные физиологические, определяемые необходимостью обмена веществ и необходимостью конкурентной борьбы, но и временные оперативные потребности, связанные с необходимостью избегания вредных как пассивных, так и агрессивных воздействий среды.

Таким образом, цель и необходимость эволюции состоит в таком изменении соотношения скоростей возрастания потребностей и возможных скоростей их удовлетворения в целевых ситуациях поведения, т.е. в целевых ситуациях взаимодействия со средой, чтобы при оптимальном управлении происходило удаление системы от границы области допустимых значений регулируемых переменных или удаление организма от границы биологической адаптации.

Эта цель в критической ситуации, т.е. при приближении к границе биологической адаптации может достигаться двумя способами. Первый способ это регрессивная эволюция, т.е. снижение потребностей (упрощение организмов). При этом происходит снижение уровня неравновесия или термодинамического потенциала живой материи. Второй способ это прогрессивная эволюция, т.е. расширение возможностей достижения целевых ситуаций взаимодействия со средой и соответственно увеличение скоростей удовлетворения потребностей во взаимодействии со средой.

Второй способ реализуется за счет повышения эффективности как внутренней, так и внешней работы организмов. Это достигается не только повышением производительности существующих внутренних и внешних функций организма, но и появлением новых функций. И тому и другому сопутствует усложнение организма. Уровень неравновесия или термодинамический потенциал при этом увеличивается или, как минимум, не уменьшается. Оба способа – упрощение и усложнение в природе реализуются, но основным является второй, т.е. усложнение.

#### **Важнейшие эволюционные шаги усложнения это:**

- возникновение жизни;
- возникновение *необходимой* для устойчивого существования жизни функции создания своих копий (размножение);
- поддержание жизни на основе фотосинтеза (растения);
- возникновение биосинтеза и переключение на поглощение других живых организмов (животные);
- возникновение и повышение эффективности разнообразных механизмов для выполнения внутренней и внешней работы.
- возникновение возможности перемещения в среде,
- возникновение дистанционного восприятия среды;
- возникновение развитого мозга как средства для построения и использования в процессе восприятия и поведения целостной иерархической модели среды.

Почти все шаги эволюции направлены на повышение эффективности работы по поддержанию неравновесия и на расширение сферы и возможностей необходимого направленного взаимодействия организма со средой. Три последние функции являются основой для решения животными многоэкстремальных задач поведения, в то время как

растения могут решать только одноэкстремальные градиентные задачи на основе контактного восприятия среды (тропизмы).

Кроме этого в процессе эволюции непрерывно происходит развитие функции сознания. Элементарными зачатками сознания обладают уже не только простейшие животные, но и растения. Параллельно с развитием функции сознания происходит развитие функции эмоциональной оценки своего состояния и ситуаций взаимодействия со средой. По мере развития этих функций эмоционально начинают оцениваться не только реально происходящие и предвидимые ситуации, но и умозрительно моделируемые ситуации, в том числе и отсутствующие в накопленном опыте.

Эволюционно улучшенные живые организмы становятся лучше приспособленными к среде. Они лучше взаимодействуют со средой для выполнения фотосинтеза или биосинтеза. Улучшенные организмы получают также преимущества в конкурентной борьбе за ограниченные ресурсы среды. И, наконец, улучшенные живые организмы лучше могут бороться с вредными воздействиями среды.

Все это обеспечивает длительное относительно надежное сохранение индивидуальной жизни, что и является первой целью жизни. При этом во всех случаях цель отдельного организма может достигаться только за счет непрерывной внутренней работы по поддержанию неравновесного состояния и внешней работы, состоящей в активном целенаправленном взаимодействии со средой.

Вторая цель - сохранение во времени видовой жизни. Эта цель достигается путем создания своих копий, т.е. размножения. Для размножения также необходимо активное целенаправленное взаимодействие со средой. В целом можно сказать, что эволюция направлена на увеличение надежности сохранения жизни путем создания средств для обеспечения устойчивого поддержания неравновесия живых систем в изменяющихся условиях взаимодействия как с мертвой, так и с живой средой. Иными словами можно сказать, что в процессе эволюции повышается вероятность не выхода организма за границу биологической адаптации.

У неживых объектов имеется та же "цель", что и у живых - сохранение своей качественной определенности во времени. Эта цель у неживых объектов достигается пассивно за счет существования кинетических ограничений на изменение структуры и уменьшение свободной энергии.

Иногда говорят, что общая "цель" биологической эволюции это увеличение сложности организации, или информации, или уменьшение производства энтропии и т.п.. В действительности биологическая эволюция вызывается ухудшением состояния взаимодействия организмов со средой и направлена на прогрессивную выживаемость, т.е. увеличение вероятности сохранения жизни (поддержания устойчивого неравновесия) с одновременным увеличением уровня неравновесия (удельной свободной энергии, измеряемой константой Рубнера [2]). Повышению уровня неравновесия сопутствует повышение уровню упорядочивания. Процесс увеличения этого уровня противоположен процессу увеличения энтропии.

Повышение сложности, снижение интенсивности производства энтропии или увеличение информации это не первичные самостоятельные цели, а результаты, связанные с эволюционным возникновением и повышением эффективности средств достижения основной цели. Точно также не является, скорее всего, самоцелью эволюции и повышение уровня упорядочивания, являющееся не целью, а средством. Ко всем этим вопросам мы еще вернемся в дальнейшем.

## **1.5. Направленная локализация изменений.**

*Бог не играет в кости*

*А.Эйнштейн*

Более или менее очевидно, что существующие результаты эволюции трудно, а может быть и невозможно, объяснить слепым случаем в сочетании с естественным отбором. Однако, относительно высокие темпы эволюции могли бы достигаться за счет направленного управления случайными, но локальными и целесообразными изменениями (мутациями). Может ли быть направленной случайность? Да, может, если направленно и целесообразно ограничивается область и интенсивность возникновения возможных случайных вариантов.

Целесообразная локальная направленность изменений могла бы возникнуть, если бы случайные мутации усиливались не одинаково по всей цепочке нуклеотидов (генов), а были бы более интенсивными в каких-то проблемных местах. Что могло бы выделять эти проблемные места? Неизвестно. Дарвину принадлежит гипотеза пангенеза. По этой гипотезе предполагается, что каждый орган сообщает о своем состоянии половым клеткам. Гипотеза пангенеза была отвергнута биологами. Однако, последнее время почти забытую гипотезу Дарвина о пангенезе начинают вспоминать.

Передача информации от локальной живой структуры или действия к специфической части цепочки нуклеотидов (генов) зародышевой клетки полного экспериментального подтверждения не получает. Правда, из этого не следует, что такая связь отсутствует. Экспериментальное подтверждение существования такой связи в сочетании с усилением случайных мутаций на локальном участке ДНК зародышевой клетки могло бы стать основой для построения гипотезы об эффективном механизме направленной эволюции.

Возможности передачи информации от проблемных участков организма к зародышевым клеткам в некоторой степени соответствуют результаты экспериментов, в которых выявляется повышение интенсивности мутаций зародышевых клеток при облучении частей тела не содержащих зародышевых клеток [2].

Таким образом, для объяснения направленной эволюции может быть полезно представление о связи проблемного звена организма с соответствующим локальным участком цепочки нуклеотидов зародышевой клетки.

Значительно менее вероятно, но в принципе, возможно, что проблемные места могли бы выделять отрицательные эмоциональные оценки, сопровождающие неудачные действия или неудачные взаимодействия со средой. При этом мутации могли бы усиливаться у той части нуклеотидов (генов) зародышевой клетки, которая связана с этими действиями или взаимодействиями.

Под эмоциональными здесь понимаются оценки лучше-хуже по шкале хорошо-плохо. Оценки такого рода могут быть не только у человека, но и у животных, в том числе и у простейших. Подобные оценки могут быть и у растений, реагирующих на тепло, свет, воду и выбирающих куда лучше направить рост корней или повернуть листья (тропизмы растений).

У животных с достаточно развитой нервной системой эмоциональную оценку могут получать не только реально выполняемые действия и реальные ситуации, но также и умозрительно моделируемые. Эмоциональную оценку могут получать не только конкретные ситуации и действия, но и общее соотношение необходимого (потребности) и возможного, а также приближение системы (организма) к границе области допустимых значений регулируемых переменных [21,22]. Влияние сильных эмоциональных состояний (стрессов) на интенсивность мутаций ДНК зародышевых клеток подтверждается экспериментально.

Итак, повысить направленность эволюции могла бы локализация случайных мутаций в сочетании с естественным отбором. Локализация может состоять в привязке мутаций к тем участкам цепи нуклеотидов ДНК зародышевых клеток, которые связаны с проблемными ситуациями и связанными с этими ситуациями органами. В некоторых работах, например [5], говорится об экспериментальном подтверждении представлений о локализации мутаций. Однако, убедительные экспериментальные результаты, говорящие о локализации случайных мутаций по цепи генов в зависимости от ситуации, в том числе и эмоциональной мне не известны.

Предположение о направленной передаче информации от проблемных частей организма к локальным местам ДНК зародышевых клеток это не ламаркизм, поскольку речь

не идет о наследовании приобретенных свойств. Мутации, а соответственно и изменения генетического кода остаются случайными, но привязываются к ограниченной области.

## 1.6. Иерархическая организация

Однако, изложенных предположений недостаточно для формирования целостного представления о возможных механизмах локально направленной эволюции, в том числе и представления, объясняющего не только плавные переходы, но и скачки эволюции. Считается, что генетический код расшифрован и полный геном человека известен. Однако, остается вопрос как и насколько полно реальный геном человека или другого организма можно проинтерпретировать в терминах цепочки элементов ДНК.

Генетическая информация кодируется в ДНК последовательностью нуклеотидов. Каждый нуклеотид может принимать одно из четырех возможных значений. Таким образом, считается, что генетическая информация записана в ДНК четырехсимвольным кодом, длиной несколько миллиардов символов. Три смежных нуклеотида образуют кодон, задающий синтез конкретной аминокислоты. Аминокислоты формируют белки. Цепь нуклеотидов (кодонов) разделяется на участки - локусы. Эти участки цепи нуклеотидов называются генами. Считается, что отдельные свойства и признаки организма задаются отдельными генами.

Достаточно ли такое представление о структуре генетической информации для построения интерпретируемого описания живого организма. По-видимому, недостаточно. Живой организм это сложнейшая иерархически организованная многоуровневая система. Внешние свойства элемента любого уровня иерархии определяются свойствами его частей, а также отношениями и взаимодействиями между частями.

В генетическом коде должна присутствовать не только информация о внешних качествах и свойствах организма, но должна содержаться и полная информация о иерархии структурных частей организма, о целостных объектах и их частях, о взаимосвязях между объектами одного уровня иерархии и о связях между уровнями иерархии. Все это можно назвать термином *организация*. Информация об организации организма как целостной системы должна содержаться в его генетическом коде. (По-видимому, большая часть этой информации является не декларативной, а процедурной).

Необходимость задания генетической информации об иерархической организации поясним на относительно простом примере. Многие обитатели моря имели и имеют чешую. При выходе из моря на сушу и эволюционных изменениях чешуя сменилась у млекопитающих волосатым покровом, у птиц оперением. Представляется очевидным, что эволюция не могла идти по пути последовательных независимых изменений каждой отдельной чешуйки и превращении ее в отдельное перо. Эволюция должна была оперировать более крупными целостными объектами, такими как чешуя в целом и перьевое покрытие.

Перьевое покрытие состоит из элементов более низкого уровня иерархии: покрытие крыльев, хвоста, туловища, головы. Элементы следующего уровня иерархии это конкретные перья со своей формой, размером, положением на теле и взаимным расположением. В свою очередь каждое отдельное перо состоит из своих структурных частей со своими свойствами и взаимоотношениями. Можно продолжать рассмотрение понижающихся уровней иерархии вплоть до белковых молекул и аминокислот. Можно рассматривать и более высокий уровень иерархии, на котором перьевое покрытие является одним из структурных элементов организма в целом.

Вся эта иерархическая информация, вне зависимости от того, является ли она декларативной или процедурной, должна содержаться в наследуемом генетическом коде. При этом используемые эволюцией случайные изменения наследуемого генетического кода должны происходить на разных, в том числе и высоких уровнях иерархии организации организма. Представление о направленных изменениях (мутациях) на высоких уровнях

иерархии могут, в частности, быть основой для объяснения скачков эволюции. Подобные представления могут объяснить и возникновение в процессе эволюции сходных функций, свойств или признаков, приблизительно одновременно появляющихся в близких, но разных эволюционных ветвях.

У организмов, относящихся к разным ветвям эволюции, укрупненные и обобщенные уровни задания организации могут идти от общего предка и быть похожими. У этих организмов могут возникать сходные проблемы выживания, выделяться соответствующие проблемные места на укрупненных и обобщенных уровнях представления генетической информации об организации организма, делаться пробные изменения на этих уровнях с передачей соответствующих пробных изменений на конкретные специфические уровни.

Для объяснения темпов эволюции иногда привлекается гипотеза о “блочном конструировании”. Связанные с этим проблемы мы обсуждать не будем. Отметим только, что при блочном конструировании обычно возникает проблема “части-целое” и всегда будет необходимо иерархическое задание организации.

Вот что пишет В.А.Красилов в своей очень интересной работе “Нерешенные проблемы теории эволюции” [8]: “Эволюционный процесс охватывает сложные системы с иерархической структурой и протекает на различных организационных уровнях, каждый из которых обладает известной автономией, но в то же время связан как с низшими, так и с высшими. Направленность возникает в результате влияния системы на эволюцию ее компонентов, которые сами являются системами и направляют эволюцию своих компонентов.”

В приведенной цитате автор говорит об эволюции экосистемы. Естественно, это относится и к части экосистемы, т.е. к организму, с его иерархически организованными подсистемами. Может быть, к организму в первую очередь ввиду его целостности и сильной связанности элементов.

Таким образом, в генетическом коде должна содержаться информация об иерархической *организации* организма. Но и этого еще недостаточно. Для согласованного взаимодействия элементов организма на всех уровнях его иерархической организации необходимо еще задание параметра *время*. Как в генетическом коде задается информация об иерархической организации неизвестно. Однако, в генетическом коде есть еще очень много белых пятен – например, так называемые молчащие гены, которых в ДНК до 99 процентов. Молчащие гены – интроны участия в синтезе белка не принимают. Функция молчащих генов не определена.

### **1.7. Формальные аналогии.**

Для понимания обсуждаемых проблем полезно рассмотреть некоторые очень отдаленные формальные аналогии. Эти аналогии не нужно понимать как конкретные. Они имеют смысл только на самом общем уровне. Живой организм и компьютер устроены и работают совершенно по-разному. Тем не менее, надеюсь, что общие представления о структуре и работе программ могут оказаться полезными для понимания проблем, возникающих при рассмотрении работы живого организма и, в первую очередь, при рассмотрении проблемы направленности эволюции.

Программа обычного компьютера на уровне так называемого машинного или компьютерного кода представляется последовательностью двоичных цифр. Длина такой последовательности для большой программы может составлять несколько миллионов цифр. Последовательный цифровой машинный код делится на части – команды. В свою очередь команды имеют код операции и адресную часть. Код операции определяет, какую операцию должен делать компьютер, выполняя данную команду, в адресной части содержится информация о том, откуда получать данные и куда передавать результат. Команды выполняются последовательно одна за другой. Кроме того, существуют команды безусловного и условного перехода, которые изменяют последовательность выполнения



команд, а также дают возможность организации циклических операций. Если к этому добавить описание системы команд конкретного компьютера, то можно будет сказать, что код данного компьютера определен и программа, представленная последовательностью двоичных цифр, полностью определяет его работу.

Компьютер, естественно, “понимает” машинный код. Человек ни писать, ни отлаживать, ни интерпретировать большую сложную программу на уровне машинного кода практически не может. Человек использует языки программирования разных уровней укрупнения вплоть до уровня объектного модульного программирования. На этих уровнях программа становится обозримой и более понятной, т.е. проще пишется, отлаживается, изменяется и интерпретируется. Для исполнения программа, написанная на языке высокого уровня программирования, транслируется в машинный код. Целенаправленно изменять работу программы практически можно только на уровнях представления, более высоких, чем двоичный машинный код.

Какова связь этого с биологическими объектами и эволюцией? В последнее время в программировании развивается направление, получившее название “генетические алгоритмы”. Генетические алгоритмы чаще всего разрабатываются для решения задач многопараметрической оптимизации. При этом используются представления об основных движущих факторах биологической эволюции, а именно представления о случайных мутациях и естественном отборе.

При разработке генетического алгоритма используются формальные объекты: особь — один вариант программы, популяция — множество вариантов программы, скрещивание и размножение — создание измененных особей следующего поколения, мутации — случайные изменения программы, ген — объект мутации, отбор. Отбор вариантов программ (особей) делается по значениям целевой функции, получаемым при разных вариантах программы. При этом худшие варианты отбрасываются.

Возникает вопрос, как выбирать объект мутаций. Программисту абсолютно ясно, что нельзя делать несогласованные случайные изменения на уровне бит машинного кода, также как и несогласованные случайные эволюционные изменения на уровне отдельных нуклеотидов. Подавляющее большинство таких изменений будет разрушать или как минимум ухудшать программу.

Поисковые случайные изменения можно и нужно делать на уровне целостных смысловых объектов более высокого уровня. В задачах, для которых разрабатываются генетические алгоритмы, обычно непосредственно случайно изменяются значения оптимизируемых внутренних параметров, определяющих внешний результат работы программы. При этом как следствие согласованно и направлено изменяются и биты машинного кода, относящиеся к оптимизируемым объектам более высокого уровня.

Современная синтетическая теория эволюции, объединяющая теорию Дарвина и генетику, наиболее распространена. Однако есть и другие теории объясняющие эволюцию. Полного общепринятого объяснения нет. Может быть, для понимания возникающих проблем окажутся полезными не только аналогии с представлением и направленными изменениями машинного кода, но и некоторые аналогии с формальными задачами.

Решение формальной задачи чаще всего можно представить как путь от начальной ситуации через последовательность промежуточных ситуаций к целевой. При этом возможны следующие типы задач. В задачах первого типа в любой ситуации возможна оценка близости к целевой. Если задача одноэкстремальна, то результат может достигаться с помощью алгоритма градиентного спуска. В этом случае работает идея локального случайного поиска, направленного на каждом шаге на максимальное приближение к цели.

В многоэкстремальных задачах градиентный спуск в общем случае к оптимальному решению не приводит. В таких задачах к градиентному спуску может добавляться управляемый перебор, основанный на информации обобщенного и укрупненного характера. Это может создавать направленность и сокращение необходимого перебора. В процессе мышления решение многоэкстремальных поведенческих задач получается за счет

использования уровней укрупненных *одношаговых* переходов в *иерархической* модели среды, т.е. переходов, непосредственно связывающих текущую и целевую ситуации.

В задачах второго типа оценок близости промежуточных ситуаций к целевой нет. Пример – лабиринт. Решаются такие задачи случайным перебором возможных путей.

Задачи первого и второго типов в психологии называются репродуктивными. В задачах третьего типа нет ни оценок промежуточных ситуаций, ни готовых путей, среди которых можно найти путь, ведущий к целевой. Задачи такого типа называются креативными (творческими). В таких задачах поиск конкретного решения, т.е. построение нового пути, ведущего к поставленной цели, основывается на существующей общей информации с добавлением фантазии, аналогиях, *целостных* умозрительных представлениях, умозрительном конструировании, *случайном поиске* и озарении (инсайте).

Возможно, что приведенные примеры формальных задач могут оказаться полезными при формулировании представлений о механизмах направленной эволюции. Во всех формальных задачах, в том числе и творческих, всегда есть цель (целевая ситуация). Способы решения этих задач можно сопоставлять с механизмами эволюции, если точно формулировать эволюционные цели.

В этом случае при рассмотрении биологической эволюции, возможно, также полезно выделять три разные задачи. Первую и вторую можно сопоставить с задачами репродуктивного типа, т.е. с такими, в которых поиск решения основывается на существующих знаниях. Первая задача это плавное градиентное улучшение качеств с поиском локального экстремума. Реализуется это на основе микромутаций и малых последовательных изменений.

Вторая задача это поиск глобальных экстремумов качеств. Для решения такой многоэкстремальной задачи, возможно, был бы полезен случайный поиск (мутации) на уровнях задания генетической информации о целостных укрупненных объектах структурной организации организма. При этом должны создаваться и проверяться отбором укрупненные шаги, т.е. “скачки” эволюции. Аналогия – упоминавшиеся выше одношаговые переходы. Точного конструктивного представления о способах решения многоэкстремальных задач в процессе эволюции нет.

Для решения возникающих в процессе эволюции задач третьего типа может потребоваться креативный “целостный скачок” эволюции. Реализация креативного “целостного скачка” может прямо и целиком не опираться на существующую генетическую информацию. Для их решения может потребоваться не просто изменение существующих свойств, но создание чего-то нового. Эти задачи сопоставимы с рассматриваемыми в психологии креативными или творческими задачами мышления. В таких задачах значительную роль играет случайный поиск, однако его область ограничивается как самой задачей, так и накопленной информацией, что, кстати, не только полезно, но часто затрудняет поиск решения, который может “зацикливаться” в кругу стереотипов.

Рассмотрение определенных проблем биологической эволюции и некоторых формальных аналогий позволяет выделить некоторые **вопросы**.

1. Осуществляется ли направленная локализация биологических мутаций.
2. Реализуется ли в природе гипотеза Дарвина о пангенезе и если реализуется, то как.
3. Задаются ли в генетическом коде иерархии целостных объектов, включающие фиксацию и передачу информации, как между уровнями иерархической организации, так и внутри уровней.
4. Привязываются ли мутации к объектам разных уровней иерархической организации.
5. Как в генетической информации задается параметр время.

6. Что является локальными целями эволюции и как эти цели работают в реальных механизмах эволюции.
7. Как на работу механизмов эволюции влияет изменяющийся уровень неравновесия или уровень термодинамического потенциала.
8. Что является источником и движущей силой активности живого.

## **Глава 2. Эволюция и прогресс**

### **2.1. Прогресс**

С понятием эволюция обычно связываются два прилагательных – направленная и прогрессивная. О направленной эволюции выше уже немного говорилось. А что такое прогрессивная эволюция? Прогрессивной эволюцией живых организмов принято считать переход от низших форм к высшим, или от простого к сложному. Прогрессивным естественно считать то, что приходит на смену чего-то и лучше него в каком-то отношении. Прогресс относителен. Лучше ли сложное, чем простое. Не всегда. Смотря, по какому критерию.

Например, сложный живой организм лучше простого, если он так организован, что может лучше и надежней поддерживать устойчивое неравновесие, т.е. сохранять индивидуальную и видовую жизнь. Понятно, что повышение устойчивости жизни не является функцией любого усложнения. Другими словами усложнение не является достаточным признаком повышения выживаемости. В этом смысле полезно не любое усложнение. Интересно является ли усложнение необходимым признаком. В общем случае тоже нет.

Утверждение о том, что в процессе прогрессивной эволюции происходит переход от низших форм организмов к высшим само по себе не конкретно. Нужно еще определить, что такое низшая форма и, соответственно, высшая. Такие определения возможны на основе рассмотрения и сопоставления структуры и функций организмов. Однако, эти сопоставления и их оценки не всегда могут быть однозначны.

Представляется естественным считать, что в ходе движения от низших форм к высшим происходит, прежде всего, объединение взаимодействующих и взаимосоединяющихся живых элементов в единое целое, которое приобретает при этом новые свойства. На этом основано появление новых функций и трансформация существующих. По сходному сценарию происходит динамическое объединение функциональных подсистем организма в единую временную функциональную систему. Последнее в особенности характерно для высших форм организмов.

Итак, общепринятый термин прогрессивная эволюция относится к, безусловно, существующему усложнению живых организмов, связанному с появлением у них в процессе эволюции новых полезных свойств, функций и возможностей. С учетом концепции Бауэра и соображений, приведенных в п. 1.4. понятно, в чем состоит основная “цель” и движущие силы прогрессивной эволюции.

Причина и движущая сила эволюции это приближение организма к границе биологической адаптации. Основная цель это удаление от границы биологической адаптации, повышающее надежность выживания. На это и направляются усложнения, определяющиеся основной целью. Хотелось бы определить количественные критерии, с помощью которых была бы возможна оценка степени достигаемого эволюцией прогресса.

Может быть, в качестве основных критериев прогресса можно рассматривать расширение возможностей взаимодействия со средой, количество информации, изменение энтропии, уровень неравновесия, термодинамический потенциал, сложность или какие-то другие оценки качества и эффективности организации? Однако, не все это и не всегда можно измерить. Кроме того, возможно, что большинство из этих критериев естественно

рассматривать не как независимые цели прогресса, а как сопутствующие результаты, в лучшем случае связанные с основной целью прямой или обратной зависимостью.

## **2.2. Локальная цель и общая направленность эволюции**

Выше наряду с общими вопросами рассматривались предположения о возможной локальной направленности конкретных эволюционных изменений. Условно локальную направленность изменений можно назвать “тактикой”, обеспечивающей решение конкретных актуальных проблем. Одновременно обеспечиваются как выживание, так и общие темпы эволюции. От темпов зависит выживание. При изменении среды и приближении значений каких-то параметров организма к границе области допустимых значений, или по Бауэру к границе биологической адаптации, важно, чтобы необходимая эволюционная скорость улучшений превосходила скорость ухудшений. В противном случае, если среда не изменится, произойдет вымирание.

Таким образом, как уже отмечалось, можно считать, что принцип тахТ можно отнести не только к управлению целенаправленным поведением, но, в определенном смысле, и к направленной эволюции. Кроме того, связь между направленной эволюцией и поведением определяется тем, что именно проблемы поведения могут локализовать места необходимых эволюционных изменений.

Локализованная изменчивость направлена на сохранение и повышение выживаемости при приближении организма к границе биологической адаптации за счет повышения эффективности существующих функций, или за счет создания механизмов для реализации новых внутренних и внешних функций, необходимых в первую очередь, для выполнения фотосинтеза или биосинтеза живых органических соединений.

Кроме того, для увеличения надежности выживания организма полезно повышение эффективности средств, необходимых для противодействия агрессивным или вредным воздействиям внешней среды, также как и средств, используемых для конкурентной борьбы за ограниченные ресурсы среды. Все это можно назвать средствами для выполнения внешней работы [2]. К внешней по отношению к выполняющей биосинтез клетке относится и такая работа внутренних органов организма, как кровообращение, дыхание и др.

К внутренней относится работа по восстановлению обладающих свободной энергией неравновесных живых структур. Внешняя работа тратит созданную внутренней работой свободную энергию и при этом разрушает результаты внутренней работы, одновременно поставляя материал для ее выполнения и восстановления свободной энергии.

Бауэр говорит об эволюционном увеличении внешней работы как об исторической закономерности. С увеличением внешней работы повышается выживаемость организмов. Одновременно с увеличением внешней работы увеличиваются энергетические затраты и это должно компенсироваться увеличением внутренней работы и соответственно восстановлением и увеличением термодинамического потенциала живой материи. Увеличение внутренней работы достигается за счет эволюционного повышения ее эффективности на основе усложнения и развития внутренних функций.

Таким образом, прогресс в процессе эволюции можно напрямую связать с увеличивающейся сложностью организмов. Однако, измерить степень прогресса, используя понятие сложности нельзя, поскольку сложность, в свою очередь, в общем случае одной измеряемой величиной не выражается. Возможно, что степень прогресса определяется величиной, которую можно по Бауэру назвать “термодинамическим потенциалом живой материи”, либо “удельной свободной энергией” или “удельной неравновесностью”.

Эту величину можно измерять константой Рубнера, которая равна выделяемой организмом энергии за время жизни, отнесенной к единице массы. (Константа Рубнера у человека больше чем у кошки, собаки или лошади примерно в 3 раза). Таким образом, следствием органической эволюции можно считать повышение удельного объема

неравновесного живого термодинамического потенциала организма, выражающееся работой, совершаемой единицей живой массы организма за время жизни.

(Может быть, было бы интересно также посмотреть не является ли имеющей какой-то смысл константой удельная мощность живого организма, которую можно вычислить, отнеся константу Рубнера, к единице времени. На первый взгляд, кажется, что именно удельная мощность может иметь эволюционный смысл.)

Итак, движущей силой эволюции является увеличение изменчивости при приближении организма к границе биологической адаптации. А что заставляет живые организмы быть активными, т.е. непрерывно направленно выполнять внешнюю и внутреннюю работу по поддержанию неравновесия, т.е. по сохранению своей жизни? Неизвестно. Виталисты критикуют механистические интерпретации функционирования живых организмов. Они говорят, что объяснение жизни невозможно без представлений об энтелехии, жизненной силе, жизненном порыве, инстинкте самосохранения и т.п.

С этим можно согласиться, но важно попытаться выработать конкретные представления об этих сущностях и найти их материальную основу. Возможно, что “виталистические” сущности или что-то подобное может влиять и на направленность эволюции. Возможно, будет полезным соотнесение этих сущностей с уровнем неравновесия или термодинамического потенциала живой материи, а также с работой строящейся в мозге модели среды и с механизмами эмоциональных оценок текущих и прогнозируемых ситуаций взаимодействия со средой.

К активным обладающим свободной энергией неравновесным системам можно отнести не только живые организмы, но и такое порождение жизни как организованные социальные системы. Вспомогательные инструменты функционирования и развития социальных систем это социальная организация, наука, технология, искусство. Возможно, что эволюция социальных систем проходит по законам, сходным с законами эволюции жизни, а созданный, поддерживаемый и повышающийся уровень развития науки, технологии и искусства, т.е. уровень цивилизации, аналогичен термодинамическому потенциалу живой материи.

Один из способов количественной оценки уровня цивилизации это измерение средней суммарной величины энергии, расходуемой обществом (племенем, государством, человечеством) в единицу времени и отнесенной к одному человеку. Эта величина в определенном смысле сходна с константой Рубнера, оценивающей термодинамический потенциал или относительный удельный уровень неравновесности живой материи (живого организма).

Подводя некоторый промежуточный итог можно сказать следующее. Локальная направленность эволюции определяется жизненно необходимым улучшением отдельных конкретных проблемных функций организма.

Общая направленность эволюции определяется необходимостью увеличения внешней работы и противоречием между внутренней и внешней работой организма. Внутренняя работа создает термодинамический потенциал, т.е. энергию, необходимую для выполнения внешней работы. Внешняя работа поставляет материал, необходимый для выполнения внутренней работы и при этом тратит энергию, разрушая результаты внутренней работы. Увеличение внешней работы требует увеличения внутренней, а для увеличения внутренней работы необходимо увеличение внешней.

(В связи с этим можно, конечно, говорить также о диалектическом единстве и борьбе противоположностей. Правда, такое теоретизирование не обязательно, поскольку к понятной сути дела оно ничего не добавляет.)

Таким образом, эволюция сопровождается и характеризуется взаимосвязанным увеличением внешней и внутренней работы организма, направленным на увеличение совокупного термодинамического потенциала живой материи и как следствие на прогрессивную выживаемость. Все это, в то же время, является процессом организации или

антиэнтропийного упорядочивания, т.е. процессом, противоположным процессу увеличения энтропии.

### 2.3. Эволюция и информация

Часто живой организм называют информационной машиной и считают, что эволюция направлена на увеличение информации. Такая точка зрения достаточно распространена, однако, существуют и другие представления, основывающиеся на том, что информация и ее увеличение не являются самоцелью развития живых организмов. В связи с этим остановимся на понятии «информация».

Что такое информация? По-моему, хороший ответ: информация это информация. Это слово просто, понятно и специального определения не требует. Близкие по смыслу понятия это сведения и знания. Точно также понятен и не требует никаких определений и глагол информировать. Однако, существует огромное количество самых разных определений.

Причина этого главным образом состоит в том, что формализация понятия информация с целью измерения ее количества произвела большое впечатление на представителей гуманитарных наук, что вызвало многочисленные попытки создания такого определения, которое подходило бы для практического использования в гуманитарных областях исследований.

Сразу после выхода классической работы Клода Шеннона у биологов, философов, филологов, психологов, историков и представителей других гуманитарных направлений исследований появилась надежда на то, что эти описательные эмпирические дисциплины, используя предложенную формализацию, станут науками точными и теоретическими. Этим надеждам не суждено было сбыться, поскольку теория информации Шеннона не имеет прямого отношения к проблемам, представляющим интерес для исследований, проводящихся в рамках гуманитарных наук.

Шеннон рассматривал схему, содержащую источник информации, передатчик, линию связи, приемник и адресат. Он предложил формулы для определения количества передаваемой информации и сформулировал теоремы о пропускной способности, помехоустойчивости, фильтрации, кодировании и т.п.

Все это правильно называть не теорией информации, а теорией передачи информации по линиям связи. При этом информация понимается как сведения или описание. Основная работа Шеннона [26], вышедшая в 1949 году, называлась *The mathematical theory of communication*. Игнорирование Шенноном содержательной смысловой стороны информации послужило поводом для утверждений о недостаточности теории, хотя сама теория имела четко ограниченный предмет и ни на что другое не претендовала.

Выделяются два основных подхода к определению того, что такое информация. Согласно первому, идущему от основной шенноновской схемы, информация есть описание объекта, содержащееся в передаваемом сообщении. Количество информации в этом случае определяется как мера неопределенности, снимаемой полученным сообщением.

После Шеннона представителями математики, кибернетики и даже философии предпринимались многочисленные попытки формализации такого определения понятия «информация» при его более широкой или, наоборот, более узкой и в каком-либо смысле более полезной трактовке. Все это чаще всего делалось на основе какого-либо особого способа определения количества информации. Так предлагались алгоритмический, термодинамический, топологический, прагматический и др. подходы.

Для внесения семантической составляющей обычно в работах по определению количественной меры информации вводится какой-то дополнительный аспект путем постановки вопросов типа: как это используется (передающим объектом или принимающим субъектом) или что это дает (объекту или субъекту). Правда, на такие дополнительные вопросы не всегда возможен точный ответ. Например, количество информации может определяться как мера устранения неопределенности, имеющейся у субъекта, по выбору действий, ведущих к достижению субъектом каких-либо конкретных целей.

Такой подход к определению количественной меры информации типичен. Схема Шеннона, в центре которой между объектом и субъектом находится сообщение, по сути, сохраняется, но вводится определенная семантика. То есть для вычисления количества передаваемой от объекта к субъекту информации нужно вычислять вероятности или меры неопределенности или энтропии и тому подобное, но не вообще, а при некоторых дополнительных условиях, что в определенном смысле эквивалентно введению уровня рассмотрения.

Так, для того чтобы приведенное выше определение практически работало, для измерения количества информации нужно еще знать о возможных действиях субъекта и о способе их выбора, а также о целях субъекта, правилах постановки и выбора целей и о способах их достижения. Но и этого может быть недостаточно, поскольку на основе всей этой информации нужно еще определить способ вычисления вероятности достижения целей.

Итак, в идущей от Шеннона классической теории информации, так же как и в ее модификациях, на первое место ставится оценка количества информации, содержащейся в передаваемом или получаемом сообщении. Эти оценки обычно измеряются в битах и могут учитываться, например, при проектировании линии связи или памяти приемного устройства. В то же время, в подавляющем большинстве конкретных случаев, интересных для гуманитарных исследований, эти оценки либо невыполнимы, либо попросту не представляют интереса.

Конечно, можно пытаться создавать и какие-то другие теории информации, не имеющие отношения к теории Шеннона. Так часто и делают, вводя свои необходимые определения. (См., например, очень интересную работу Д.С.Чернавского [20]).

Распространен подход, при котором информация не связывается с передаваемым сообщением. Она относится к объекту, фиксирует его качественную определенность и измеряется разнообразием объекта. При этом считается, что информация является объективной характеристикой объекта, то есть информация заключена в самом объекте. Чем сложнее организован объект, тем больше он содержит информации.

Если принять не доказанный, но и не опровергнутый философский тезис о неисчерпаемости материи вглубь, то при таком подходе все объекты содержат одинаковое количество информации, равное бесконечности. В любом случае говорить о количестве заключенной в объекте информации можно только вводя информационный срез.

Часто считают, что информация имеет тот же статус, что вещество и энергия, и все в мире состоит из вещества, энергии и информации. Правда, с этим согласиться трудно. Если что-то и добавлять к веществу и энергии, то это естественней было бы назвать не информацией, а организацией, обеспечивающей качественную определенность и существование во времени материальных и не материальных объектов.

В некоторых теориях, сопоставляя статус вещества, энергии и информации, идут еще дальше, утверждая, что информация первична, а материя вторична. При этом часто ссылаются на Библию — «В начале было Слово». Поскольку ссылка на Библию весьма распространена, необходимо заметить следующее. Приводя цитату «в начале было слово», или, читая эту цитату, обычно думают, что речь идет о возникновении мира. Это неверно. В данном случае цитируется не книга Бытия, а евангелие от Иоанна и речь идет не о сотворении мира, а о появлении в мире Христа.

Еще раз подчеркнем, что организацию объекта, определяющую его качественную индивидуальность и сохранение качеств во времени, отождествлять с информацией не только не обязательно, но и не нужно. Такое отождествление ничего не дает. Организация может быть (к сожалению, не всегда) записана на каком-то языке, передана или запомнена. Таким образом, организация, несет в себе лишь потенциальную информацию.

Итак, есть очень много различных трактовок и определений понятия «информация». В конце концов, это дело вкуса или удобства построения каких-либо теорий. К сожалению, общее, удовлетворяющее всех строгое определение в настоящее время, по-видимому, дать невозможно.

Попробуем, не давая строгого определения, уточнить наши качественные представления об информации. В мире есть взаимосвязанные и взаимодействующие материальные и нематериальные (придуманные) объекты, явления, ситуации и процессы, имеющие организацию, обеспечивающую их качественную определенность и существование во времени. Все это на самых разных уровнях рассмотрения может быть зафиксировано в виде информации трех разных типов — как описание, как алгоритм построения или как модель. При этом, в случае описания информация может фиксироваться как в декларативном так и в процедурном виде.

Для создания описания нужен язык. Это может быть обычный язык общения, или специальный язык, в частности, язык математики. Эти же средства могут использоваться для фиксации алгоритма и, кроме того, в этих же целях могут использоваться языки программирования, либо, например, генный код. Для фиксации информации в виде модели, могут использоваться какие-то другие средства. Для формирования в мозге активной модели среды используются нейронные механизмы.

Мне кажется, что информацию, понимаемую как описание или алгоритм, нужно (удобно) связывать с искусственным созданием, фиксацией, хранением или передачей и использованием, а следовательно, с создающим, фиксирующим, передающим, принимающим, считывающим, запоминаящим или использующим информацию субъектом.

Информация в виде активной модели проблемной среды или модели мира — создается в мозге человека или в мозге животного в процессе обучения и приобретения жизненного опыта. Эта информация ориентирована, в первую очередь, на использование при восприятии, обучении и поведении. Слово использование не очень точно передает смысл дела. Создаваемая в мозге информационная модель это не пассивное хранилище используемых кем-то сведений, а активная система, принимающая ведущее участие в процессах обучения, восприятия и поведения.

Информационная модель всегда неполна, поскольку относится лишь к части мира и к каким-то информационным срезам. Модель чаще всего неточна, являясь лишь некоторым приближением к действительности. Модель всегда субъективна. Важной особенностью строящейся в мозге модели среды является ее иерархичность не только по линии общее-частное, но и по линии часть-целое.

Чем отличается активная модель от описания? Описание статично, пассивно и одномерно. Строящаяся в мозге модель среды динамична, активна и многомерна. В модели отражаются сложные иерархически организованные знания об объектах среды и взаимосвязях между ними. На этой модели разворачивается активный процесс мышления, включающий предвидение, умозрительное моделирование, умозрительное конструирование, ассоциации по сходству и по времени, интуицию, аналогии и другие процессы, в том числе и процессы творчества. В [21,22] предполагается, что в основе активности процесса мышления лежит возникновение в нейронной модели очагов возбуждения и потребностей их гашения.

В построенной в мозге модели не просто актуализируется фрагмент, соответствующий текущей непосредственно воспринимаемой или мысленно представляемой ситуации. По модели осуществляется расширение этого фрагмента, как в пространстве, так и во времени, ориентированное на существующую цель, доминанту, проблему или задачу. Происходит эмоционально окрашенное соотнесение себя со средой как субъекта восприятия и поведения в отношении прошлого, настоящего и будущего, в том числе не только в отношении предвидимых, но и в отношении умозрительно моделируемых как возможных, так и невозможных ситуаций.. Соотнесение себя со средой в процессе восприятия или поведения подразумевает возможное и предполагаемое взаимодействие. Возможно, что на этом основывается важная составляющая функции сознания.

Таким образом, результатом познания мира является строящаяся в мозгу человека информационная модель. Содержание этой модели в какой-то форме и в каком-то объеме может быть переносимо на внешний носитель информации в виде описания. Это чаще всего очень не просто и неоднозначно. “Язык” активной нейронной модели и язык описания не



имеют ничего общего. Примеры перевода фрагментов субъективной информационной модели мира писателя в субъективные текстовые описания дают литературные произведения. Формальный перевод модели в описание в общем случае невыполним. В нем чаще всего должны присутствовать элементы придумывания и творчества. Творческий перевод неоднозначен.

Обратный формальный перевод, т.е. построение активной модели мира, или какого-то ее фрагмента по описанию, тем более невыполним. Хотя бы потому, что мы не знаем, как устроена модель мира человека. Частные модели мира отдельных людей могут как-то достраиваться и корректироваться по описаниям при обучении. При этом, построенные каким-то образом по одним и тем же книгам и учебникам модели разных людей могут сильно отличаться. Как реализуется процесс построения нейронной модели по описанию мы не знаем. На уровне существующих знаний о работе мозга эта задача пока еще решения не имеет.

В последнее время часто говорят о задаче расшифровки мозговых кодов психических явлений. Думаю, что постановка такой задачи применительно к более или менее сложным психическим явлениям неправомерна. Кодов сложных психических явлений нет. Эти явления выражаются не кодами, а сложными взаимодействиями нейронных ансамблей в процессе их возбуждений. Эти взаимодействия рожают сознание и понимание. Как это делается нам не известно. Часто считается, что эти процессы неалгоритмичны и ставится под сомнение принципиальная возможность их формального выражения, а соответственно и возможность моделирования [13]. (Об этом еще будет более подробно говориться в дальнейшем).

В плане расшифровки кодов психических явлений, по-видимому, можно решать лишь упрощенную задачу, а именно задачу установления причинно-следственных связей между возбуждениями каких-то ансамблей нейронов и действиями в пределах простой схемы стимул-реакция. Но даже и в этом случае установление такой связи вряд ли можно назвать кодом психического явления.

Итак, единого, устраивающего всех определения информации не существует. Причина этого, во-первых, в том, что информацию часто неоправданно смешивают с организацией. Во многих таких работах можно заменить слово информация словом организация и по сути это ничего не изменит. Во-вторых, проблема, видимо, состоит в том, что информация может существовать в трех разных видах — в виде описания, в виде алгоритма и в виде строящейся в мозге активной целостной модели среды. Дать определение информации, имеющей вид описания или алгоритма, проще. Дать строгое определение информации, существующей в виде активной многомерной модели среды, включающей объекты, ситуации, действия и процессы со всеми сложными взаимоотношениями между ними в процессе ее работы, не просто сложно, а пока еще невозможно. Может быть, так же сложно, как дать строгое конструктивное определение процессу мышления.

Все сказанное приводит к выводу, что увеличение количества информации самоцелью эволюции не является. Информация, содержащаяся в строящейся в мозге модели среды, необходима для восприятия, поведения и обучения. Наследуемый генетический код содержит информацию об *организации* живого организма. Эта информация, зафиксированная, по-видимому, преимущественно в процедурном виде, используется организмом для развития, а также для управления необходимой постоянной внутренней и внешней работой. Эта информация передается потомству при размножении.

Повторим, что живое отличается от не живого постоянной необходимостью поддерживать неравновесное состояние. Выполняется это за счет свободной энергии неравновесного состояния и включает непрерывный биосинтез или фотосинтез неравновесных органических структур. Для этой работы организму нужна генетическая информация (в первую очередь процедурная) о себе, т.е. информация об организации организма. Во-вторых, информация о себе используется организмом в процессе управления развитием. Кроме того, живое отличается от не живого тем, что живое должно содержать

генетическую информацию необходимую для создания своих копий, в том числе и модифицированных, при размножении.

Таким образом, генетическая *информация необходима* для поддержания, развития, продолжения и эволюции жизни. Жизнь без информации об организации организма, записанной в ДНК его клеток невозможна. Кроме того, у живых организмов, в том числе и у простейших, должна быть информация о среде существования, фиксируемая не в генетическом коде, а в нервной системе, или в каком-то ее простейшем аналоге. Но при этом во всех случаях создание, т.е. получение и фиксация информации, как в генетическом коде, так и в нервной системе, является не самоцелью, а средством, необходимым для существования и развития жизни.

## 2.4. Энтропия и антиэнтропия

Обсуждая проблемы направленности и цели эволюции, часто в качестве основного причинного фактора и цели рассматривают уменьшение или минимизацию скорости увеличения энтропии. Величина энтропии соответствует количественной оценке уровня разупорядочивания или дезорганизации. Согласно второму закону термодинамики энтропия, то есть разупорядочивание и дезорганизация, в замкнутых системах возрастает. Происходит диссипация энергии, т.е. переход энергии любого вида, или, так называемой, упорядоченной свободной энергии, в неупорядоченную тепловую.

На основе второго закона термодинамики прогнозируется печальный конец Вселенной – ее тепловая смерть, т.е. полная дезорганизация, выравнивание всех неоднородностей, хаос. Одновременно активно обсуждается якобы существующий термодинамический парадокс – с одной стороны, существование во Вселенной неоднородностей и организации, с другой стороны бесконечность времени и соответственно бесконечно длительный процесс разупорядочивания и увеличения энтропии. Парадокс решается разными способами. Один из наиболее известных и часто приводящихся - это теория флуктуаций Л.Больцмана.

Однако, существует ли угроза тепловой смерти Вселенной и, соответственно, термодинамический парадокс? Во-первых, не из чего не следует, что Вселенная является замкнутой системой, подчиняющейся в целом второму закону термодинамики. Бесконечно не только время, но и пространство. Вселенных может быть много. Обмениваются ли вселенные материей, энергией и информацией не известно. Во-вторых, мы не очень четко представляем, что такое вечность и бесконечность, а соответственно, что такое время и пространство. В-третьих, во Вселенной действуют не объясненные пока еще наукой силы, к которым в первую очередь можно отнести гравитацию, электрические взаимодействия, а также сильные внутриатомные взаимодействия. Есть во Вселенной и другие, не объясненные пока еще физические явления, например, связанные с темной материей и темной энергией. Таким образом, у нас нет достаточных оснований для того, чтобы делать обоснованные заключения о судьбе Вселенной, основываясь на втором законе термодинамики.

Кроме того, если идут процессы дезорганизации, значит организация и порядок существуют и как-то они возникли. Прежде чем обсуждать термодинамический парадокс нужно иметь какую-то точку зрения и на то, как организация или упорядочивание возникает. Как минимум нужно допускать саму возможность возникновения порядка, причем как на основе известных физических свойств мира, так, может быть, и на основе неизвестных. Один из распространенных вариантов это ссылка на бога. Однако, это абсолютно не обязательный вариант.

(Когда Лаплас изложил Наполеону свою концепцию образования планет, император спросил: «А как же бог?» Лаплас ответил: «Я не нуждаюсь в этой гипотезе»).

Будем считать, что на основе известных, а возможно и каких-то неизвестных нам материальных физических сил, во Вселенной идут процессы организации и упорядочивания, противоположные процессу возрастания энтропии. Одним из таких очевидных процессов организации и упорядочивания как раз и является возникновение и эволюция живых организмов. Процессом организации и упорядочивания является и развитие цивилизации или социальная эволюция.

Слово “организация” используется в двух разных смыслах. Во-первых, под организацией можно понимать процесс (от глагола организовывать), результатом которого является что-то – система, объект или что угодно, имеющее какую-то качественную определенность. Другими словами, можно сказать, что организация, понимаемая как процесс, это создание порядка или упорядочивание, т.е. антиэнтропийный процесс, противоположный процессу возрастания энтропии.

Помимо создания качественной определенности объекта результатом антиэнтропийного процесса должно быть возникновение свойств объектов, противодействующих тенденции возрастания энтропии, т.е. свойств, обеспечивающих сохранение качественной определенности, т.е. невозрастание энтропии.

Процессы упорядочивания мы будем называть не организацией, а антиэнтропийными процессами, или процессами создания и сохранения порядка. Результат антиэнтропийного процесса это образование упорядоченной системы (объекта), обладающей качественной определенностью и сохраняющей свою качественную определенность во времени. Энтропия (дезорганизация) в такой системе не возрастает, или возрастает медленно.

Антиэнтропийные процессы упорядочивания могут быть естественными и искусственными. Приблизительные представления о естественных антиэнтропийных процессах могут быть, например, такими: Большой взрыв, разлет материи, концентрация материи за счет гравитации в галактиках и звездах, термоядерные реакции в звездах и образование химических элементов, образование планет, образование веществ и отдельных устойчивых материальных объектов, возникновение и развитие жизни и разума. К этому можно добавить еще и социальную эволюцию, приводящую к возникновению и развитию цивилизации, т.е. социальных отношений, науки, технологии, искусства.

Искусственные антиэнтропийные процессы это специальное, в том числе и “разумное”, создание разнообразных устойчивых объектов живыми организмами. Слово разумное взято в кавычки потому, что хотя в создании некоторых (очень многих) искусственных объектов и участвует разум, получающийся результат не всегда разумен с общечеловеческой точки зрения.

Результатом естественного антиэнтропийного процесса может быть создание как устойчивых равновесных объектов (систем), изменения в которых описываются классической равновесной термодинамикой, так и создание устойчивых неравновесных систем. Мы в дальнейшем будем говорить об активных и пассивных неравновесных системах.

Пассивные неравновесные это диссипативные системы, изменения в которых описываются теорией неравновесной термодинамикой Пригожина [10]. Активные неравновесные системы это живые организмы, к которым относится принцип устойчивого неравновесия Бауэра [2].

Процесс естественного возникновения неравновесных систем принято называть словом *самоорганизация*. Это слово несет на себе отпечаток какой-то собственной активности, чего-то связанного с кибернетикой или с принципами функционирования живого. Это плохо и суть дела затуманивает. Нужно различать процессы создания активной неравновесной организации и пассивной неравновесной организации. Эти процессы описываются разными теориями и называть их одним словом не нужно.

Кроме того, приставка “само” применительно к пассивным неравновесным системам конкретного смысла не несет, а лишь вносит какой-то элемент таинственности. На самом

деле все происходит без какой либо активности со стороны системы, в которой появляется упорядоченность, а на основе физических свойств объектов и их естественного и пассивного взаимодействия. С не меньшим основанием мы могли бы, например, называть словом самоорганизация процесс образования планетной системы.

Термин “организация” можно относить не только к процессу создания объекта, но и к его устройству, т.е. к конкретному результату упорядочивания или к результату антиэнтропийного процесса. Именно в этом смысле мы и будем использовать термин “организация”. Итак, организация, понимаемая как результат антиэнтропийного процесса, с одной стороны, определяет устройство объекта и, с другой стороны, сохранение (не разрушение) объекта во времени. Соответственно будем говорить об определяющей и о сохраняющей организации.

К определяющей организации относится высказывание А. Сент-Дьердьи [15]: «Одним из основных принципов жизни является «организация»; мы понимаем под этим, что при объединении двух вещей рождается нечто новое, качества которого не аддитивны и не могут быть выражены через качества составляющих его компонент. Это относится ко всей гамме форм организации, к объединению электронов и ядер, образующих атом, к объединению атомов в молекулы, аминокислот в пептиды, пептидов в белки, белков и нуклеиновых кислот в нуклепротеиды и т. д.».

К сожалению, конструктивно формализовать определяющую организацию, то есть, количественно оценить ее уровень, а также формально определить связь свойств и структуры взаимодействия частей с качествами целого, или переход от целого к частям, к их составу, структурной организации, свойствам и взаимодействию, в общем случае не удастся. Все что можно сделать это дать обобщенное описание организованной антиэнтропийной системы (объекта) и предложить какой-то способ ее формального представления.

Система и целостный объект это синонимы. Признаки или свойства целостного объекта это:

- **целостность**
- **большое число составляющих элементов,**
- **сильная связность элементов,**
- **многоуровневость – как минимум в системе есть уровень элементов (частей) и уровень целого,**
- **свойства целого, не сводятся к свойствам частей, но каким-то неизвестным образом свойствами частей определяются,**
- **состав и свойства элементов каким-то неизвестным образом определяются свойствами целого,**
- **возникновение устойчивых структур и взаимоотношений (взаимодействий) между элементами, объединяющих элементы в целое,**
- **организация, как системобразующий интегральный фактор, обеспечивающий существование во времени целостного объекта как некоторой качественной определенности,**
- **синергия (взаимосодействие) как необходимое свойство, проявляющееся в первую очередь в функционировании и эволюции живых целостных систем.**

Нетрудно заметить, что перечисленными признаками (возможно кроме последнего) обладает любой материальный антиэнтропийный объект и системный подход есть просто методологический прием, требующий рассмотрения целого и составляющих его элементов в неразрывном единстве. Таким образом, слово система в рассматриваемом аспекте лишнее. Его мог бы заменить термин целостный объект.

Центральной проблемой теории систем считается формальное представление двусторонней связи между свойствами частей и целого. Эта связь в общем случае

аналитически не выражается. Это не проблема или недостаток существующей математики, а, скорее всего, принципиальный момент. Формальный переход от свойств частей и взаимодействий между ними к неизвестным свойствам целого, так же как и переход от свойств целого к составу и свойствам образующих его частей, в общем случае, по-видимому, невозможен.

И, все-таки, можно ли как-то формально представить двусторонние связи между уровнем целого и уровнем частей, а также и взаимодействия между элементами (частями) одного уровня? Попробуем это сделать на очень общем уровне с оговоркой, что наша цель состоит лишь в том, чтобы дать язык, удобную схему, в рамках которой можно было бы обсуждать рассматриваемые явления по возможности в их существенных и общих аспектах.

Эта схема, которая может показаться чересчур абстрактной, фактически использовалась нами при рассмотрении таких конкретных вопросов, как, во-первых, формальная модель поведения и, во-вторых, алгоритмы системы машинного зрительного восприятия, разработанные для распознавания изображений рукописных текстов (FineReader – рукопись).

При построении описаний полезно использовать язык переменных, называя переменной все, что можно (хотя бы теоретически) измерить, перевести в показания приборов, или оценить количественно каким-либо другим способом.

Все объекты обладают качествами (свойствами) и тем отличаются друг от друга. Переменная отражает наличие и интенсивность отдельного качества. Все что можно сказать о целом объекте на языке переменных – это, во-первых, перечислить его внешние качества, определить их интенсивность и указать закон изменения качеств во времени и в пространстве, и во-вторых, перечислить части объекта, их качества и отношение между частями.

Таким образом, объект можно задать точкой в пространстве переменных, где каждой оси соответствует некоторое качество или свойство. Будем различать два фазовых пространства - внешних переменных, соответствующих качествам целого, и внутренних переменных, соответствующих качествам частей (элементов) и отношениям между элементами. В частности, отношения между элементами могут задавать структуру или структурное описание целого. Пример таких структур, а также способ их задания и анализа рассматривался в [21,22] применительно к задаче построения программной системы чтения рукописных знаков.

Пусть внешние качества отображаются в пространстве внешних переменных вектором  $Z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ , а внутренние качества отображаются в пространстве внутренних переменных вектором  $X(x_1, x_2, \dots, x_m)$ .

Пусть переменные  $z_i$  и  $x_i$  отражают не абсолютные значения соответствующих качеств, а разность между текущими и некоторыми оптимальными или нормальными значениями. Тогда все переменные неотрицательны, т.е.  $x_i \geq 0$  и  $z_i \geq 0$ . Положение отображающей точки в начале координат соответствует нормальным (идеальным) значениям переменных (качеств).

Внешние качества полностью определяются внутренними. Поэтому положение точки  $Z(z_1, z_2, \dots, z_n)$  в пространстве внешних переменных однозначно определяется положением точки  $X(x_1, x_2, \dots, x_m)$  в пространстве внутренних переменных (обратное в общем случае не справедливо). Зависимость  $Z$  от  $X$  обычно не может быть определена аналитически, но может быть иногда охарактеризована каким либо другим образом, например, с помощью словесного описания или таблично.

Введем теперь две области  $D_z$  - область допустимых значений внешних переменных и  $D_x$  - область допустимых значений внутренних переменных. Объект (система) существует как некоторая качественная определенность, пока отображающие точки  $Z(z_1, z_2, \dots, z_n)$  и  $X(x_1, x_2, \dots, x_m)$  находятся соответственно внутри областей  $D_z$  и  $D_x$ .

Область  $D_x$  ограничена координатными плоскостями в первом ортанте и некоторой поверхностью, аналитическое выражение которой может не существовать. В конкретных

приложениях возможны предположения о каких-то свойствах этой поверхности, например, такие, как введенные в [21,22] при рассмотрении модели поведения. Возможны также предположения о точном аналитическом виде ограничивающей поверхности  $F(X)=0$ , как, например, введенные в [21,22] при рассмотрении задачи построения программной системы зрительного восприятия. То же самое относится и к области  $D_z$ .

При изменениях объекта отображающие точки  $X$  и  $Z$  перемещаются в фазовых пространствах допустимых значений внутренних и внешних переменных. Выход точек  $X$  и  $Z$  на границу области допустимых значений происходит одновременно. При выходе отображающей точки за границу области допустимых значений целостность нарушается, и объект прекращает существование.

Заметим, что в рамках введенных представлений можно говорить, например, об оценке состояния объекта, о закономерностях изменения состояния, о тенденции к сохранению или разрушению, о вероятности разрушения, об алгоритмах управления, направленных на сохранение качественной определенности объекта, о существенных и несущественных переменных и др. Все это может основываться на информации о положении точек  $X$  и  $Z$  в фазовых пространствах  $D_x$  и  $D_z$ , о направлении и скоростях перемещений этих точек, а также на информации о границах областей  $D_x$  и  $D_z$ . Однако, конкретное рассмотрение всех этих и других подобных вопросов можно делать лишь в отношении каких-то конкретных систем.

Как возникновение порядка, так и его сохранение в разных антиэнтропийных системах происходят по-разному. Соответственно можно выделить следующие типы организации упорядоченных антиэнтропийных систем:

**пассивная равновесная,  
пассивная неравновесная,  
активная неравновесная.**

Пассивная равновесная антиэнтропийная организация основывается на фундаментальных свойствах материи, таких как, в первую очередь, гравитация, а также электричество, электромагнитное поле, сильные и слабые внутриатомные взаимодействия. Эти, а может быть и какие-то другие неизвестные нам свойства материи, обеспечивают пассивный в основном случайный антиэнтропийный процесс, приводящий к возникновению и длительному сохранению, т.е. существованию материальных объектов.

При пассивной равновесной антиэнтропийной организации возникают упорядоченные объекты, обладающие свободной энергией, находящиеся в равновесии со средой, длительное время сохраняющие свободную энергию и свою качественную определенность вследствие существующих кинематических ограничений и не увеличивающие либо медленно увеличивающие энтропию. Сюда относятся, например, камень в углублении на склоне горы, каменный уголь, стул, или любой другой объект, имеющий организацию, обеспечивающую его внешние качества и относительно устойчивое существование. Пассивная равновесная антиэнтропийная организация может быть не только статической, но и динамической. Примерами пассивной равновесной динамической организации являются планетная система, атом, маятник.

Окружающая среда для пассивных равновесных систем является как актуальным, так и потенциальным источником внешних воздействий, причиной нарушения равновесного состояния и, в конечном счете, причиной разрушения. Точки, отображающие положение пассивной равновесной антиэнтропийной системы в фазовых областях  $D_x$  и  $D_z$ , хотя и медленно, но с неизбежностью движутся к границам областей допустимых значений. Система пассивна и никаких действий, направленных на продление существования в ней не происходит.

Пассивным неравновесным антиэнтропийным системам посвящена теория неравновесной термодинамики И.Р.Пригожина [10], описывающая возникновение и изменение открытых неравновесных диссипативных систем.

Сейчас многие представители биологии и синергетики на основе этой теории объясняют возникновение, существование и развитие жизни. При этом считается, что живая антиэнтропийная организация состоит в том, что при подводе к системе энергии в ней может возникать процесс создания неравновесных структур со свободной энергией и эта энергия будет диссипировать, т.е. выделяться в среду в виде тепла. Подобный антиэнтропийный процесс неравновесного упорядочивания, т.е. образования неравновесных диссипативных систем, как уже отмечалось, не очень удачно принято называть самоорганизацией.

Неравновесная диссипативная система пассивна. Такая система не выполняет ни внутренней, ни внешней работы для поддержания своего неравновесия, т.е. не может считаться живой. Процесс антиэнтропийной организации в неравновесной диссипативной системе идет принудительно за счет подводимой извне энергии. Еще раз отметим, что применение термина *самоорганизация* к процессу возникновения пассивных неравновесных диссипативных систем выглядит не очень оправданным, поскольку процесс организации в этих системах происходит и поддерживается принудительно за счет внешних сил.

В природе существует также и активная антиэнтропийная организация. Это в первую очередь живые, обладающие свободной энергией неравновесные системы, устойчиво поддерживающие и увеличивающие свое неравновесие, т.е. существование с помощью внутренней работы по синтезу и восстановлению живых неравновесных структур и внешней работы, т.е. целенаправленного взаимодействия со средой. Как внешняя, так и внутренняя работа активно выполняются за счет собственной свободной энергии живых неравновесных структур[2].

Этот процесс с большим основанием можно было бы назвать самоорганизацией, обеспечивающей непрерывное активное самовосстановление, т.е. сохранение во времени обладающих свободной энергией неравновесных структур. При этом свободная энергия не диссипирует через тепловой канал, а тратится на физиологические функции организма и восстанавливается за счет внутренней и внешней работы живого организма.

Подводя некоторый итог можно сказать следующее. Существуют два вида пассивных упорядоченных антиэнтропийных объектов – равновесные и неравновесные. При равновесном упорядочении свободная энергия со временем уменьшается и энергия выделяется. Степень неравновесия и свободной энергии поддерживается существующими кинематическими ограничениями, которые со временем чаще всего снижаются. Среда оказывает на систему разрушающее воздействие.

При пассивном неравновесном упорядочении в зависимости от изменений в среде степень неравновесия и свободной энергии может уменьшаться, увеличиваться, либо оставаться неизменной. Неравновесие поддерживается внешним воздействием.

Собственная свободная энергия неравновесной диссипативной системы выделяется (диссипация) и восстанавливается за счет подвода энергии извне и вынуждаемых этим структурных перестроек в системе.

В живых активных антиэнтропийных системах неравновесие поддерживается за счет внутренней работы собственных системных сил, направленной на воспроизводство упорядоченных неравновесных структур, а также за счет собственного активного целенаправленного взаимодействия со средой, направленного на извлечения вещества и энергии из среды (внешняя работа).

Общий вывод состоит в том, что важные системные принципы, которым подчиняется как создание и поддержание жизни, так и ее эволюция, наряду с принципом устойчивого неравновесия это принципы *целостности*, *целенаправленности* и *активности*. Под целостностью понимается неразрывное единство целого и образующих его частей. Целенаправленность и активность, так же как и работа по поддержанию неравновесия, это

то, что наиболее четко отличает живое от не живого. (Именно к целенаправленным процессам поддержания неравновесия в живых активных неравновесных системах наиболее естественно отнесение термина самоорганизация.)

Можно ли антиэнтропийную организацию и антиэнтропийные процессы описать формально и построить соответствующие математические модели? В отношении определяющей организации ответ в настоящее время должен быть отрицательным. Формально связать элементы (части) и целое в общем случае не удастся. Это относится как к пассивным (не живым), так и тем более к активным (живым) системам. Единственное что можно сделать, это описать фазовые пространства внутренних и внешних переменных, определить связи между переменными, исследовать внутренние и внешние фазовые траектории системы и закономерности их совместного изменения в этих пространствах.

В отношении сохраняющей организации возможно построение различных частных математических моделей, ориентированных на конкретные случаи организации. Возможно, что могут быть построены и модели сохраняющей организации какого-то общего характера.

Что касается антиэнтропийных процессов, то существуют формальные описания как для процессов, направленных на создание пассивной равновесной организации, так и для процессов неравновесной пассивной организации. Строгих формальных описаний процессов создания активной антиэнтропийной неравновесной живой организации нет. Существуют качественные описания - это различные теории начального возникновения жизни и теории эволюции.

Таким образом, подводя итог можно сказать, что прогрессивная эволюция это антиэнтропийный процесс упорядочивания, т.е. создания определяющей и сохраняющей активной организации, противоположный процессу возрастания энтропии. Количественно оценить результаты упорядочивающего антиэнтропийного процесса прогрессивной эволюции можно по уровню создаваемого термодинамического потенциала.

Однако, не любое антиэнтропийное упорядочивание и не любое уменьшение энтропии может быть мерилем эволюционного прогресса. Эти оценки должны соотноситься с особенностями организации и функционирования живой системы, т.е. в конечном счете с принципом устойчивого неравновесия Бауэра. Чем больше уровень активно поддерживаемого неравновесия, тем более живой является система. Выше отмечалось, что такие оценки можно делать на основе определения константы Рубнера, или, может быть, какой-то другой сходной величины, выражающейся через удельную энергию, или удельную мощность живой ткани.

## **2.5. Эволюция и свобода**

*Свобода означает ответственность.*

*Вот почему большинство людей боится ее.*

***Б.Шоу.***

Возникновение и развитие жизни это антиэнтропийный процесс, т.е. процесс создания систем, обладающих упорядоченностью, качественной определенностью и относительно низким уровнем энтропии. При этом, по определению, уменьшение энтропии сопровождается уменьшением числа степеней свободы и уменьшением разнообразия, как строения, так и возможных изменений. Уже на таком уровне можно говорить о необходимом уменьшении свободы в результате возникновения и развития жизни. Однако, представляется интересным рассмотреть вопрос о свободе на макроуровне, т.е. на уровне поведения живой системы.

В процессе прогрессивной эволюции образуются новые неравновесные живые организмы, лучше приспособленные к среде, обладающие все большим удельным термодинамическим потенциалом и имеющие увеличивающиеся возможности поддержания



неравновесия на основе внутренней работы и за счет необходимого целенаправленного взаимодействия со средой, в том числе и при изменениях в среде. Таким образом, в конечном счете, увеличивается вероятность выживания отдельных живых организмов и достигается увеличение, как общего объема, так и удельного термодинамического потенциала живой материи.

Улучшения достигаются не только за счет эволюционного повышения эффективности существующих полезных функций организма. Улучшения достигаются также на основе создания новых функций и возможностей за счет объединения элементов и функциональных подсистем организмов в единые функциональные системы, а также за счет объединения однотипных и разных организмов в новое синергическое целое. На уровне внешнего поведения живых организмов существует не только борьба за выживание, соревнование и конкуренция, но и объединение усилий. Таким образом, можно считать, что синергическое взаимодействие является одним из принципов эволюции.

Живая материя может поддерживать свое существование только путем активного целенаправленного поведения, обеспечивающего необходимое взаимодействие со средой. У животных с развитой нервной системой необходимое взаимодействие со средой главным образом выражается в виде потребностей и соответствующих потребностям мотиваций. Живые системы с активно поддерживаемым устойчивым неравновесием должны путем целенаправленного поведения (управления) максимально долго удерживать величины регулируемых переменных (потребностей) внутри области допустимых значений (принцип  $\max T$ ).

Выше эта область была определена как фазовое пространство -  $D_x$ . Состав переменных  $\{x\}$  может определяться по-разному. У животных регулируемым переменным соответствуют, главным образом, первичные физиологические потребности, удовлетворение которых необходимо для физического существования, как отдельной особи, так и вида.

У животных, кроме того, могут быть и некоторые вторичные потребности, связанные чаще всего с групповым совместным существованием. У домашних животных вторичные потребности обычно возникают на основе взаимодействия с человеком. Например, собака или кошка хотят, чтобы их погладили.

У человека в состав потребностей, определяющих область существования системы, также помимо объективных первичных физиологических потребностей входят и вторичные, субъективные потребности. Такими потребностями у человека может быть очень многое. Например, играть в карты, ходить в театр или на футбол, писать стихи, сажать капусту и тому подобное. Вторичные потребности человека могут быть многочисленны и разнообразны. Удовлетворение потребности сопровождается положительной эмоциональной реакцией, неудовлетворение – отрицательной.

Итак, потребности формируются переменными, образующими фазовое пространство параметров живого организма  $D_x$ . Живые системы неравновесны. Поэтому при отсутствии управления (поведения) значения переменных  $\{x\}$ , соответствующие отклонения параметров организма от оптимальных значений, непрерывно увеличиваются, удаляясь от оптимума и приближаясь к границе области допустимых значений. Соответственно увеличиваются и неудовлетворяемые потребности. Это относится как к первичным физиологическим потребностям, так и ко вторичным. Величина потребности уменьшается при ее удовлетворении в целевой ситуации поведения, после чего вновь увеличивается. Удовлетворение потребностей активной неравновесной системы непрерывная постоянно стоящая и никогда не решаемая до конца задача.

Еще одно принципиальное свойство переменных  $\{x\}$ , а соответственно и потребностей, состоит в том, что они, в основном, альтернативны. Удовлетворение разных потребностей живого организма, или уменьшение разных переменных  $\{x\}$  в общем случае может происходить только в разных отличающихся целевых ситуациях поведения и поочередно. Это ограничение весьма существенно для формирования оптимального

алгоритма управления поведением, т.е. для формирования оптимального правила принятия решения в ситуациях выбора между возможными альтернативными вариантами поведения.

Выход значений переменных, соответствующих первичным потребностям, за пределы области существования системы ведет к ее разрушению. По терминологии Э.Бауэра [2] это соответствует достижению организмом границы биологической адаптации. Выход значений переменных, соответствующих вторичным потребностям, за пределы области допустимых значений не ведет, в общем случае, к физической гибели.

Человек, как правило, может построить взамен разрушенной иную субъективную систему с иной областью существования, включающей другие вторичные потребности, или, в пределе, даже не включающей никаких вторичных потребностей. Хотя иногда творческий человек, например, художник или композитор может с большой долей истинности утверждать, что для него творить так же жизненно необходимо, как пить, есть или дышать.

Кроме постоянной проблемы удовлетворения первичных физиологических и вторичных субъективных потребностей у животных может возникать оперативная необходимость конкуренции и борьбы с другими животными, а также необходимость избегания вредных воздействий среды. И то и другое создает временные потребности и соответствующие им иногда очень сильные мотивации.

Активные неравновесные системы можно разделить на две группы. Критерий разделения – характер необходимого внешнего поведения и взаимоотношения со средой. Первая группа – это автономные, относительно свободные системы, поведение которых (управление) определяется следующими факторами.

1. Взаимодействие со средой осуществляется системой самостоятельно и активно, по всем параметрам, соответствующим требующим удовлетворения потребностям. Поведение системы полностью и непосредственно обеспечивает все необходимые для существования внешние компоненты.
2. Существует альтернативность возможного удовлетворения разных потребностей и соответственно альтернативность вариантов поведения. Из этого вытекает постоянная необходимость принятия решения в ситуациях выбора.
3. Существуют разнообразные ограничения возможностей взаимодействия организма со средой.
4. Существенным фактором, определяющим поведение организма, может являться постоянная конкуренция с другими активными системами или необходимость борьбы с ними.
5. Помимо необходимых полезных взаимодействий со средой возможны и вредные воздействия среды, непосредственно ухудшающие состояние системы. Эти воздействия могут быть как пассивными ненаправленными, так и активными направленными. Один из аспектов поведения – это избегание, компенсация или преодоление этих воздействий. Решается эта задача, также как и все задачи поведения, автономно – силами самой системы.

Примеры автономных относительно свободных систем это одноклеточный живой организм, животные в свободном поведении, человек вне общественных связей, например отшельник или Робинзон, натуральное хозяйство, независимая фирма.

Единственный результат функционирования относительно свободной автономной неравновесной системы – это ее существование как некоторой качественной определенности. Промежуточные приспособительные результаты направлены на достижение этого главного результата.

Вторая группа – это специализированные неравновесные системы с ограниченной свободой поведения. Примерами таких систем могут быть клетка в составе организма или человек в обществе. Системы с ограниченной свободой поведения входят в качестве

элементов в состав некоторой макросистемы и, в общем случае, независимо существовать не могут.

Поведение таких систем обладает следующими особенностями:

- работа микросистемы направлена не прямо на обеспечение необходимого взаимодействия со средой, а на создание некоторого фактора (продукта), используемого в макросистеме;
- деятельность (поведение) микросистемы узкоспециализирована;
- необходимое взаимодействие микросистемы со средой, т.е. удовлетворение ее потребностей и защита от агрессивных внешних воздействий обеспечивается макросистемой.

Таким образом, деятельность системы с ограниченной свободой поведения в основном направлена на обеспечение существования макросистемы, которая, в свою очередь, обеспечивает удовлетворение потребностей входящих в нее микросистем и их защиту от воздействий среды. То есть микросистемы не прямо, а косвенным образом, работая на макросистему и тем самым на другие микросистемы, обеспечивают себе простую, беспроблемную искусственную среду, достаточную для удовлетворения потребностей, т.е. для существования.

Можно отметить и такой специфический вариант системы с ограниченной свободой поведения, как заключенный в тюрьме. В этом случае макросистема обеспечивает заключенному все для минимального беспроблемного удовлетворения первичных потребностей и ограничивает вторичные потребности.

Мы выделили крайние точки спектра различных вариантов возможных активных неравновесных систем от полной автономности и полной свободы до полной зависимости. Как всегда, возможны и промежуточные, смешанные варианты.

Биологическая эволюция прошла путь от полностью автономной и полностью свободной клетки к многоклеточному синергическому организму, имеющему в составе полностью зависимые клетки с регламентированным поведением. Социальная эволюция идет от полностью автономных и свободных животных и человека к человеку в обществе, иными словами к синергическим (взаимозависимым) системам с ограниченной свободой поведения.

На этом пути жизнь человека, то есть борьба за существование значительно упрощается, продолжительность жизни увеличивается, а поведение все более регламентируется. В то же время, неизбежно связанные с этим ограничения свободы поведения могут приводить к уменьшению возможностей возникновения и удовлетворения вторичных потребностей.

К чему это придет в пределе неизвестно. Много зависит от того, как будут формироваться вторичные потребности микросистем и будет ли социальная макросистема обеспечивать удовлетворение этих потребностей. Некоторые возможные, как правило печальные, но безусловно не обязательные варианты, описываются в фантастических романах о тоталитарных обществах будущего.

Кстати заметим, что без проблем удовлетворяющей все первичные и не имеющей никаких вторичных потребностей системе с ограниченной свободой поведения, например клетке в составе многоклеточного организма, ни мозг, ни развитая система восприятия не нужны.

В связи со всем этим возникает вопрос: свобода, за которую часто борются со знаменем в одной руке и автоматом в другой, это хорошо или плохо? Полностью свободной неравновесной автономной активной системе нужно самостоятельно решать задачу своего выживания путем организации всего **необходимого** для удовлетворения потребностей взаимодействия со средой. Полностью зависимой неравновесной специализированной

системе с максимально ограниченной свободой поведения задачу выживания, а в пределе и никаких других задач кроме выполнения своей специализированной функции, решать не нужно.

Таким образом, полностью свободной активной неравновесной системе в общем случае жить трудно, ее жизнь целиком зависит от среды и может быть сложна, многообразна, опасна и тяжела. На такую систему целиком ложится ответственность за ее жизнь. Полностью зависимой системе с ограниченной свободой поведения жить просто, но не всегда легко, и чаще всего не интересно, поскольку интерес к жизни обычно может связываться с устойчивым наличием вторичных потребностей, или со злоупотреблением первичными.

Общего надежного рецепта для определения, выбора и достижения оптимального и одинакового для всех уровня свободы не существует, хотя и имеются претендующие на это различные социологические теории. По-видимому, выбрать и зафиксировать оптимальный уровень свободы нельзя, поскольку не существует однозначного объективного критерия сравнения вариантов.

Можно только постараться понять существующие закономерности развития синергического человеческого социума и степень неизбежности эволюционной реализации этих закономерностей. Полезно также понимать, что любые оценки результатов и прогнозов социальной эволюции, выполняемые как простыми людьми, так и политиками или учеными, всегда субъективны, поскольку основываются на разных субъективных и чаще всего качественных критериях. Поэтому такие оценки не могут претендовать на истинность в последней инстанции.

Возможно, что увеличение уровня синергии – это закон эволюции живых организмов, т.е. систем, поведение которых направлено на поддержание уровня неравновесия в активном взаимодействии со средой. Возможно, что социальная эволюция происходит по законам сходным с законами биологической эволюции.

Если это так, то интересно задуматься не только над тем, к чему придет эволюционное развитие объединенного человеческого социума. Интересно задуматься и над тем к чему придет развитие разума на Земле. Микросистеме с максимально ограниченной свободой поведения, существующей и работающей в составе макросистемы, мышление, обеспечивающее ее поведение не нужно. Однако, макросистема в целом остается живой со своими потребностями, необходимым поведением и с необходимостью управления поведением. Таким образом, в макросистеме необходимость в мышлении должна сохраниться.

К чему это приведет? Может быть, к коллективному разуму на каком-то значительно более высоком уровне возможностей? Правда, на основе существующих знаний пока еще нельзя сделать какие либо обоснованные предположения о том, что такое коллективный разум и как он может работать. В то же время, существуют различные предположения о перспективах разработок и развития искусственного, т.е. машинного мышления. Ниже рассматриваются связанные с этим проблемы.

### **Глава 3. Техническая эволюция и перспективы алгоритмического искусственного интеллекта.**

Важнейшим результатом биологической эволюции является возникновение мышления. Значение этого результата состоит не только в появлении у живых организмов новых приспособительных возможностей. На основе разума к пассивным естественным антиэнтропийным процессам, т.е. процессам естественного создания организации, добавились антиэнтропийные процессы искусственного создания организованных объектов и систем. В основе этих достижений цивилизации лежат наука, технологии и социальная организация. Быстро развиваются вычислительная техника и разнообразные

информационные и коммуникативные технологии. Ставится вопрос о создании полноценного искусственного мышления. Иногда говорят о конце эволюции жизни и о ее замене технической эволюцией. В отношении создания искусственного мышления называются близкие сроки, которые, впрочем, регулярно отодвигаются. Как на реально существующих, так и рекламируемых результатах технической эволюции лежит отпечаток чего-то таинственного и даже пугающего и мистического.

В то же время существует активно обсуждаемая, в первую очередь в популярных изданиях, проблема “глобальный риск создания искусственного интеллекта”. Для оценки этой проблемы нужно ответить на целый ряд вопросов. Что такое мышление? Возможно ли искусственное мышление? Как далеко мы продвинулись на пути создания искусственного разума? Возможен ли автономный активный искусственный разум? В дополнение к этим вопросам и проблемам возникает очень много и других проблем и вопросов “второго плана”. На некоторые вопросы возможны более или менее точные ответы. К сожалению, на часть принципиальных вопросов можно ответить только в каком-то приближении.

В этой главе будет говориться о результатах и перспективах алгоритмического искусственного интеллекта, а также и сопряженных направлений, таких как распознавание образов и формальные нейронные сети. Кроме того, в самом общем плане говорится и о синергетике, аппарат которой иногда считается адекватным проблеме моделирования мышления. Все это не исчерпывает проблему моделирования мышления, которая будет рассматриваться в главе 4.

### **3.1. Алгоритмический искусственный интеллект**

При возникновении научного направления “Искусственный интеллект” в 1955 г. на фоне бурного начального развития вычислительной техники предполагалось, что программное решение так называемых интеллектуальных, чаще всего прикладных задач даст возможность сформулировать некие обобщения и построить универсальный машинный интеллект, или, что то же самое, универсальное машинное мышление. Основатели направления прогнозировали относительно короткие сроки – максимум в пределах 20го века.

Сразу скажем, что научное направление, которое можно назвать Алгоритмический искусственный интеллект, не создало пока еще ничего похожего на активное творческое человеческое мышление.

Так роботы используются в программируемых технологических операциях, например таких, как покраска автомобиля, либо как игрушки. Их обучение и поведение, как и

50 лет назад, не идет дальше схемы стимул-реакция или динамический стереотип. Алгоритмы принятия решения в этих устройствах просты. Восприятие среды формально ограничено. Проблема анализа зрительных 3х-мерных сцен еще очень далека от эффективного решения. Прогресс основывается не на понимании и реализации функции мышления, а фактически определяется только увеличивающейся мощностью вычислительных средств.

То же самое относится и ко многим другим задачам. В частности, сейчас машины прекрасно играют в шахматы. Практический уровень игры машины сопоставим с уровнем игры чемпиона мира. Машина решает эту задачу за счет мощных вычислительных возможностей в основном перебором и сравнением позиций с использованием как формальных, так и эвристических правил оценки.

Если задача машинной игры в шахматы поддалась “силовому” решению, то успех в решении многих других задач практически отсутствует. Так не был реализован японский проект ЭВМ 5-го поколения, направлявшийся на решение проблемы автоматизированного программирования, а также на создание “дружелюбного ” интерфейса в первую очередь на основе естественных зрительных и речевых форм связи между человеком и компьютером. Выяснилось, что для реализации этого проекта недостаточно построить “глаз” и ”ухо”.

Оказалось, что нужно еще и выяснить, как работает мозг. (Впрочем, это было понятно многим с самого начала)

Примерно такие же очень сдержанные оценки можно сделать и в отношении результатов решения и других “интеллектуальных” задач, например, таких как доказательство теорем, восприятие естественной среды, понимание естественного языка, экспертные системы, представление знаний, автоматическое управление сложными системами.

Можно сказать, что направление работ “Искусственный интеллект” остается по сей день в основном прикладным направлением, ориентированным на формальное решение сложных “информационных” задач и опирающемся на все увеличивающуюся мощность вычислительных средств. Что касается понимания и моделирования мышления, то Алгоритмический искусственный интеллект является очень слабым эмпирическим направлением исследований этой проблемы, объединяющим под общим названием весьма разнообразные разрозненные работы, и останется эмпирическим направлением, пока не станет ориентироваться на какие-то целостные теории работы мозга и пока не будет поставлен и сформулирован хотя бы гипотетический ответ на вопрос: что такое мышление и как оно работает? К сожалению, обнадеживающих перспектив этого в рамках направления Алгоритмический искусственный интеллект в настоящее время не просматривается.

Сумма решенных, безусловно, часто практически полезных так называемых интеллектуальных задач, мышления не образует. “Силовые” методы решения этих задач не дают каких-либо предпосылок для обобщений и конструктивного понимания феномена мышления. Представляется, что для моделирования мышления важно понять не только то, что мозг делает в процессе решения задач, но и то, как он это делает.

Живое от не живого отличает активное поддержание неравновесия. На уровне мышления к необходимой постоянной активности добавляется еще эмоциональная оценка, свобода воли и сознание, творчество. Это то, что в первую очередь отличает работу механизмов человеческого мышления от работы обычных компьютерных программ. Более того, многие считают, что эти функции живого мозга, и в первую очередь сознание, не алгоритмичны, т.е. программно не реализуемы. Об этих проблемах мы еще будем говорить в дальнейшем.

### **3.2. Распознавание образов**

К проблематике искусственного интеллекта примыкают работы по распознаванию образов. С самого начала развития кибернетики машинное узнавание сложных объектов и, чаще всего, изображений обычно выбиралось для исследования и моделирования интеллекта и, в частности, таких составляющих мышления, как построение системы обобщенных знаний о среде и использования этих знаний в процессе принятия решений. Восприятие зрительной информации представлялось наиболее удобным для компьютерного моделирования мышления и, в то же время, наиболее практически значимым.

Сразу было очевидно, что для полного решения задачи машинного восприятия необходимо “интеллектуальное” распознавание или распознавание “с пониманием”. В то же время, практическая ориентация работ в области автоматического анализа информации, стремление к технической реализуемости привели к серьезной трансформации проблемы. Оказалось практически почти вынужденным упрощение рассмотрения процесса восприятия путем сведения его к классификации по признакам простых статических объектов, рассматриваемых по отдельности. Это направление стало называться “Распознавание образов”.

Распознавание образов к направлению Искусственный интеллект (ИИ) чаще всего не стали относить, поскольку в отличие от задач ИИ в распознавании образов появился хорошо разработанный математический аппарат и для не очень сложных объектов, оказалось возможным строить практически работающие системы распознавания (классификации).

В результате традиционное распознавание образов, с одной стороны, не решает задачу машинного восприятия сложных объектов и, с другой стороны, не является серьезным инструментом для моделирования интеллекта. И, тем не менее, распознавание образов не только при своем зарождении, но часто и сейчас считается важным шагом в понимании и моделировании мышления.

Остановимся на этом немного подробнее. В системах распознавания обычно применяются растровый, признаковый или структурный методы. Растровый подход применяется чаще всего при анализе изображений. При обучении строятся эталоны, являющиеся изображениями, либо какими-то препаратами изображений. При распознавании представленное в виде точечного раstra входное изображение сопоставляется точка-в-точку со всеми эталонными и определяется, с каким из эталонов изображение совпадает лучше, например, имеет больше общих точек.

Входное изображение и эталонное должны быть одного размера и одной ориентации. Например, в multifont-распознавателях печатного текста это достигается построением разных эталонов не только для разных шрифтов, но и для разных размеров символов (кеглей) в пределах одного шрифта. Распознавание таким способом рукописных символов невозможно ввиду их слишком большой вариабельности по форме, размеру и ориентации. По той же причине такое распознавание неприменимо в случае изображений естественных и в особенности трехмерных объектов.

Возможен также вариант использования растрового распознавания с приведением входного изображения к стандартным размерам и ориентации. В этом случае распознавание рукописных символов растровым методом становится возможным после кластеризации каждого распознаваемого класса и создании отдельного растрового эталона для каждого кластера.

В общем случае, получение инвариантности по отношению к размерам форме и ориентации распознаваемых по растру объектов является сложной, а часто и неразрешимой проблемой. Другой проблемой является необходимость выделения из изображения еще до распознавания фрагмента, относящегося к отдельному объекту. Эта проблема является общей для всех классических методов распознавания образов.

Отметим, что растровое распознавание, т.е. сопоставление “точка-в-точку” возможно, также и тогда, когда объекты представляются не точками изображения, а независимыми равнозначимыми двоичными признаками. Такое растровое распознавание реализуется как в явном виде программно, так и в некоторых системах, строящихся с использованием формальных распознающих нейронных сетей.

В подавляющем большинстве систем распознавания и, в частности, в существующих omnifont системах оптического чтения (OCR) основным является признаковый метод. При признаковом подходе эталоны строятся с использованием выделяемых на изображении признаков. Изображение распознаваемого объекта представляется точкой в пространстве признаков. В качестве признаков может рассматриваться все что угодно – любые характеристики распознаваемых объектов.

Желательно чтобы признаки были инвариантны к ориентации, размеру и вариациям формы объектов. Желательно также, чтобы точки, относящиеся к разным объектам одного класса, принадлежали выпуклой компактной области пространства признаков. Пространство признаков должно быть фиксировано и одинаково для всех классов распознаваемых объектов. Алфавит признаков придумывается разработчиком системы. Качество распознавания во многом зависит от того, насколько удачно придуман алфавит признаков.

Распознавание состоит в априорном получении полного вектора признаков для любого выделенного на изображении отдельного распознаваемого объекта, и лишь затем в определении того, какому из эталонов этот вектор соответствует. Эталоны чаще всего строятся как статистические, либо как геометрические объекты. В первом случае обучение может состоять, например, в получении по обучающей выборке матрицы частот появления

каждого признака в каждом классе объектов, а распознавание в определении вероятностей принадлежности вектора признаков каждому из эталонов.

При геометрическом подходе результатом обучения обычно является разбиение чаще всего ортогонального пространства признаков на области, соответствующие разным классам распознаваемых объектов, а распознавание состоит в определении того в какую из этих областей попадает соответствующий распознаваемому объекту входной вектор признаков.

Затруднения при отнесении входного вектора признаков к какой либо области могут возникать в случае пересечения областей, а также, если области, соответствующие отдельным распознаваемым классам не выпуклы и так расположены в пространстве признаков, что распознаваемый класс от других классов просто, например одной гиперплоскостью, не отделяется.

Эти проблемы могут решаться по-разному, например, за счет вычисления и сравнения расстояний (не обязательно евклидовых) в пространстве признаков от точки, представляющей экзаменуемый объект, до центров тяжести подмножеств точек обучающей выборки, соответствующих разным классам. Возможны и более радикальные меры, например, изменение алфавита признаков или кластеризация обучающей выборки, фактически приводящая к увеличению числа распознаваемых классов, или то и другое одновременно.

Классическому структурному подходу, используемому обычно для распознавания изображений, соответствуют эталонные описания, строящиеся в терминах структурных частей объектов и пространственных отношений между ними. Структурные элементы выделяются, как правило, на контуре или “скелете” объекта. Чаще всего, структурное описание может быть представлено графом, с вершинами, соответствующими структурным элементам и ребрами, соответствующими отношениям между структурными элементами. Обычно при распознавании строится структурное описание входного объекта. Затем это описание последовательно сопоставляется со всеми структурными эталонами, например, ищется изоморфизм графов.

Растровый и структурный методы иногда сводят к признаковому подходу, рассматривая в первом случае в качестве признаков точки изображения, а во втором, структурные элементы и отношения между ними. Сразу заметим, что между этими методами есть очень важное принципиальное различие. Растровый метод распознавания изображений обладает свойством целостности. Структурный метод может обладать свойством целостности в случае построения полных целостных структурных описаний. Признаковый метод свойством целостности не обладает.

Что такое целостность, и какую роль она играет при восприятии. Рассмотрим это на примере распознавания изображений. Признаковое распознавание не зрительных объектов по своей сути ничем от распознавания изображений не отличается.

Классическое распознавание образов обычно организуется как последовательный процесс, разворачивающийся снизу-вверх (от изображения к распознаванию) при отсутствии управления восприятием с верхних понятийных уровней. Этапу распознавания предшествует этап получения априорного описания входного объекта. Операции выделения элементов этого описания, например, признаков или структурных элементов, выполняются на изображении локально, части изображения получают независимую интерпретацию, то есть отсутствует целостное восприятие, что, в общем случае, может приводить к ошибкам – рассматриваемый изолированно фрагмент изображения часто можно интерпретировать совершенно по-разному в зависимости от гипотезы восприятия, т.е. от того, какой целостный объект предполагается увидеть.

Во-вторых, традиционные подходы ориентированы на распознавание (классификацию) объектов, рассматриваемых по отдельности. Этапу собственно распознавания должен предшествовать этап сегментации (разбиения) изображения на части, соответствующие изображениям отдельных распознаваемых объектов. Методы априорной сегментации обычно используют специфические свойства входного изображения. Общего



решения задачи предварительной сегментации не существует. За исключением самых простых случаев, критерий разделения чаще всего не может быть сформулирован в терминах локальных свойств самого изображения, т.е. до его распознавания.

Практическое решение этой проблемы часто основывается на переборе вариантов сегментации, что совершенно не похоже на то, что делает мозг человека или животного в процессе целостного целенаправленного восприятия. Вспомним слова Сеченова – мы не слышим и видим, а слушаем и смотрим, т.е. восприятие управляется с понятийного уровня. Для такого активного восприятия “с пониманием” необходимы целостные представления объектов всех уровней – от отдельных частей до полных сцен и интерпретация частей только в составе целого.

Таким образом, недостатки большинства традиционных подходов распознавания и, в первую очередь, признакового подхода, вытекают из отсутствия целостности восприятия, отсутствия целенаправленности и из последовательной однонаправленной организации процесса снизу-вверх, или от изображения к распознаванию. Эти вопросы мы еще затронем в дальнейшем, в том числе и тогда, когда будем рассматривать проблему перцептивного мышления.

### **3.3. Формальные нейронные сети**

Распознавание возможно также с использованием окутанных чуть ли не мистическим туманом искусственных или формальных распознающих нейронных сетей (ФРНС). Иногда их рассматривают даже как какой-то аналог мозга. В последнее время в текстах просто пишут “нейронные сети”, опуская прилагательные искусственный или формальный. На самом деле, ФРНС – это чаще всего либо просто признаковый классификатор, строящий разделяющие гиперплоскости в пространстве признаков, либо растровый распознаватель, реализующий поточечное сопоставление распознаваемого объекта с эталонами.

Использовавшийся в признаковых распознавателях классический формальный нейрон – это сумматор с пороговым элементом, подсчитывающий сумму произведений значений признаков на некоторые коэффициенты, являющиеся не чем иным, как коэффициентами уравнения разделяющей гиперплоскости в пространстве признаков. Если сумма меньше порога, то вектор признаков находится по одну сторону от разделяющей плоскости, если больше – по другую. Вот и все. Кроме построения разделяющих гиперплоскостей и классификации по признакам никаких чудес.

Введение в формальном нейроне вместо порогового скачка от -1 к 1 плавного (дифференцируемого), чаще всего сигма-образного, перехода ничего принципиально не меняет, а лишь позволяет использовать градиентные алгоритмы обучения сети, то есть нахождения коэффициентов в уравнениях разделяющих плоскостей, и делать “размазывание” разделяющей границы, присваивая результату распознавания, то есть работе формального нейрона вблизи границы, оценку, например, в диапазоне от 0 до 1. Эта оценка, в определенной степени может отражать “уверенность нейрона” в отнесении входного вектора к той или иной из областей пространства признаков. В то же время, эта оценка, строго говоря, не является ни вероятностью, ни расстоянием до разделяющей гиперплоскости.

Сеть из формальных нейронов может также аппроксимировать плоскостями нелинейные разделяющие поверхности и объединять по результату несвязанные области пространства признаков. Это и делается в многослойных сетях.

Во всех случаях признаковая ФРНС – это классификатор, строящий разделяющие гиперплоскости и выделяющий области в фиксированном пространстве признаков (характеристик). Никаких других задач признаковая сеть решать не может, причем задачу распознавания такая сеть решает не лучше обычных признаковых распознавателей, использующих аналитические методы.

Кроме того, как уже отмечалось, помимо признаков распознавателей на формальных нейронах могут строиться растровые или ансамблевые распознаватели. Идеологически такие системы восходят к модели Хебба [26] и к некоторым вариантам классического перцептрона Розенблатта [14]. В растровых распознавателях в нейронной сети выделяются подмножества нейронов (ансамбли), соответствующие разным распознаваемым объектам. При этом сохраняются все отмеченные недостатки растровых распознавателей. Построение обобщений в таких системах затруднено. В этом отношении растровые распознаватели значительно хуже признаковых. Правда, у растровых могут быть и некоторые преимущества по сравнению с признаковыми распознавателями. Главные преимущества это, во-первых, возможность распознавания объекта по его части, т.е. ассоциации по сходству, и во-вторых, принципиальная возможность реализации ассоциаций по времени.

Нейрокомпьютерами обычно называют либо просто нейронный распознаватель, либо специальные системы, решающие задачи, близкие распознаванию образов и фактически использующие распознавание на основе построения разделяющих гиперплоскостей в пространстве признаков, либо на основе сравнения раstra с эталоном. Существуют (описываются) и совсем другие специфические нейрокомпьютеры, например виртуальный нейрокомпьютер 'эмбрион' В.Д.Цыганкова. Однако, специальные нейрокомпьютеры это особые изобретения, которые выпадают из общего ряда формальных нейросетей и в этой книге рассматриваться не будут.

Обучение в формальных нейронных сетях основывается на изменении весов связей между нейронами. При обучении каждому объекту на входе системы, например, вектору признаков, ставится в соответствие задаваемый учителем требуемый результат, который может также иметь много параметров. Обучение, т.е. получение на выходе требуемого результата, проводится итерационным методом изменения весов связей между нейронами, а иногда и каких-то других параметров, с использованием какого-либо градиентного алгоритма.

Выше уже отмечалось, что для моделирования мышления очень важно, а, может быть, и необходимо, понять, как работают нейронные механизмы живого мозга. В связи с этим возникает вопрос: а не являются ли формальные распознающие нейронные сети если и не решением проблемы моделирования нейронных механизмов мозга, то хотя бы важным шагом в этом направлении. Представляется, что, к сожалению, ответ должен быть отрицательным. В отличие от активной живой нейронной сети обычная формальная распознающая нейронная сеть это пассивный признаковый или растровый классификатор со всеми недостатками традиционных классификаторов.

Итак, традиционные в первую очередь признаковые системы распознавания основываются на последовательной организации процесса распознавания и классификации объектов, рассматриваемых по отдельности. Обязательными этапами процесса распознавания в этих системах является априорная сегментация (выделение отдельных объектов) и априорное означивание (выделение признаков). Эффективно решать задачи восприятия сложной информации эти системы не могут вне зависимости от того, реализуются ли они на формальных нейронных сетях или с помощью методов теории распознавания образов.

Это происходит, главным образом, по причине отсутствия целостности и целенаправленности восприятия, отсутствия целостности в описаниях (эталонах)

распознаваемых объектов и вследствие односторонней "снизу-вверх" последовательной организации процесса распознавания. По этой же причине такие системы распознавания образов мало что дают для понимания живого восприятия и, тем более, процесса мышления. На этом мы еще остановимся в главе 4.

Более подробно эти вопросы рассматриваются в [21,22]. Там же описывается программная система чтения рукописных символов, основывающаяся на принципах

целостности, целенаправленности, использовании полных структурно-метрических эталонных описаниях, использовании контекста и организации процесса в виде выдвижения и проверки гипотез.

### 3.4. Синергетика

Относительно новое научное направление синергетика не занимается аналитическим описанием ни образующей, ни сохраняющей организации систем (объектов). Синергетика использует аппарат нелинейной динамики для описания переходных процессов, т.е. изменений в многоэлементных неравновесных мультистабильных системах, теряющих устойчивость при внешних воздействиях (в частности при подводе энергии) и попадающих в результате происходящих изменений в новое стабильное равновесное или неравновесное состояние.

Процесс перехода в новое состояние определяется градиентом действующих сил, а также сочетанием внешних и внутренних случайных факторов. В некоторых случаях важную роль играет формально не объясняемое взаимодействие элементов системы (синергия).

Такой процесс характерен для теряющих устойчивость пассивных неживых систем. Активные живые системы постоянно находятся в состоянии неравновесия. Теряя устойчивость и начиная движение к состоянию равновесия, они за счет внутренней и внешней работы возвращаются в состояние неравновесия. Переход от неравновесия к равновесию или к принципиально новому неравновесному состоянию в каких-то фазах существования и развития живого также существует. Однако, как уже много раз выше говорилось, представляется, что главное, как в поведении живых организмов, так и в работе мозга, это активное целенаправленное поддержание неравновесия, причем не за счет внешних сил, а за счет собственных структурных сил, за счет собственной внутренней и внешней работы.

Можно сказать, что средства и методы синергетики адекватны описанию изменений в теряющих равновесие пассивных системах. Поведение, а, следовательно, и изменения в активных целенаправленных неравновесных системах этими средствами, скорее всего, не описываются.

Математические модели нелинейной динамики описывают изменения в сложных динамических системах, то есть в многоэлементных системах, характеристики которых выражаются многими изменяющимися во времени и в пространстве переменными. В первую очередь это относится к системам так называемой “организованной сложности” (термин У.Уивера [26]), т.е. к системам, которые имеют большое число сильно связанных переменных. Сильные связи это взаимодействие. Аналитическое выражение этих связей между элементами системы чаще всего затруднено, или невозможно.

К взаимодействию или взаимодействию относится термин синергия. При этом нужно понимать, что синергетика и синергия это не одно и то же. Несмотря на этимологию предложенного Г.Хакеном [18] термина, идею синергии, т.е. взаимодействия или взаимодействия в синергетике обычно констатируют, но в конструктивном плане чаще всего не рассматривают, либо отодвигают на второй план, ограничиваясь при описании переходных процессов выделением параметра порядка и принципом подчинения.

Иногда говорят, что аппарат и идеи синергетики адекватны проблемам описания работы мозга в процессе мышления. Думаю, что это не так. Главные решаемые мозгом задачи это построение активной иерархической модели среды с иерархиями двух видов: общее-частное и часть-целое, и использование этой модели для активного управляемого с понятийного уровня восприятия, а также для быстрого решения многопереборных многоэкстремальных задач поведения за счет сведения этих задач к малопереборным одноэкстремальным. Последнее позволяет решать эти задачи на основе локальных эмоциональных оценок. И восприятие, и поведение активны. В поведении решается оптимизационная задача управления по критерию  $\max T$ .

Представляется, что механизмы решения этих задач основаны на работе синергических взаимодействующих активных неустойчивых элементов мозга - нейронов. В частности, на этом уровне в мозге с необходимостью должны реализовываться сознание, активность, воля, предвидение, умозрительное моделирование, управляемый перебор и сравнение, эмоциональные оценки и другие функции, эволюционно предназначенные в первую очередь для решения задач восприятия и целенаправленного поведения. Эти функции участвуют и в решении абстрактных, в том числе и творческих задач.

Все это (как впрочем, и многое другое, относящееся к мышлению) ни на уровне математических моделей ни с помощью поэлементного (нейронного) компьютерного моделирования пока еще реализовать не удастся. Все это в целом аппаратом нелинейной динамики также не описывается. Поэтому встречающееся иногда приписывание синергетике роли теории всего, подходящей для описания как не живых, так и живых систем, и в частности работы мозга, не выглядят обоснованными.

Идея общности законов организации и управления в живых и не живых объектах может быть полезна на каком-то уровне рассмотрения, но может оказаться отвлекающей и даже мешающей. Так уже было во времена становления кибернетики, которая так и не стала наукой. Это полезно иметь в виду и при проведении теоретических работ в рамках синергетического подхода. При исследовании и моделировании мышления гораздо более продуктивна идея поиска отличий живого от не живого.

В то же время нужно отметить, что социальная организация и принципы ее развития на каком-то уровне рассмотрения могут подчиняться законам, сходным с теми, которым подчиняется организация, принципы функционирования и развития живых систем. По сходным принципам могут строиться и оптимально управляться и некоторые искусственно создаваемые неравновесные экономические, производственные и другие системы “организованной сложности”. Во всех подобных случаях может оказаться полезным перенос каких-то представлений от живого к не живому, но не наоборот, от не живого к пониманию живого.

### **3.5. Актуальность проблемы “риск создания машинного интеллекта”.**

Сейчас в прессе и научно-популярных статьях часто обсуждается проблема глобальных рисков, с которыми может столкнуться человечество. Одним из этих рисков называется искусственный интеллект. Предполагается, что “Большой искусственный интеллект” превзойдет по своему уровню интеллект естественный и сможет сам себя улучшать. Прогнозируются довольно близкие сроки. Например, 2030 год, но не дальше 2050 года. Все предположения о близких сроках строятся со ссылкой на успехи и производные развития алгоритмического (программного) искусственного интеллекта, распознавания образов и формальных нейронных сетей.

Обсуждается, каким будет искусственный интеллект по отношению к человеку – дружественным или не дружественным. В частности, предполагается, что машины с таким интеллектом могут вступить в конкуренцию и борьбу с человечеством. Предполагается, что результат борьбы “Большого искусственного интеллекта” с человеком может быть не в пользу человека.

Существует международное общественное “Трансгуманитарное движение”, одной из главных целей которого является подготовка к появлению Большого искусственного интеллекта и призыв к принятию мер, направленных на то, чтобы машинный интеллект был дружественным.

Эти проблемы многим представляются весьма актуальными. Особенно на фоне интенсивно развивающихся информационных и коммуникативных технологий, которые часто, особенно на бытовом уровне, путаются с технологиями искусственного интеллекта. Однако, полагаю, что можно всех успокоить. Обсуждаемая проблема не актуальна.

Алгоритмический программный Искусственный интеллект сам по себе не будет ни дружественным, ни недружественным. Он будет пассивным. Таким же пассивным, как компьютерная шахматная программа, выигрывающая у чемпиона мира, но не осознающая это и не стремящаяся к этому. Разрозненные результаты, получаемые в направлении работ, называемом “Искусственный интеллект”, активного мышления не образуют и к полноценному машинному мышлению не ведут. То же самое относится и к результатам таких направлений исследований, как распознавание образов и формальные распознающие нейронные сети.

Не случайно в названиях некоторых популярных книг и статей при оценке существующих результатов искусственного интеллекта появляются такие слова, как: “голый король”, “король умер”, “новый ум короля”. Таким образом, еще раз повторим, что проблема “риск создания машинного мышления” не актуальна. Никаких конструктивных наметок создания Большого алгоритмического искусственного интеллекта в настоящее время не существует. То же самое относится и к созданию искусственного интеллекта на базе формальных нейронных сетей.

Станет ли эта проблема актуальной в будущем? Нет, не станет. Системы, которые могли бы соперничать и бороться с людьми, должны были бы обладать потребностями, мотивациями, волей, активностью и эмоциональным механизмом управления поведением. Они должны были бы обладать и сознанием, т.е. осознанием себя как индивида или личности во взаимодействии со средой. Кроме того, эти системы должны обладать возможностью какого-то поведения, т.е. эффекторами. Кроме того, эти системы должны соперничать с людьми за какой-то ограниченный ресурс. То есть с жизнью на земле могла бы соперничать только какая-то другая жизнь.

Таким образом, можно обсуждать не надуманную проблему риска создания Большого искусственного интеллекта, а проблему риска искусственного создания альтернативной небелковой жизни. Правда, никаких конструктивных предпосылок для искусственного создания альтернативной жизни нет. В то же время, непонятно кому и зачем понадобится создавать альтернативную жизнь.

Следует отметить, что существует движение 2045. В рамках этого движения ставится цель создания альтернативной жизни - бессмертного “существа” с искусственным неорганическим телом и искусственным интеллектом. Это не обладающее физиологическими потребностями “существо” должно заменить смертного человека.

Планируемые конкретные работы не содержат ничего, что могло бы их принципиально отличить от давно ведущихся работ по созданию роботов, киборгов и моделированию мышления. При этом можно отметить, что ни разработка роботов, ни разработка так называемых киборгов, ни каких-либо других подобного рода систем на неорганической основе никакого отношения к созданию альтернативной жизни не имеет.

Неживые системы находятся в состоянии равновесия со средой, либо в движении к равновесию. (Искусственно поддерживаемое неравновесие в пассивных диссипативных самоорганизующихся системах это отдельный вопрос, который рассматривался в гл.2). Живые самоорганизующиеся системы находятся в состоянии активно поддерживаемого неравновесия, т.е. в состоянии непрерывной борьбы со смертью. Равновесие это смерть. Повидимому, именно эта особенность живых систем является основой таких уже отмечавшихся “виталистических” свойств живого, как активность, целенаправленность, сознание, воля, эмоции.

Роботу, даже имеющему какой-то интеллект, киборгу или иной искусственной системе для сохранения своего существования, в отличие от живого организма, не нужна постоянная активная самоорганизация, т.е. выполнение внутренней, и внешней работы по поддержанию своего термодинамически неравновесного состояния [2]. Такое “существо” живым не будет, а, следовательно, не будет иметь не только потребностей, но и целей, мотиваций, желаний, активности и эмоций. Не будет оно обладать и сознанием.

Таким образом, планируемые в рамках движения 2045 конкретные работы ничем не отличаются от уже давно ведущихся работ по созданию роботов, киборгов и искусственного интеллекта со всеми проблемами и недостатками этих работ. Альтернативной жизни на этой основе построить нельзя. В то же время, точка технологической сингулярности, связываемая с созданием искусственного интеллекта, в обозримом будущем не предвидится. Финальные цели движения 2045, научного обоснования не имеют.

Алгоритмический искусственный интеллект, распознавание образов и формальные нейронные сети не исчерпывают всех возможных направлений и подходов к пониманию и моделированию мышления. Возможны и другие подходы, основывающиеся на поиске ответов на вопросы о сущности и особенностях живого мышления. Возникающие при этом проблемы рассматриваются в следующей главе.

## **Глава 4. Перспективы моделирования мышления**

Мышление это сложный многоплановый процесс. Для того чтобы оценить возможность и перспективы искусственного, и в первую очередь компьютерного, создания мышления, полезно рассмотреть разные виды мышления. Можно выделить такие основные виды мышления: перцептивное, т.е. мышление в процессе восприятия; когнитивное, т.е. мышление в процессе обучения; практическое или поведенческое, формально-логическое, понятийное, образное, творческое. Возможны и другие классификации.

Содержание и общие схемы приведенных видов мышления рассмотрены в [21,22]. Ниже кратко рассматривается специфика перцептивного, когнитивного, поведенческого и творческого мышления.

### **4.1. Общие схемы видов мышления**

#### **4.1.1. Перцептивное мышление**

Специфические процессы, связанные с восприятием среды будем называть перцептивным мышлением. Основная информация о среде поступает в мозг посредством зрения. Восприятие, обеспечиваемое другими органами чувств – слухом, осязанием, обонянием имеет свою специфику. В дальнейшем мы будем ориентироваться, в первую очередь, на зрительное восприятие, хотя основные принципы с определенной коррекцией распространяются и на другие сенсорные модальности. Задача зрительного восприятия довольно подробно рассматривалась в [21,22]. Ниже кратко затрагиваются только основные моменты, относящиеся к организации процесса и необходимой структуре модели среды.

Восприятие окружающей среды на основе модели проблемной среды служит для организации зачастую очень сложного поведения в среде. Обычно считается, что в нейронной модели среды смысловым элементам, т.е. конкретным объектам, ситуациям или действиям, соответствуют нейронные ансамбли разных уровней иерархии. Акт восприятия может рассматриваться как актуализация какого-то фрагмента модели среды. Подобная актуализация может быть и умозрительной (воображение) или актуализацией во сне. Восприятие является целостным. Ситуация не разрывается на отдельные объекты, а воспринимается целиком, со всеми входящими в ситуацию объектами, находящимися в каких-то пространственных и других отношениях.

Выделение в восприятии отдельных объектов происходит при поведенческой необходимости за счет направленной концентрации внимания, управляемой пока еще не вполне определенным уровнем воли или сознания. Принцип целостности восприятия распространяется не только на восприятие ситуаций любого уровня укрупнения или

детализации, но и на представление в модели среды и узнавание отдельных конкретных объектов.

Таким образом, информационная модель проблемной среды включает иерархию целостных представлений. При распознавании объектов восприятия любого уровня укрупнения принцип целостности состоит в интерпретации любых распознаваемых объектов в составе более крупных целостных образований - конструкций, отображающих те взаимосвязи из внешней (поведенческой) задачи, в которых участвуют распознаваемые объекты. Эти взаимосвязи образуют внешний контекст интерпретации.

При восприятии изображений использование внешнего контекста интерпретации позволяет не только правильно выделять и воспринимать те части изображения, которые допускают при их отдельном восприятии неоднозначную интерпретацию, но и повысить надежность восприятия всех объектов, задействованных в той или иной семантической конструкции на всех уровнях укрупнения информационной модели, за счет их целенаправленной и совместной интерпретации. То же самое относится и к восприятию других сенсорных модальностей.

В общем плане, целостность информационной модели дает возможность не только правильно интерпретировать части в составе целого и во взаимодействии между собой, но и осуществлять активный целенаправленный процесс поиска и выделения информации, необходимой как для интерпретации объектов восприятия всех уровней укрупнения, так и для использования во внешней по отношению к восприятию задаче поведения. Еще одной особенностью задачи восприятия является необходимое предвидение ситуаций по модели среды и формирование на этой основе гипотез восприятия.

Из сказанного уже очевидно, что живое восприятие и классическое машинное распознавание образов это далеко не одно и то же. Как уже отмечалось, при обычном распознавании, например зрительных образов, на вход распознающей системы поступает не изображение целостной ситуации, а каким-то образом выделенное изображение отдельного объекта или его какие-то признаки. Распознающая система должна по признакам объекта определить, к какому из известных классов относится данное изображение. Такое распознавание это не целостное восприятие среды, и даже не целостное восприятие отдельных объектов, а классификация по признакам объектов, рассматриваемых по отдельности.

Тем не менее, во многих работах, говоря о моделировании или о каком-то приблизительном описании мышления, зачастую ограничиваются ссылками на распознавание образов, полагая, что это почти одно и то же. Это не так. Классическое распознавание образов это не только не мышление, но и не восприятие среды. В свою очередь, восприятие среды это не мышление в каком-то более или менее полном объеме, а лишь специфическая очень сложная и очень интересная его часть, проливающая, тем не менее, свет на структуру модели проблемной среды и некоторые важнейшие принципы организации работы механизмов мозга.

Итак, процесс перцептивного мышления связан с восприятием, осознанием и пониманием реальной ситуации в среде. Перцептивное мышление это актуализация в мозге и вывод на уровень сознания части модели среды, включающей реально воспринимаемый органами чувств фрагмент среды. Возникающая при этом в сознании часть среды может выходить за пределы непосредственно воспринимаемого фрагмента, как в пространстве, так и во времени. Кроме того, к перцептивному мышлению относятся процессы умозрительного перцептивного конструирования воображаемых объектов и ситуаций. Поясним это на следующем примере.

Предположим, вы работаете на компьютере, смотрите на экран и видите появляющиеся на нем символы, слова и фразы. Вы видите монитор, клавиатуру, иногда мышку и поверхность стола. Периферическим зрением менее четко вы видите и другие, находящиеся на столе предметы, например книгу и телефон. При желании вы можете переключить внимание и вывести на уровень сознания с любой необходимой и доступной степенью

детализации любой из этих предметов. Не глядя в окно, вы представляете, что там находится, но это представление является уже обобщенным и не таким точным и детальным. Вы представляете, что находится за спиной. Вы слышите звуки, например, разговор находящихся в комнате других людей и, может быть, реплики или обращенные к вам вопросы. Вы ощущаете свое тело само по себе и во взаимодействии с объектами среды, например, со столом и со стулом. Вы можете представить себе не только ситуацию, которая будет через какое-то время, но и ситуацию, которая была как в недалеком, так, может быть, и в далеком в прошлом.

Описанный пример относится к актуализации фрагментов перцептивной части модели среды. Эти фрагменты могут включать как конкретные объекты и ситуации, так и представления разной степени обобщения и укрупнения. Кроме того, вы можете себе представить не только то, что в явном виде отображено в вашей модели проблемной среды. В вашем умозрительном представлении могут возникать объекты и ситуации недоступные прямому восприятию. Вы можете себе представить и то, что вы никогда не видели и никогда не увидите, например, избушку на курьих ножках, либо другие физически невозможные объекты и ситуации. Представления такого рода можно назвать умозрительным перцептивным конструированием.

Умозрительное моделирование и умозрительное конструирование объединяет с процессами непосредственного реального восприятия то, что все они являются принципиально отображаемыми, хотя бы только в воображении, перцептивными представлениями. Таким образом, перцептивное мышление включает как узнавание отдельных объектов так и целостное многомодальное восприятие окружающей среды. но не ограничено только этим.

Восприятие и умозрительное моделирование среды в процессе перцептивного мышления основывается на принципах целостности, целенаправленности и активности. Разворачиваются и взаимодействуют процессы “снизу-вверх” и ”сверху-вниз” в иерархически организованной модели проблемной среды, отражающей двусторонние связи между частным и общим, а также между частями и целым. Происходит управление процессом восприятия с понятийного уровня. Восприятие в значительной степени основывается на предвидении – “акцептор восприятия”. Используется контекст и максимально полная семантическая модель проблемной среды.

Формализация и моделирование всего этого представляет собой проблему, пока еще очень далекую от решения. Некоторые из отмеченных свойств живого восприятия отчасти реализуются в системах Графит и FineReader – рукопись [21].

#### **4.1.2. Когнитивное (познавательное) мышление**

Когнитивное мышление это мышление в процессе обучения, т.е. формирования в мозге модели среды. Назначение модели среды состоит в управлении восприятием и в управлении поведением. Как уже отмечалось, распространено представление о том, что в нейронной модели среды смысловым элементом, т.е. конкретным объектам, ситуациям или действиям, соответствуют нейронные ансамбли разных уровней иерархии. Построение в нервной системе отображения среды начинается с формирования в ней простых конкретных чувственных образов объектов, ситуаций и действий. Далее в модели среды строятся простые причинно-следственные связи между отражаемыми в ней объектами на основе непосредственных парных сочетаний во времени - временных ассоциаций.

Конкретные чувственные образы и простые связи между ними формируются при отображении среды в нервной системе животных. У человека образное отображение среды формируется в правом полушарии головного мозга. Более сложное понятийное

словесно-логическое отображение формируется в левом полушарии. Образная и понятийная модели функционально и структурно разделены, но работают как единое целое, взаимно дополняя друг друга.



Как уже отмечалось, отображение среды в мозге человека, является многоуровневым и иерархическим. Построение иерархической многоуровневой системы представления объектов, ситуаций, действий и процессов происходит одновременно как по линии формирования укрупнений (часть-целое), так и по линии формирования обобщений (частное-общее). Формирование в модели отображения среды, включающего понятия высокого уровня укрупнения, обобщения и абстракции невозможно без вербализации, т.е. языка.

В многоуровневой нейронной модели среды происходит активация смысловых элементов (нейронных ансамблей) по вертикали – снизу вверх, т.е. от частного к общему или индукция, и от частей к целому или синтез. Происходят и встречные возбуждения сверху вниз, т.е. от общего к частному или дедукция, и от целого к частям или анализ. Кроме того, происходят и горизонтальные возбуждения в пределах одного уровня. Такие возбуждения отражают в первую очередь причинно-следственные связи и ассоциации.

Когнитивное мышление во многом опирается на наглядно-образное конструирование (воображение), а также и на наглядно-действенное конструирование. При наглядно-образном конструировании в воображении представляются объекты, в том числе могут устанавливаться непривычные или невероятные сочетания предметов и их свойств. Эти представления играют роль гипотез, требующих проверки.

Гипотезы возникают не случайно, а активно и целенаправленно. Они создаются в зависимости от поведенческих потребностей, которые формируют очаги возбуждения и необходимый информационный срез. Гипотезы инициируются текущим восприятием, ассоциациями по сходству и аналогиями.

При наглядно - действенном конструировании происходит реальное целенаправленное физическое преобразование ситуации и опробывание свойств новых объектов и их сочетаний. Все сказанное может относиться не только к реальной воспринимаемой или отображаемой среде, но и к формальным и абстрактным, например, математическим объектам.

Как уже говорилось, основная часть модели среды строится на основе личного опыта индивида. Что заставляет животное или человека активно и целенаправленно получать из среды информацию, т.е. проводить эксперимент, выявлять причинно-следственные связи и структурировать эту информацию, т.е. обобщать, укрупнять и привязывать к уже существующей? Часто говорят, что получение информации это генетически заданная потребность. Это не точно.

У живого организма имеется потребность не в получении информации вообще, а в построении модели проблемной среды, при этом строятся информационные срезы, определяемые его первичными и вторичными потребностями. Живой организм направлен и активно входит во взаимодействие со средой для удовлетворения всех своих потребностей, в том числе и для удовлетворения потребности в построении и дополнении модели среды.

Итак, познание среды активно и целенаправленно. Состоит оно в формировании как конкретных, так и укрупненных и обобщенных представлений объектов среды, а также в определении причинно-следственных связей, формировании гипотез о свойствах исследуемых объектов и в получении информации, необходимой для их проверки. Познание активно еще и потому, что оно непосредственно направлено на гашение очагов возбуждения и оптимизацию функционального состояния нейронной сети. В конечном счете, этот процесс приводит к формированию в мозге целостной

модели среды. Можно добавить еще что активный целенаправленный процесс познания имеет много общих черт с процессом активного целенаправленного восприятия.

В процессе когнитивного мышления, т.е. познания в модели среды возникает информация, которая не полна и субъективна. Информация не полна, поскольку она относится лишь к конкретным информационным срезам, определяемым потребностями организма. Информация субъективна, поскольку она становится частью существующей модели среды, интерпретируется и используется в составе этой целостной модели.

Строящаяся в мозге модель среды это особый вид информации. В иерархической многоуровневой модели есть большое число сильно связанных элементов. Эти связи определяют взаимодействие информационных элементов как по вертикали, т.е. между уровнями иерархии, так и по горизонтали внутри уровней.

Модель активна. У нее есть внутренняя потребность в гашении очагов возбуждения и нормализации своего функционального состояния [21,22]. Удовлетворение этой потребности должно приводить к работе, выражающейся в обучении, восприятии и управлении поведением. (Об этом еще будет говориться в дальнейшем).

Формально задать или достаточно точно и конструктивно описать работу активной информационной модели, аналогичной той, которая работает в мозге, то есть, свести ее к математическому или хотя бы к точному вербальному описанию, к сожалению, нельзя. Существует мнение, что если нет математики, значит, нет и теории. Если это так, то построить полную целостную конструктивную теорию процесса мышления, скорее всего, невозможно. Однако, есть и другая точка зрения, которую мы приведем позднее.

#### **4.1.3. Практическое (поведенческое) мышление.**

Нужно отметить, что строящаяся в мозге модель проблемной среды должна обеспечивать как сложное, так и простое рефлекторное поведение. Однако, схема стимул-реакция не пригодна для решения задачи сложного поведения. Поведение не ограничивается ответными реакциями на внешние стимулы и не преследует традиционно рассматриваемой цели “уравновешивания со средой”.

Живая система должна непрерывно поддерживать свое неравновесие выполняя внутреннюю и внешнюю работу. Внешняя работа это поведение, поставляющее материал, необходимый для внутренней работы. Внешняя работа тратит структурную энергию, создаваемую внутренней работой. Внутренняя работа восстанавливает структурную энергию (термодинамический потенциал [2]), тратя материал, поставляемый внешней работой.

Основная постоянная и непрерывная задача поведения – это внешняя работа, направленная на удовлетворение первичных и вторичных потребностей. Эта задача уже описывалась выше. Формальная постановка и решение упрощенной задачи поведения подробно рассматриваются в [21]. Коротко выделим главное. Для удовлетворения потребностей необходимо достижение целевых ситуаций в среде. Потребности удовлетворяются и снова растут, т.е. задача постоянна. Удовлетворение потребностей в общем случае альтернативно. Реализуемый в поведении принцип оптимальности это максимизация времени пребывания системы внутри области допустимых значений переменных – принцип  $\max T$ .

Первая принципиальная особенность большинства задач поведения состоит в их многовариантности. Потребностей много. Их число особенно увеличивается у человека за счет вторичных потребностей. Поскольку удовлетворение потребностей в общем случае альтернативно, и целевых ситуаций для каждой потребности может быть много, то это создает проблему оценки и сравнения вариантов. Принятие решения в ситуации выбора варианта поведения основывается на их сравнении по единому критерию. Этим единым критерием является эмоциональная оценка.

Другая особенность задач реального поведения это их многоэкстремальность. Часто для достижения целевой ситуации животное должно проходить промежуточные ситуации, эмоциональная оценка которых отрицательна. Так животное в процессе свободного поведения для достижения целевой ситуации может расходовать энергию, преодолевать препятствия и сопротивление, вступая при этом в борьбу и т.п. Именно многоэкстремальность многих задач поведения животных лежит в основе эволюционного создания механизма практического (поведенческого) мышления на основе многоуровневого иерархического представления информации о среде (модели среды).

Ввиду многоэкстремальности многих задач поведения их глобальное решение, т.е. планирование перехода от текущей ситуации к целевой на уровне конкретных действий может быть практически нереализуемо. При отсутствии дополнительной информации гарантированное решение многоэкстремальной задачи достигается полным перебором. Однако, когда задача одноэкстремальна, она может быть решена с применением локального алгоритма, при котором не нужно полное сравнение всех вариантов до конечной целевой ситуации, а ограниченным перебором определяется лишь наилучший одношаговый переход в каждом узле дерева траекторий, то есть движение может осуществляться по градиенту целевой функции.

Из практической невозможности решать многоэкстремальные задачи поведения полным перебором на уровне элементарных действий возникает необходимость сведения многопереборных многоэкстремальных задач к малопереборным одноэкстремальным, дающая возможность пользоваться локальным градиентным правилом принятия решения в ситуации выбора. Эта необходимость наряду с необходимостью дистанционного восприятия среды, а также с необходимостью оперативного предвидения и явились основными причинами эволюционного развития мышления.

Мозг решает многоэкстремальные задачи поведения за счет использования построенной при обучении многоуровневой иерархической модели проблемной среды.

Иерархии в модели формируются по двум линиям: часть – целое (укрупнение) и частное – общее (обобщение). По этой модели с использованием уровней укрупнения в процессе мышления ищутся эмоционально оцениваются и сравниваются укрупненные варианты *одношаговых переходов* между текущей и целевой ситуациями. При достижении целевых ситуаций за один шаг многоэкстремальность возникнуть не может.

В свете сказанного рассмотрим гипотетический процесс практического (поведенческого) мышления на типичном примере планирования и управления поведением в многоэкстремальной среде. В психологии термин практическое мышление чаще всего относят к процессу постановки целей поведения, выработки планов действий и управлению реализацией планов. Для определенной привязки к гипотетическим механизмам мышления будем считать практическим (поведенческим) мышлением поиск и выбор лучшего по эмоциональной оценке пути, соединяющего в модели проблемной среды смысловые элементы, соответствующие текущей и целевой ситуациям. Эта же схема подходит для описания, постановки и решения формальной задачи, не связанной с реальным поведением в среде.

Итак, свести многоэкстремальную задачу к одноэкстремальной можно перейдя на новый информационный уровень модели проблемной среды. Этот новый информационный уровень всегда должен быть уровнем обобщения и укрупнения. Однако, просто перейти на более высокий уровень укрупнения недостаточно. Нужно перейти на такой уровень, где возможны *одношаговые* переходы между текущей и целевой ситуациями.

Рассмотрим пример, взятый из [21]. Пусть я нахожусь в Москве и должен по каким-то причинам быть завтра в Петербурге. Спланировать и оценить перемещение из Москвы в Петербург на уровне элементарных действий невозможно. Поэтому я сначала по имеющейся у меня модели среды выделяю и сравниваю наиболее укрупненные одношаговые переходы. При этом происходит взаимодействие словесно-логической и образной части модели.

Приблизительно и грубо это можно представить себе следующим образом. В мозге человека модель среды имеет две части словесно - логическую (левое полушарие) и образную (правое полушарие). Эти части модели работают совместно. В словесно-логической модели отражены возможные одношаговые переходы между текущей и целевой ситуациями, например, лететь самолетом, ехать на поезде, ехать на автомашине, идти пешком. При выборе между ними идет обращение к образной модели и в сознании возникают образы, соответствующие сравниваемым вариантам, и их эмоциональная оценка.

Вариант ехать на поезде связан с возникающей из памяти одной последовательностью образов, вариант лететь на самолете – с другой. Эти образы и их

эмоциональная оценка зависят от конкретного опыта человека и у разных людей могут быть разными. Например, могут возникнуть такие конкретные эмоционально оцениваемые образы: ночной поезд, сервис в вагоне, соседи в купе, световые мелькания за окном, плохой сон и т.д. Все это в совокупности с другими субъективными оценками дает общую эмоциональную оценку рассматриваемого варианта одношагового перехода. Таким образом, варианты одношаговых переходов порождает словесно-логическая модель, а их сравнение основывается на эмоциональных оценках образной модели.

Выбрав вариант одношагового перехода – ехать в Петербург на поезде, я намечаю достижимые в один шаг последовательные подцели укрупненного, но более низкого уровня: собрать необходимые вещи, ехать на вокзал, взять билет, сесть в поезд, ехать в поезде. Эта последовательность подцелей, которые сами являются одношаговыми переходами более низкого уровня, определяется выбранным одношаговым переходом верхнего уровня.

На каждом из этих одношаговых переходов я могу сравнивать и выбирать варианты, выделять подцели и одношаговые переходы более конкретного уровня вплоть до конкретных действий, например, “встать со стула”. В рамках каждого одношагового перехода возможна цепочка действий и ситуаций более конкретного уровня, на которых происходит изменение, в том числе может происходить и ухудшение эмоциональной оценки рассматриваемой ситуации. Однако это уже не имеет решающего значения – за все “отвечает” более высокий и в первую очередь самый высокий уровень укрупнения модели среды.

На каждом уровне модели выбирается просто лучший из возможных одношаговых переходов, даже если все они имеют отрицательную эмоциональную оценку. На самом высоком уровне – уровне удовлетворения потребностей (в рассматриваемом случае потребность это быть завтра в Петербурге) выбираемый лучший одношаговый переход должен иметь положительную общую эмоциональную оценку, являющуюся совокупной оценкой пути и цели. В противном случае человек (животное, система) в данной ситуации не справляется или плохо справляется с задачей удержания регулируемых переменных внутри области допустимых значений.

Итак, целевая функция ( $\max T$ ) максимизируется на наиболее высоком одноэкстремальном уровне модели проблемной среды. Таким образом, реализуется локальный алгоритм принятия решения. При выборе решений с необходимостью делаются лишь предварительные приблизительные оценки изменения целевой функции, основанные на умозрительном моделировании и предвидении с использованием многоуровневой модели проблемной среды.

На основе сравнения одношаговых переходов и выбора лучшего из них по эмоциональной оценке в соответствии с принципом доминанты А.А.Ухтомского [17] формируется и фиксируется главная поведенческая доминанта и тормозятся остальные. Доминанта по А.Ухтомскому это стабильно сохраняющийся в коре головного мозга очаг возбуждения. От главной доминанты, т.е. очага возбуждения самого верхнего уровня обобщения и укрупнения модели проблемной среды на более низкие уровни распространяется конус или “дерево” возбуждений и формируется ассоциативно-смысловая зона преактивации.

Одновременно передается торможение на нейронные ансамбли, соответствующие альтернативным одношаговым переходам. На каждом уровне иерархической модели среды выбирается и фиксируется своя временная доминанта, соответствующая выбранному на этом уровне одношаговому переходу. Доминанта (очаг возбуждения) гасится при реальном выполнении соответствующего перехода.

Таким образом, за счет оцениваемых одношаговых переходов достигается сведение многоэкстремальных задач поведения к одноэкстремальным, что лежит в основе процесса поведенческого мышления. К этой же схеме может сводиться и процесс мышления при решении многих умозрительных конкретных и абстрактных задач.

Рассмотрим гипотетическую общую схему работы нейронных механизмов модели среды в процессе простого репродуктивного практического мышления. В психологии репродуктивным называется мышление, основанное на применении готовых знаний и умений. Практическое (поведенческое) репродуктивное мышление может быть как простым, так и творческим. Как уже говорилось, будем считать, что и текущая и целевая ситуация представляются в нейронной модели проблемной среды возбужденными нейронными ансамблями – очагами возбуждения. Путь в модели проблемной среды это последовательность переходов ситуация – действие – ситуация, также выражающаяся в последовательном возбуждении нейронных ансамблей.

На общем качественном уровне процесс поиска и сравнения вариантов пути в многоуровневой модели среды рассмотрен выше. Более конкретные представления о возможной реализации такого процесса в нейронных реальных механизмах мышления достаточно приблизительны.

Очаги возбуждения это стабильная активация соответствующих нейронных ансамблей. Формироваться и фиксироваться главные поведенческие доминанты и соответствующие им очаги возбуждения должны при выборе между постоянными первичными или вторичными потребностями в процессе решения задачи оптимизации поведения по критерию  $\max T$ .

Гаситься очаги возбуждения должны при удовлетворении потребностей, для которого необходимо либо достижение реальных целевых ситуаций в среде, либо, при постановке абстрактных задач, достижение ‘умозрительных’ целевых ситуаций в модели. Достижение целевых ситуаций в нейронной модели проблемной среды это последовательное возбуждение нейронных ансамблей, соответствующих переходам от текущей к целевой ситуации.

При поиске пути в модели проблемной среды сначала происходит выделение области поиска, а затем порождение и сравнение вариантов. Будем называть область поиска ассоциативно-смысловой зоной преактивации нейронных ансамблей. Выделение ассоциативно-смысловой области поиска субъективно и не является абсолютно жестким. Осуществляется оно фоновой возбуждающей преактивацией нейронных ансамблей, связанных с нейронными ансамблями, непосредственно возбуждаемыми поставленной задачей, т.е. с главной доминантой и соответствующим очагом возбуждения, а также с подчиненными доминантами на более низких уровнях иерархической модели среды.

“Связанные” это в данном случае означает входящие в конус или “дерево” возбуждений преактивации и связанные в модели проблемной среды по “вертикали”, т.е. по линиям часть – целое и общее-частное, либо связанные по “горизонтали”, т.е. отношениями типа причина-следствие или ассоциациями по сходству или смежности во времени. Таким образом, активируются не только ‘вертикальные’ связи между уровнями иерархии внутри зоны доминантной преактивации, но и ассоциативно-смысловые “горизонтальные” связи, идущие как от главной доминанты, так и от производных доминант на всех уровнях модели проблемной среды.

Выделение субъективной, зависящей от опыта области поиска, направленно на то, чтобы рассматривать только осмысленные варианты и уменьшить вероятность рассмотрения вариантов, не имеющих отношения к решаемой задаче. Так при планировании поездки из Москвы в Петербург вряд ли нужно рассматривать варианты, включающие подводную лодку или ракетодом.

Порождение вариантов преимущественно в выделенной ассоциативно-смысловой зоне преактивации происходит на основе случайного перебора и взаимного торможения нейронных ансамблей, соответствующих альтернативным вариантам переходов между моделируемыми ситуациями. На все нейроны поступает дополнительное случайное возбуждающее воздействие, которое складывается с идущей от зафиксированной доминанты преактивацией нейронных ансамблей в области поиска.

Можно предположить, что в мозге случайные внутренние возбуждающие воздействия (внутренний шум), поступают на нейроны коры из каких-то других отделов головного мозга, например из ретикулярной формации. Кроме того, возможны внешние, т.е. сенсорные случайные внешние воздействия.

Дополнительное случайное возбуждающее воздействие поступает на все нейронные ансамбли и не должно быть слишком большим, иначе оно “забьет” и нивелирует ассоциативно-смысловую преактивацию. Именно поэтому, мышлению, как правило, мешает сильный внешний шум.

В свете всего сказанного, будем называть простым репродуктивным практическим (поведенческим) мышлением поиск по модели проблемной среды и выбор лучшего по эмоциональной оценке пути между текущей и целевой ситуациями, т.е. выбор одношаговых переходов и последовательных переходов между ситуациями на всех уровнях иерархии модели. Это может быть выполнено при условии, что искомый путь существует в модели и лежит в зоне ассоциативно-смысловой преактивации.

Найденный и все промежуточные пути реализуются в возбуждении соответствующих смысловых элементов модели проблемной среды, т.е. в возбуждении представляющих эти элементы модели нейронных ансамблей. Все сказанное относится как к задачам управления поведением в реальной среде, так и к решению абстрактных задач.

Если простое репродуктивное поведенческое мышление характеризуется тем, что искомый путь между очагами возбуждения существует в модели среды и находится в зоне ассоциативно-смысловой преактивации, то творческий вариант репродуктивного поведенческого мышления отличается тем, что искомый путь между очагами возбуждения существует в модели среды, но находится вне зоны ассоциативно-смысловой преактивации. Это может существенно затруднять его поиск. Некоторые качественные предположения об общей схеме репродуктивного творческого мышления рассматриваются ниже.

#### **4.1.4. Творческое мышление**

Творческое мышление может быть репродуктивным и созидательным. К первому типу, т.е. репродуктивному творческому практическому мышлению будем относить случаи, когда искомый путь между очагами возбуждения в модели проблемной среды существует, но лежит вне зоны ассоциативно-смысловой преактивации. В этом случае для решения творческой задачи необходимо расширение области поиска. Типичный часто приводящийся простейший пример необходимости расширения зоны ассоциативно-смысловой преактивации это задача: построить четыре равносторонних треугольника из шести спичек, требующая для своего решения перехода от напрашивающихся представлений на плоскости к представлениям в трехмерном пространстве.

Если искомый путь в модели проблемной среды существует, но находится вне зоны прямой ассоциативно-смысловой преактивации, то выход на него, т.е. возбуждение соответствующих не преактивируемых нейронных ансамблей, затруднен и является случайным событием, вероятность которого меньше, чем вероятность возбуждения преактивируемых нейронных ансамблей.

Кроме того, в соответствии с принципом доминанты А.А.Ухтомского, от доминантных очагов возбуждения не только передаются активирующие воздействия на все ансамбли, которые имеют прямые ассоциативные и смысловые связи с доминантными, но также передается и торможение на все другие ансамбли, в том числе и на ансамбли, дающие в рассматриваемом случае решение творческой задачи. В результате возбуждение от внутреннего шума может оказаться недостаточным для активации нужных нейронных ансамблей.

Такая ситуация может порождать “зацикливание”, выражающееся в последовательном повторном возбуждении одних и тех же нейронных ансамблей,

относящихся к зоне ассоциативно-смысловой преактивации. Это часто и происходит у человека при решении трудных задач. Выход из заикливания и активация искомого нейронного ансамбля соответствует состоянию, которое в психологии называется инсайт или озарение.

Факторов, способствующих возникновению инсайта несколько. Во-первых, это может быть повышение порога возбудимости у нейронов, входящих в ансамбли зоны ассоциативно-смысловой преактивации при отдыхе. При продолжительном отдыхе и особенно во сне могут нормализоваться и выравниваться пороги возбуждения нейронов по всей сети. (Вспомните – утро вечера мудренее).

Во-вторых, это, часто случайное, получение дополнительных возбуждений на нейроны искомого ансамбля через не прямые, иногда достаточно отдаленные ассоциации, зависящие от накопленной в модели среды информации. Эти дополнительные возбуждения могут создаваться слабо возбужденными и не выходящими на уровень сознания нейронными ансамблями.

Последнее можно интерпретировать как влияние подсознания или интуицию. Интуиция делает поиск более направленным – вспомните “мне кажется, или интуиция мне подсказывает, что в этом что-то есть”. Правда, интуиция, т.е. связь между нейронными ансамблями через ансамбль, слабо возбужденный и не выходящий на уровень сознания, может оказаться и ложной.

В-третьих, таким фактором может быть случайное прямое внешнее возбуждение нужного нейронного ансамбля. Кроме того, при не прямом случайном внешнем возбуждении могут возникнуть ассоциации по сходству, по аналогии или по смежности во времени.

Таким образом, инсайт это случайное событие, вероятность которого повышается при совпадении во времени перечисленных факторов со случайным возбуждающим воздействием, поступающем от внутреннего “шума”. Результат выхода за пределы ассоциативно-смысловой зоны поиска, приводящий к решению творческой задачи, может запоминаться в модели проблемной среды путем образования новых связей между нейронными ансамблями. На этой основе новые сходные задачи могут решаться проще с использованием новой области ассоциативно-смысловых ассоциаций.

Творческому мышлению часто помогает и искусство. Искусство создает конкретные и в то же время типичные эмоционально оцениваемые образы. Одновременно могут предлагаться (зрителю, слушателю) варианты обобщения этих образов. При восприятии произведения искусства происходит процесс сотворчества, приводящий к расширению стандартных ассоциативно-смысловых связей и к построению новых обобщений. Это может происходить как в образной (в первую очередь) так и в словесно-логической частях модели среды, а также и в связях между ними.

Второй значительно более трудный вариант творческого мышления относится к случаю, когда искомый путь между проблемными ситуациями, а следовательно между очагами возбуждения в нейронной модели среды отсутствует, а в самой среде существует или может возникнуть в результате направленного преобразования среды. Этот случай можно назвать созидательным или нерепродуктивным творческим мышлением. Конкретный простой пример такого рода это ставящаяся перед обезьяной задача: достать высоко подвешенный банан, для решения которой нужно сначала представить, а затем построить вспомогательное сооружение из находящихся в помещении ящиков. (Животные, в первую очередь приматы и дельфины, могут решать не очень сложные творческие задачи).

Отсутствие пути в модели проблемной среды, если в самой среде искомые ситуации и/или переходы между ситуациями существуют, либо могут быть созданы, означает, что модель среды не полна и ее нужно достраивать. Когнитивное (познавательное) и созидательное творческое мышление трудно разделимы. Как, впрочем, и все другие условно выделяемые типы мышления. В определенном приближении можно считать, что когнитивное мышление направлено на отражение в модели и обобщение экспериментально

выявляемых причинно-следственных связей типа если-то, а созидательное творческое мышление направлено кроме того на конструирование эксперимента (в том числе и умозрительного) и на отображение в модели среды более сложных зависимостей, в том числе и в выражающихся в ответах на вопросы как и почему.

Достройка модели среды в обычном случае это отображение в ней конкретной среды в процессе ее изучения либо направленного изменения, т.е. отображение непосредственно воспринимаемых органами чувств новых объектов, ситуаций и действий. Творческий случай более сложен.

Как уже отмечалось, в процессе эволюции непрерывно происходит развитие функции сознания. Параллельно с развитием функции сознания происходит развитие функции эмоциональной оценки своего состояния и ситуаций взаимодействия со средой. По мере развития этих функций эмоционально начинают оцениваться не только реально происходящие и предвидимые ситуации, но и умозрительно конструируемые ситуации, в том числе не только отсутствующие в накопленном опыте, т.е. в модели среды, но и отсутствующие в среде.

Таким образом, при творческом мышлении второго типа, т.е. нерепродуктивном или созидательном, достройка модели среды может происходить при умозрительном перцептивном или абстрактном конструировании. В этом случае воображение поставляет требующие проверки гипотезы.

При созидательном творческом мышлении достройка модели может состоять не только в отображении конкретных или абстрактных новых объектов, ситуаций и действий, но и в построении отсутствующих связей между существующими в модели объектами, а также в построении обобщений и укрупнений и в переходах между наблюдаемыми частными явлениями и их обобщениями (индукция, дедукция) и между частями и целым (синтез, анализ).

Примером такого творческого мышления является построение научной теории. Процесс мышления всегда основывается на умозрительной работе с использованием модели среды, т.е. на воображении. Творческое мышление первого типа (репродуктивное), так же как и простое репродуктивное мышление, использует процесс, который может быть назван умозрительным моделированием. Творческое мышление второго типа (созидательное) также использует умозрительное моделирование, но кроме того и процесс, который может быть назван умозрительным конструированием.

В творческом мышлении первого типа важное значение имеет случайное возбуждение необходимых нейронных ансамблей. Точно так же случайность и инсайт участвуют и в созидательном мышлении. Однако вероятности возбуждений нужных нейронных ансамблей всегда зависят от существующих знаний, рождающих ассоциации и аналогии, проявляющиеся как явно, так и интуитивно, и от проделываемой направленной умственной работы.

Второй, созидательный вариант творческого мышления чаще всего реализуется в науке и искусстве. При этом, если наука, ориентируется, в первую очередь, на словесно-логическую понятийную модель, формируя в ней свои результаты и используя образную модель как вспомогательную, то искусство ориентируется, в первую очередь, на чувственно-образную модель, формируя в ней свои результаты и используя словесно-логическую модель как вспомогательную.

В творчестве много общего с простым мышлением. Так же как и при простом мышлении процесс запускается от очагов возбуждения. Так же ищутся существующие или строятся отсутствующие в модели проблемной среды пути между очагами возбуждения. Так же как и при простом мышлении, ведущую роль играет эмоциональная оценка сравниваемых вариантов в ситуации выбора, а также эмоции, связывающиеся, с возникновением и гашением очагов возбуждения.

Именно поэтому как художественное и научное творчество, так и просто изобретательство сопровождаются сначала “творческими мучениями”, вызываемыми



возникновением стабильных интенсивных очагов возбуждения, а затем получением положительных эмоций при их гашении. Точно так же возникновение очагов возбуждения и их гашение, сопровождаемое получением положительных эмоций, происходит при восприятии произведений искусства в процессе сотворчества зрителя, слушателя, читателя.

## **4.2. Проблемы.**

В нейрофизиологии и психологии накоплено очень много экспериментального материала, но целостной конструктивной теории мышления нет. Моделированием мышления с начала развития вычислительной техники и кибернетики в течении многих лет занимались и занимаются очень многие. Однако, реальные как теоретические, так и практические результаты, которые были бы достаточны для того, чтобы стать основой построения полной теории мышления и соответственно искусственных систем мышления, отсутствуют.

Задача не просто сложна, она помимо необходимости решения многих трудных проблем еще и весьма специфична. Для ее решения не только нужно создать общую конструктивную теорию многопланового активного мышления, но и необходимо понять, чем живое отличается от не живого. Принципиальная необходимость этого до сих пор очень часто не осознается.

Существует мнение, что теорию мышления могут и должны создать не физиологи и психологи, а представители точных наук – инженеры, физики, математики. В этом случае мышление, естественно на основе существующего, биологического знания, нужно будет изобрести, т.е. придумать и экспериментально проверить. В этом направлении многие работали и работают. Такой подход еще 50 лет назад пропагандировал и пытался реализовать Л.Б.Емельянов-Ярославский [7].

Для того, чтобы построить сравнимое с человеческим полноценное искусственное мышление, нужно получить конструктивное решение в первую очередь таких принципиальных и очень трудных проблем, как сознание, воля, активность, эмоциональные оценки, творческое мышление. Эти проблемы условно можно назвать “виталистическими”, т.е. специфичными для живых систем. Кроме того, существует еще очень много сложнее проблем “второго плана”.

Можно, например, вспомнить, что для построения полноценного искусственного мышления нужна еще и реализация полноценного языка. Эта проблема представляется на первый взгляд более решаемой, чем отмеченные выше. Уже существуют хорошие программы перевода с одного языка на другой. Например, программа Comreno. Однако перевод и использование языка как инструмента мышления вещи разные. Да и в рамках перевода разработка полноценного семантического анализа, т.е. перевода “с пониманием”, остается еще очень большой проблемой, для решения которой необходимо научиться строить и использовать понятийно-логическую модель среды.

Проблемы сознание, воля, активность, эмоции и творческое мышление не только далеки от решения, но обычно при попытках моделирования мышления даже не ставятся. Часто априорно считается, что компьютерная реализация этих специфических неалгоритмических функций невозможна. Однако, это не очевидно. Возможно или нет конструктивное решение всех этих проблем на современном уровне физического знания не известно. Возникает и второй вопрос – насколько необходима реализация всех этих функций для построения полноценного мышления. Для ответа на эти вопросы нужно иметь строгое или хотя бы качественное определение обсуждаемых сущностей. Мы еще вернемся к этим вопросам после обсуждения “виталистических” проблем с целью их хотя бы приблизительного определения

### **4.2.1.Сознание**

Часто считается, что главной является первая проблема, или ответ на вопрос - что такое сознание? Приблизительно этот ответ может быть следующим. Для своего существования живому *необходимо* специфическое взаимодействие со средой. При этом недостаточно ограничиваться автоматическими реакциями. Автоматическими химическими или механическими контактными реакциями обладают все не живые объекты. В соответствии с принципом устойчивого неравновесия Э.С.Бауэра живое должно активно и целенаправленно искать и достигать необходимые контакты, также как и избегать вредные.

Для управления этим процессом в живом должно возникнуть сознание как представление о себе, среде и пространстве. При развитии сознания к этому добавляется и представление о времени. Таким образом, на основе сознания возникает непосредственное восприятие, либо умозрительное представление среды, с одновременным представлением и эмоционально окрашенным ощущением своего Я, с его физиологическими и психическими проблемами во взаимодействии и каких-то отношениях со средой. В то же время происходит умозрительное расширение этого взаимодействия и отношений в пространстве и времени за пределы существующей непосредственно воспринимаемой органами чувств ситуации.

Представление о себе и среде возникает на основе строящейся в мозге иерархической целостной активной модели, отражающей данную нам в опыте субъективную реальность. В сознании последовательно активируются фрагменты этой целостной модели, соответствующие входящим в модель объектам и ситуациям разных уровней укрупнения, обобщения и абстракции. Смысловым элементам на всех уровнях иерархической модели среды могут соответствовать нейронные ансамбли.

Сознание в основном альтернативно. Если нет раздвоения личности или способностей, приписываемых Цезарю, то в каждый момент в сознании активируется один объект одного уровня иерархии. Естественно это может быть сложный целостный объект, состоящий из многих взаимодействующих элементов. Объектом сознания может быть не только отдельный физический объект, но также действия, ситуации и процессы. Объектами сознания могут быть и представления общего характера и разной степени абстракции, например, такие как здоровье, плохое обслуживание, интегрирование, удача.

В бодрствующем мозге постоянно идет непрерывный “поток” сознания. Этот поток может непосредственно инициироваться восприятием среды, либо быть умозрительным, основанном целиком на воображении и ассоциациях. Умозрительный поток сознания может быть свободным, либо направленным и переключаемым волей. В любом случае сознание в каждый момент как бы “высвечивает”, т.е. активирует отдельный смысловой элемент модели среды. Таким смысловым элементом может быть и собственное Я.

Приведенные представления приблизительны и не дают точных ответов на все возникающие вопросы. Итак, что такое сознание? Насколько необходимы и достаточны приведенные приблизительные представления о сознании для разработки подходов к построению его конструктивной теории? Является ли сознание необходимым свойством человеческого мышления? Возможно ли моделирование сознания? Если возникающему в сознании образу соответствует активация фрагмента модели среды, а следовательно и возбуждение соответствующих нейронных ансамблей, то каким образом при умозрительном конструировании в сознании появляются образы, отсутствующие в нейронной модели. Что такое эмоционально окрашенное ощущение своего Я, в том числе и ощущение своего Я в реальном и умозрительно представляемом взаимодействии со средой? Что такое ощущение и выразимо ли это формально? Можно ли в принципе построить отсутствующую в настоящее время конструктивную теорию сознания? Справедливо ли весьма распространенное утверждение о том, что сознание не алгоритмично? Если да, то нельзя ли при моделировании обойти это препятствие с помощью поэлементного программно реализуемого физического моделирования, при котором не нужен алгоритм работы системы в целом, а нужны лишь алгоритмы работы отдельных ее элементов?

Вот, по-видимому, не полный перечень вопросов, порожаемых проблемой “сознание”. Точных ответов на эти вопросы нет, либо ответы неоднозначны. Для ответов на основные вопросы о сознании иногда привлекаются виталистические представления о нематериальной одушевленности, либо представления о метафизических свойствах мира, лежащих за пределами существующего, а может быть и возможного физического знания. Однако существуют и более приземленные материалистические представления.

Все это говорит о том, что в работах, направленных на создание полного искусственного мышления, нужно иметь в виду большую и сложную проблему “сознание”. Есть и другие проблемы почти того же уровня. Одна из них это очень важная проблема – управляемый волей целенаправленный умозрительный перебор, сравнение и выбор вариантов, или свобода воли.

#### **4.2.2. Свобода воли.**

Такой же важной как проблема сознания, трудно отделимой от нее и такой же загадочной является проблема “свобода воли”. В наших действиях, в отличие от действий привычных нам автоматов, часто проявляется недетерминированный выбор или свобода воли. Я могу по своему желанию делать то или другое, например, держать вилку в правой руке или в левой. Я могу пойти куда-то, но по дороге передумать и пойти в другое место или вернуться домой и т.п.

Я могу управлять не только поведением, но и процессом мышления, переключая свое умственное внимание с одной проблемы на другую, могу целенаправленно рассматривать и отбрасывать варианты при решении задач. Могу целенаправленно вспоминать что-то или думать о будущем.

Моим поведением управляет принцип максимума и существующие потребности. Это ограничивает свободу воли, подчиняя ее актуальным проблемам поведения, но это делается не детерминировано. Я не просто могу, но должен целенаправленно умозрительно представлять сравнивать и выбирать варианты. Однако на этот выбор может влиять не только умозрительное представление фактов, имеющих отношение к рассматриваемой проблеме. Может влиять и все что угодно, спонтанно возникающее в мозге, в том числе и не имеющее к делу прямого отношения, а иногда и не имеющее к нему никакого отношения.

Очевидно, что “умозрительное” моделирование в нейронной сети не должно сводиться к простому предвидению, основывающемуся на запоминании при обучении и воспроизведении временных последовательностей событий. При описании процесса практического мышления говорилось о логической схеме сведения многопереборных многоэкстремальных задач к малопереборным одноэкстремальным, происходящем в мозгу человека или животного при решении задачи управления поведением в многоэкстремальной среде.

Напомним, что процесс практического (поведенческого) мышления заключается в моделировании, эмоциональной оценке, сравнении и выборе среди разных вариантов переходов между текущей и целевой ситуациями разных уровней укрупнения в многоуровневой иерархической модели среды. Сначала оцениваются наиболее укрупненные и общие одношаговые переходы, а затем по мере необходимости все более и более конкретизируемые. Приблизительно то же самое в общем плане происходит и при решении формальных задач.

Что заставляет мозг непрерывно в процессе управления поведением или в процессе абстрактного мышления упорядоченно осознанно и направленно выполнять всю эту работу и как она может реализоваться реальными и модельными нейронными механизмами? Также как и при управлении сознанием, нейронный механизм управления “умозрительным” моделированием и сравнением вариантов должен формироваться не на основе заданного алгоритма, а на основе свойств нейронов и это формирование, например, должно

подчиняться единому общему критерию оптимизации функциональных состояний нейронов и активной сети в целом. (Более подробно об этом говорится ниже в разделе “активность”).

К подобному общему критерию могут априорно (генетически) добавляться только какие-либо структурные характеристики нейронной сети, а также специфические (для конкретного случая) и неспецифические возбуждающие и тормозящие воздействия на сеть. При этом в процессе управления поведением проявляется свобода воли. Выбор принимаемых решений может зависеть от желаний, посторонних влияний и случайных событий. И, главное, этот выбор может изменяться усилием воли на основе каких-то особых личных целей и предпочтений.

Во многих случаях на выбор накладываются ограничения, идущие от внешней решаемой задачи. Но эти ограничения чаще всего не являются абсолютно жесткими и допускают вариативность рассматриваемых и принимаемых вариантов, а, следовательно, и свободу воли.

Таким образом, активное направленное умозрительное моделирование, перебор, сравнение и выбор вариантов необходимы в процессе как практического (поведенческого), так и формального мышления. То же самое можно сказать и о необходимости порождения и выбора вариантов при перцептивном и когнитивном мышлении.

Осуществляемые в мозге в процессе мышления сознательный перебор, сравнение на основе эмоциональных оценок и фиксация лучшего варианта приводит к необходимости понимания не только на психологическом уровне, но и на уровне нейронных реальных и модельных механизмов феномена “свободы воли”. Я думаю, что проблема понимания и моделирования свободы воли не менее существенна и не менее сложна, чем проблема понимания и моделирования сознания.

Выше говорилось о проблемах моделирования воображения, а также управления перебором и целенаправленным сравнением воображаемых вариантов. Воображение может активно строиться на основе возбуждения необходимых существующих в модели проблемной среды нейронных ансамблей. Конкретных представлений о том, как это происходит в реальной иерархической нейронной сети, или может происходить в модельной нейронной сети, нет. Хеббовских представлений об одноуровневых фазовых последовательностях (следах опыта) здесь недостаточно.

При творческом мышлении используются перцептивное и когнитивное умозрительное конструирование, т.е. целенаправленное воображаемое построение в сознании объектов, отсутствующих в модели среды, а может быть, отсутствующих и в самой среде. Для полного моделирования мышления в добавлении к проблемам “свобода воли”, “умозрительное моделирование” (воображение), целенаправленный перебор вариантов и сравнение необходимо понимание и конструктивное решение также и проблемы умозрительного конструирования.

При умозрительном конструировании целенаправленно волевым усилием создаются и появляются в сознании новые, никогда ранее не встречавшиеся объекты. Конструктивно, т.е. на уровне работы нейронных механизмов мозга, объяснить волевое усилие в процессе умозрительного конструирования, также как и в других случаях, не получается. Никаких гипотез нет. Кроме того, нужно заметить, что процесс умозрительного конструирования с помощью представлений об активации следов памяти, т.е. активации существующих нейронных ансамблей тоже объяснить нельзя. Никаких подходов к решению этой проблемы ни на уровне реальных нейронных механизмов мозга, ни на уровне нейронных моделей также нет.

Трудно отделимой от проблем сознания и свобода воли является проблема активности.

#### **4.2.3. Активность**

*Сэм: А чем вы занимаетесь?  
Пиквик: Я философ*

*Сэм: А что вы делаете?*  
*Пиквик: Я думаю*  
*Сэм: И часто вы думаете?*

### **Пиквикский клуб. Инсценировка романа Ч. Дикенса**

Мы думаем всегда. Бодрствующий мозг не может не думать. В мозге при решении каких-то поведенческих или абстрактных задач разворачивается непрерывный управляемый волей целенаправленный процесс мышления. При отсутствии решаемых задач и полном отдыхе во время бодрствования происходит непрерывный ненаправленный поток сознания, состоящий из ассоциируемых образов и ассоциируемых мыслей, не связанных ни с какой решаемой проблемой. Направление ненаправленного в целом потока сознания может изменяться волевым усилием.

Мыслящая система в отличие от пассивных автоматов, работающих по схеме вход-преобразователь-выход, постоянно активна. Активность должна входить в определение мышления. Можно сказать, что активность является необходимым свойством мышления. Активное действие - это действие, которое инициируется не извне, а собственными внутренними причинами. На уровне поведения причина активности живого организма определяется необходимостью непрерывного поддержания неравновесия.

Непрерывная активность мозга, причем, не только в процессе решения задач восприятия и поведения, но и при отдыхе требует объяснения. Возможно, что именно это поможет понять особенности живого мышления, определяющие его эффективность. Таким образом, создание модели активной мыслящей системы, как на алгоритмическом уровне, так и на уровне нейронного моделирования, это большая и очень далекая от решения проблема.

Активность не просто сопутствует человеческому восприятию, обучению, управлению поведением и решению формальных задач, а является основным определяющим свойством этих процессов. Еще раз вспомним, что мы не видим и слышим, а смотрим и слушаем. Восприятие целенаправленно и активно. Оно основано на выдвижении и проверке гипотез и на акцепторе восприятия, что делает его сходным с целенаправленным поведением.

При обучении мыслящая система целенаправленно входит во взаимодействие со средой для построения и проверки гипотез о свойствах среды и для построения на этой основе модели среды. При этом строящиеся информационные срезы определяются целями системы и решаемыми ею задачами. В свою очередь, модель среды не должна быть мертвым описанием, а должна “жить” по законам среды.

Интересно в связи с этим привести цитату из словаря практического психолога [16]: “непрерывное генерирование взаимосвязанной системы познавательных гипотез, идущих навстречу внешним стимулам, есть выражение активной природы образа мира – в противоположность традиционным представлениям о познавательных образах как возникающих в результате рефлексивных процессов – реактивных, развертывающихся в ответ на внешние воздействия”. Это в значительной степени совпадает со сказанным выше, в том числе и со сказанным в разделе “когнитивное мышление”.

Активным является и процесс практического мышления при планировании и управлении поведением. Этот процесс активен не только потому, что он вызывается и управляется первичными или вторичными потребностями организма. Процесс практического мышления активен, поскольку он, в соответствии с теорией доминанты А. Ухтомского [17], вызывается стабильными очагами возбуждения в коре головного мозга и непосредственно направлен на их гашение. Точно так же, на гашение очагов возбуждения направлены процессы в рамках перцептивного и когнитивного мышления.

Относительно работы очагов возбуждения возможна следующая приблизительная интерпретация. Информационная единица в нейронной сети это ансамбль нейронов. Очаг

возбуждения это постоянная или временная активация нейронов, входящих в нейронный ансамбль. Постоянная активация может вызываться постоянным внешним информационным воздействием или потребностью и соответствующей этой потребности доминантой и стабильным внутренним мотивационным возбуждением. Временная активация нейронов ансамбля может поддерживаться в течение какого-то времени и без внешних по отношению к нейронному ансамблю воздействий за счет положительных обратных связей между нейронами ансамбля.

Существование очага возбуждения сопровождается сначала слабой, но усиливающейся со временем отрицательной эмоциональной оценкой. Гашение очага возбуждения сопровождается сильной, а иногда и очень сильной положительной эмоциональной оценкой. Можно вспомнить удовольствие, получаемое от решения трудной задачи. Большой эмоциональный подъем происходит при завершении работы над художественным произведением.

Созданием и гашением временных очагов возбуждения можно, в частности, объяснить эмоциональное восприятие музыки и поэзии, когда в процессе восприятия произведения на основе предвидения возникают, фиксируются и гасятся при подтверждении временные очаги возбуждения. Модельные гипотетические предположения о возможных нейронных механизмах возникновения, поддержания и гашения очагов возбуждения могут быть самыми разными.

Мозг активен всегда. Нейроны постоянно возбуждаются даже при полном отдыхе и отсутствии внешней информации, т.е. возбуждений, поступающих от органов чувств. Нейроны мозга работают (возбуждаются) и во время сна. Естественно предположить, что постоянная работа нейронов, не только при решении каких-то задач восприятия или поведения, но и при полном отдыхе, а также и во время сна имеет какой-то приспособительный смысл.

Попытка решить проблему активности нейронной сети на теоретическом уровне и на уровне программного моделирования нейронной сети была предпринята Л.Б.Емельяновым-Ярославским [7]. Смысл основной гипотезы состоит в следующем. Каждый нейрон имеет изменяемый параметр, который характеризует его функциональное состояние. Назовем его  $Q$ . Значение этого параметра увеличивается при возбуждениях нейрона и уменьшается, если нейрон не возбуждается.

Параметр  $Q$  имеет фиксированное одинаковое у всех нейронов оптимальное значение  $Q_{\text{опт}}$ . Поддерживаться значение параметра  $Q$  нейрона на уровне  $Q_{\text{опт}}$  может только при оптимальной частоте возбуждений нейрона, а, следовательно, при оптимальной интенсивности приходящих на нейрон возбуждающих воздействий.

Таким образом, для поддержания оптимального состояния нейрон должен быть постоянно активен, т.е. возбуждаться. Возбуждение нейронов возможно только при поступлении на их входы сигналов от других нейронов или рецепторов. То есть необходимо взаимодействие (синергия). От параметра  $Q$  нейрона зависит изменение его порога срабатывания и изменение величин синаптических проводимостей связей.

Поддерживаться функциональное состояние сети на оптимальном уровне может только при равномерной работе всех нейронов. Отклонение функционального состояния нейронной сети от оптимального уровня происходит при нарушении равномерной работы сети, происходящем за счет возникновения очагов возбуждения, за счет активации нейронных ансамблей в процессе решения поведенческих или формальных задач, а также за счет внешних информационных воздействий. Нормализация функционального состояния сети происходит при гашении очагов возбуждения, при запоминании регулярных внешних воздействий (память), при отдыхе и, главным образом, во время сна за счет ритмического распространения автоволн возбуждения и вызываемой этим процессом равномерной активности всех нейронов сети.

(Последующий текст в скобках заменяет некоторые предположения Емельянова-Ярославского об эмоциональном центре. Среднее значение параметров  $Q$  нейронов

определяет функциональное состояние сети в целом и является эмоциональной переменной, которая формируется в эмоциональном центре и влияет на его работу. Если в нервной системе действительно происходит передача в эмоциональный центр информации о функциональном состоянии всех нейронов коры, то эта передача возможна от каждого нейрона либо гумарально, т.е. через кровь, либо посредством полевой передачи и последующем суммировании в эмоциональном центре. При отклонении этой эмоциональной переменной от оптимума эмоциональный центр формирует потребность в ее нормализации. Способ удовлетворения этой потребности – гашение очагов возбуждения. Радикальный способ полного удовлетворения этой потребности – сон, при котором, как уже отмечалось, происходит распространение автоволн возбуждения по сети и равномерная работа всех нейронов).

Это довольно приблизительное, значительно сокращенное и несколько откорректированное описание гипотезы Емельянова-Ярославского, но представляется, что основная идея, а именно существование эмоционально оцениваемого функционального состояния нейронов, изменяющегося в зависимости от интенсивности их работы, и необходимость постоянной активности нейронов для поддержания функционального состояния на оптимальном уровне, в этой интерпретации сохраняется.

Гипотеза Емельянова-Ярославского не нашла ни поддержки ни просто понимания. Винават сам автор, который заявлял, что эта гипотеза полностью объясняет работу мозга в процессе мышления, в том числе все интеллектуальные функции. Убедительно подтвердить это ему не удалось ни логически, ни на уровне экспериментальной модели. Это связано, во-первых, с тем, что предложенная гипотеза о свойствах нейронов и сети не является как утверждал автор достаточным условием возникновения мышления. В лучшем случае эта гипотеза характеризует лишь необходимое условие возникновения свойства активности головного мозга. Переход от свойства активности к рабочим функциям мозга может быть возможен, но гипотезой Емельянова-Ярославского напрямую не определен. Во-вторых, авторское изложение очень сильно загромождено выдвигаемыми на первый план и затрудняющими понимание сложными описаниями второстепенных, необязательных и иногда спорных частных механизмов.

Тем не менее, гипотеза Емельянова-Ярославского заслуживает серьезного внимания. Это единственная существующая идея, на основе которой можно пытаться объяснить и моделировать свойство активности нейронной сети. При этом надо понимать, что необходимое свойство системе в целом не объясняет. К необходимому свойству нужно еще что-то добавлять для того, чтобы все в совокупности стало достаточным как для объяснения, так и для моделирования.

Для объяснения и моделирования мышления к гипотезе Емельянова-Ярославского нужно добавлять очень многое. Сделаем небольшое отступление в сторону и рассмотрим один из возможных частных вариантов таких добавлений, а именно работу двухслойной сети с возвратным возбуждением.

Экспериментальные варианты реализации режима общей регуляции на основе распространения волн возбуждения в нейронной сети описаны в [7] и [23]. Приход внешних воздействий на сеть нарушал этот режим и при этом либо создавался ансамбль нейронов с взаимными возбуждающими связями (память), либо активировался существующий ансамбль. При снятии внешних возбуждающих воздействий и восстановлении в сети режима общей регуляции в экспериментах возникали две проблемы.

Во-первых, по общей принятой логике нейроны существующих ансамблей должны были участвовать в процессе общей регуляции, т.е. возбуждаться при распространении по сети автоволн и при этом ансамбль как целое работать не должен, иначе эта работа будет мешать общему режиму равномерного распространения волн возбуждения. Во-вторых, режим общей регуляции не должен стирать следы памяти, т.е. изменять величины синаптических проводимостей связей между нейронами ансамбля.

И то и другое оказалось проблематичным. Устойчивое экспериментальное решение проблемы длительного сохранения следов памяти (нейронных ансамблей), не разрушающих режим авторегуляции и не разрушающихся этим режимом, получено не было. Радикальное решение этих проблем может быть получено в сети с возвратным возбуждением. Одновременно возникает возможность гипотетической интерпретации некоторых аспектов работы сознания.

Выше, говоря о сознании, были отмечены основные вопросы, которые ставятся этой проблемой. Интересно ответить и на более или менее второстепенный вопрос, почему сознание исчезает во время сна, хотя нейроны при этом интенсивно работают, что фиксируется как электроэнцефалограммой, так и прямой регистрацией импульсов. Каким образом сознание частично восстанавливается во время сновидений и полностью восстанавливается при пробуждении. Этот вопрос имеет отношение и к рассматриваемой проблеме активности.

И.П.Павлов говорил о сне как о разлитом торможении. Если это действительно так, то интересно понять что тормозится во время сна. Вариант ответа на эти вопросы может дать гипотетическое представление о том, что смысловая единица в нейронной сети это не просто однослойный нейронный ансамбль, а двухслойная структура, в которой к нейронам основного слоя добавляются расположенные в смежном нейронном слое структуры возвратного возбуждения и возвратного торможения. Возможно, что этот слой может затормаживаться отдельно от основного нейронного слоя. Здесь можно предположить существование разных структурных вариантов.

Например, можно предположить, что внутри нейронного ансамбля прямых взаимовозбуждающих связей между нейронами основного слоя нет. При этом, необходимые положительные обратные связи между нейронами ансамбля реализуются через интернейроны обратного возбуждения. В этом случае если заторможен слой интернейронов, нейронные ансамбли как целостные единицы не возбуждаются, соответственно нет и сознания, а регулирующие оптимальные состояния нейронов распространение автоволн возбуждения в основном слое нейронов во время сна может проходить равномерно, так, как будто ансамблей нет.

Синхронное возбуждение нейронов ансамбля с участием возбуждающих интернейронов будет приводить к возникновению сознания и одновременно к нарушению процесса распространения волн возбуждения в основном слое нейронов и, тем самым, к нарушению процесса общей регуляции. Можно предположить, что это и происходит при внешнем возбуждении, при образовании очагов возбуждения и просто в процессе мышления. Можно также предположить, что тормозящие интернейроны обеспечивают прекращение работы нейронного ансамбля, т.е. гашение очага возбуждения.

Описанный гипотетический процесс в полном объеме не моделировался. Разные варианты первичной регулирующей самоорганизации в нейронной модели рассмотрены в [7] и [23]. Самый простой экспериментальный вариант двухслойной нейронной сети рассматривался в модели сонных веретен электроэнцефалограммы [24]. Безусловно, возможны и различные другие схемные варианты реализации режима регуляции функционального состояния нейронов сети, а также и режимов создания и гашения очагов возбуждения. Это может быть очень не просто при переходе от плоской одноуровневой, в том числе и двухслойной, нейронной сети к многоуровневой иерархической нейронной модели.

Подводя некоторый итог, еще раз отметим, что в основе активности мышления может лежать возникновение и необходимость гашения очагов возбуждения как при обучении, так и в процессе работы. При этом гашение очага возбуждения становится потребностью. Однако, реализация свойства активности в искусственной нейронной сети даже с учетом гипотезы Емельянова-Ярославского является значительной и еще весьма далекой от решения проблемой. Тем более, что как в существующих теоретических работах, так и в практически



используемых формальных моделях нейронных сетей, эта проблема, также как и проблемы сознания и воли, не только не решается, но даже и не рассматривается.

#### 4.2.4. Эмоции

*Но что нам делать с розовой зарею...  
Ни съесть, ни выпить, ни поцеловать  
Н.Гумилев*

Что такое эмоции? Какова их роль в мышлении? Участвуют ли эмоции в процессах перцептивного, когнитивного, практического и творческого мышления? Необходима ли реализация эмоций в искусственной системе, моделирующей мышление? Попробуем насколько это возможно ответить на эти вопросы.

Эмоция это свойство живого организма, выработанное эволюцией. Нет сомнения в том, что эмоции имеют приспособительный смысл. Представляется, что они являются основным фактором в управлении поведением, восприятием и обучением, а также важнейшим фактором в управлении работой нейронной сети.

В эмоциях можно выделить мощные эмоциональные состояния, а также эмоциональные оценки лучше - хуже по шкале хорошо - плохо. Кроме того, выше рассматривалась гипотеза о том, что эмоциональную оценку получает также состояние и работа нейронных механизмов мозга. Все это должно иметь какой-то приспособительный смысл.

Эмоциональные оценки лучше-хуже (хорошо-плохо) работают главным образом в процессе поведения при принятии решения в ситуации выбора. Элементарные “зачаточные” эмоциональные оценки “лучше – хуже” есть уже у организмов, обладающих простейшим поведением и имеющих возможность сравнивать и выбирать варианты поведения. Такого рода оценки реализуют даже растения, выбирающие, куда направить рост корней или, например, поворот листьев. Но эти оценки еще трудно назвать эмоциональными.

Чем разнообразней в процессе эволюции становятся возможности поведения, и чем при этом более вариантной становится среда обитания, тем более необходимым становится выработка единого критерия сравнения и выбора вариантов. Этим единым критерием, с необходимостью используемым в процессе мышления и является эмоциональная оценка.

В управлении поведением животных и человека при решении многоэкстремальных задач используется локальный выбор. Реализацией локального правила выбора варианта поведения, направленного на выполнение принципа maxT без определения и сравнения всех точных до конца прослеживаемых возможных траекторий поведения, являются эмоциональные оценки одношаговых переходов на всех уровнях иерархической модели среды.

Эмоциональные оценки, используемые для управления поведением, складываются из многих компонент. Во-первых, это эмоциональный фон, на который влияет совокупное значение имеющихся у организма и требующих удовлетворения текущих первичных физиологических и вторичных психологических потребностей. Во-вторых, на эмоциональный фон влияет соотношение необходимого и возможного, определяемое скоростями возрастания потребностей и возможными скоростями их уменьшения в достижимых целевых состояниях взаимодействия со средой. Третьей составляющей является эмоциональная оценка живыми организмами возможных вариантов поведения в ситуации альтернативного выбора. Еще одна составляющая эмоциональной оценки ситуации связана с восприятием среды и зависит от совпадения или не совпадения воспринимаемой органами чувств ситуации с предвидимой. Конкретизация поведенческих составляющих эмоциональной оценки применительно к модели поведения приведена в [21,22].

Часть эмоциональных оценок основана на реальном восприятии состояния организма и его взаимодействий со средой. Другая часть оценок основывается на умозрительном моделировании. Таким образом, эмоциональная оценка живым организмом своего состояния, динамики его изменения, своих возможностей, вариантов поведения и ситуаций взаимодействия со средой очень многопланова. Выразить все это условной единой невычислимой, а соответственно и неприменимой формулой эмоций, конечно можно, но не представляется полезным.

Отдельные составляющие эмоциональной оценки работают совместно, т.е. они должны интегрироваться, например, их величины должны складываться со знаком, в эмоциональном центре. Нет никаких конструктивных предположений о том, как все это может быть реализовано в нейронной модели.

Кроме того, выделенные выше составляющие эмоциональных оценок проблему не исчерпывают. Один из иных аспектов эмоций - это мощные эмоциональные состояния, например, страх, горе, восторг, отчаяние. Именно ощущения, связанные с этими состояниями и называются эмоциями в обычном житейском плане. Каков приспособительный смысл этих эмоций?

Можно предположить, что возникновение подобных эмоциональных состояний играет, главным образом, роль прерываний или блокировок механизма эмоционального выбора среди альтернативных линий обычного сложного поведения, в ситуации, когда все действия бесполезны, не нужны или вредны, либо полезны только рефлекторные действия, а также такие простые и безальтернативные реакции, как, например, замереть, бежать, кричать и т.п. Таким образом, мощные эмоции также могут иметь приспособительный смысл.

Эмоциональные оценки работают и при управлении нейронными механизмами работы мозга. Выше в соответствии с [7], и [21, 22] высказывается предположение, что эти оценки используются для поддержания оптимального функционального состояния (уровня неравновесия) нейронов сети и как следствие работают в процессах обучения, восприятия и управления поведением. Так эмоциональные оценки возникают при формировании в нейронной сети, поддержании и гашении стабильных и кратковременных очагов возбуждения, то есть при постановке и решении всех, в том числе и формальных задач мышления.

Эмоциональные оценки функционального состояния нейронной сети (уровня неравновесия и его изменений) возникают и тогда, когда нет необходимости в решении каких либо внешних задач. В этом случае решается только внутренняя задача оптимизации функционального состояния нейронной сети.

Подобный аспект эмоций, который иногда противопоставляют поведенческому, Н.Гумилев выразил, сказав: "но что нам делать с розовой зарею, ни съесть, ни выпить, ни поцеловать?" Можно также вспомнить, что почему-то приятно смотреть на пламя костра, морской прибой, приятна или неприятна музыка, абстрактная живопись.

Предположения о механизме и приспособительном смысле подобных не имеющих очевидного поведенческого аспекта эмоциональных реакций можно сформулировать только с учетом представлений о необходимой активной равномерной работе нейронов, направленной на восстановление и поддержание их оптимального неравновесного состояния.

Интеграция эмоциональных оценок и выбор варианта поведения происходит в эмоциональном центре нервной системы. Поведение, в конечном счете, направлено на максимизацию суммарных (со знаком) положительных и отрицательных эмоциональных оценок. В животном мире управление поведением, основанное на локальных эмоциональных оценках, как правило, работает правильно, реализуя направленность поведения на максимизацию времени существования организма, то есть выживание, особи и вида.

У человека в современном цивилизованном обществе с его широкими возможностями формирования и удовлетворения многочисленных не вполне естественных, а часто и вполне неестественных вторичных потребностей, это, к сожалению, не всегда так. Искусственное

формирование расширенной (искаженной) области управления с добавлением неестественных эмоциональных переменных может приводить к получению неправильного результата управления поведением, то есть принцип  $\max T$ , реализуемый в искусственно расширенной области управления, может приводить к результату, в значительной степени не отвечающему задаче максимизации времени существования особи и вида.

Еще значительно хуже и опасней возможность непосредственного химического или электрического воздействия на эмоциональный центр. Такое воздействие может сопровождаться прямым получением положительных эмоций и иногда почти полностью нарушать работу эмоционального центра по управлению поведением.

Иллюстрацией этого являются наркомания, а также эксперименты, посвященные исследованиям самораздражения. В этих экспериментах животное может постоянно искусственно получать положительную эмоцию. Для этого животное нажимает на рычаг, посылая через вживленный в мозг электрод идущие в эмоциональный центр электрические импульсы, и делает это до полного истощения, забывая обо всех других потребностях.

Все сказанное говорит о том, что эмоции играют важную роль в процессах поведения, а соответственно и мышления. Никаких конструктивных представлений о работе эмоциональных механизмов, достаточных для реализации в нейронных моделях нет. Это является большой не решенной, а, вообще говоря, и не решаемой в настоящее время проблемой.

#### **4.2.5. Творческое мышление.**

Выше уже много говорилось о двух видах творческого мышления – репродуктивном и нерепродуктивном (созидательном). Говорилось о том, что при репродуктивном творческом мышлении необходимо расширение области поиска в модели среды, а при созидательном мышлении необходимо построение гипотез об объектах, в модели отсутствующих.

Относительно репродуктивного мышления намечаются, или, во всяком случае, могут в принципе быть построены какие-то конструктивные схемы моделирования. Некоторые общие предположения такого рода приведены выше. Какие либо конструктивные предположения о том, как может работать созидательное творческое мышление полностью отсутствуют.

В существующих работах на общем уровне могут обсуждаться только вопросы о том, *что* делается в процессе творческого мышления. При этом обычно главным образом рассматривается репродуктивное творческое мышление. Вопрос *как* это делается обычно не затрагивается. Абсолютно непонятно как можно смоделировать созидательное творческое мышление.

В частности, нет никаких конструктивных предположений о том, как на нейронной сети происходит процесс умозрительного конструирования, то есть процесс умозрительного построения в нейронной модели среды новых, отсутствующих в ней объектов, или новых, отсутствующих в ней путей между ситуациями, или, что почти то же самое, между имеющимися в нейронной сети очагами возбуждения. Соответственно нет никаких подходов к моделированию этих процессов.

Нет никаких подходов и к тому, как не в нейронной сети, а чисто алгоритмически (программно) реализовать созидательное творческое мышление. В некоторых простых случаях, как и во многих успешно решаемых “интеллектуальных” задачах, например таких, как шахматы, может помочь полный перебор. Помимо специфики творческих задач, проблему составляет и то, что творческое мышление активно и в нем участвуют сознание, воля и эмоциональные оценки.

Сказанное, как мне кажется, позволяет сделать вывод о том, что решение всех затронутых “виталистических” проблем необходимо для моделирования полноценного человеческого мышления. Кроме того, наряду с отмеченными выше основными проблемами

существуют и очень многие нерешенные проблемы второго плана. Все это вместе представляет большой комплекс не только нерешенных, но чаще всего и не решаемых на конструктивном уровне, принципиальных проблем. Не решены эти проблемы в целом и на качественном описательном уровне. В связи с этим говорить о каком-то заметном продвижении в решении задачи полного моделирования мышления еще очень рано.

### **4.3. Распространенные ловушки**

Рассуждая о состоянии и перспективах моделирования мышления, обычно приведенных в предыдущем разделе проблем не замечают. При этом в своих выводах часто попадались и попадают до сих пор в имеющиеся распространенные стандартные ловушки. Общее в этих ловушках это то, что мышление пытаются объяснить и логически выстроить в рамках обычной пассивной автоматной схемы, когда есть вход, выход и преобразователь между ними. При этом за основу берется не отличие, а сходство между живой и не живой системами. Это идет от кибернетического подхода, наиболее распространено было в 50-60 годы прошлого века, но очень часто встречается и в наше время.

Об этих ловушках уже фактически много говорилось выше. Однако, представляется полезным еще раз акцентировать на них внимание после описания основных схем мышления и рассмотрения возникающих на пути понимания и моделирования процесса мышления фундаментальных проблем, которые выше условно были названы 'виталистическими'.

Первая ловушка это напрашивающаяся простая схема стимул - реакция. По этой схеме часто строились и строятся до сих пор некоторые представления о сущности жизни, поведения и мышления. В качестве стимулов могут рассматриваться как простые сигналы, так и очень сложные и динамичные ситуации, которые нужно распознавать. Требуемые реакции также могут быть сложными. Но это сути дела не меняет. Пассивная схема вход-преобразователь-выход сохраняется. У автоматических или автоматизированных систем управления, также как и у моделей поведения и мышления, работающих по схеме стимул-реакция, есть очень много разных вариантов, от простых рефлексов до ситуационного управления, но все они к мышлению имеют очень отдаленное отношение.

Вторая ловушка это распознавание образов. Занимаясь созданием какой-то новой "кибернетической" системы на вопрос: как мы определим, мыслит ли построенная система или нет, часто очень убедительно отвечали – будет распознавать на основе формирования обобщенных знаний, значит мыслит.

Это не верно. Рассматривая перцептивное мышление, мы определили, что обычный последовательный процесс классического распознавания образов это еще далеко не активное целостное и целенаправленное, управляемое с понятийного уровня узнавание объектов среды. При этом, само целенаправленное узнавание отдельных объектов это не целостное восприятие среды, а только его часть. В свою очередь, целостное целенаправленное активное восприятие это еще не перцептивное мышление. В перцептивном мышлении к целостному целенаправленному восприятию среды добавляется еще необходимое умозрительное моделирование и используемое иногда умозрительное конструирование. В то же время, перцептивное мышление это только один специфический вид многопланового мышления.

Обучение в классических распознающих системах сводится к построению по обучающим выборкам эталонов классов объектов. Понятно, что растровые или признаковые эталоны это далеко не многоуровневая иерархическая целостная модель среды. Процесс построения эталонов распознавания имеет очень мало общего с когнитивным мышлением.

Таким образом, от распознавания образов еще очень далеко до мышления. Создание обычной распознающей системы это только маленький начальный шаг на пути моделирования, причем не мышления, а пока еще только восприятия отдельных объектов среды.

Третья стандартная ловушка на пути понимания и моделирования мышления это формальные нейронные сети. Выше уже говорилось о том, что эти системы, по сути, являются просто пассивными признаковыми или растровыми распознавателями со всеми присущими им недостатками.

Признаковые системы при малом числе классов входных объектов строятся с использованием в явном виде разделяющих гиперплоскостей в пространстве признаков. Так в самом простом случае если имеется всего два класса входных объектов и эти классы линейно разделимы в пространстве признаков, то для решения задачи распознавания достаточно одной гиперплоскости, или, что то же самое, одного формального нейрона.

Именно так построены дифференциальные уровни распознавания систем FineReader и FineReader-рукопись. Дифференциальные уровни этих систем имеют большое число независимо работающих признаковых распознавателей, каждый из которых разделяет входные объекты на два класса.

При большом числе классов входных объектов и/или при их сложном устройстве и соответственно при их сложном отображении в пространстве признаков современная формальная нейронная признаковая система строится без представления о разделяющих гиперплоскостях и, вообще, без какого-либо представления об алгоритме ее работы, а как “черный ящик”. Работа такой системы вписывается в схему стимул-реакция. Это определяется с самого начала алгоритмом обучения формальной нейронной сети.

При обучении итерационным градиентным методом, например методом обратного распространения ошибки, настраиваются изменяемые параметры сети. Обычно это величины синаптических проводимостей связей и параметры переходных функций нейронов. Обучение проводится по формируемым учителем обучающим выборкам. Критерий изменений параметров сети это величина и направление изменений несоответствия между ответом системы и необходимым задаваемым результатом. Таким образом, с помощью настройки нейронной сети достигается задаваемое соответствие между классами входных объектов и требуемым выходом системы.

Что может демонстрировать такая система? Только распознавание сложных входных ситуаций и формирование реакций на эти ситуации. Иногда говорят: вот сделаем большую сеть, например из миллиарда нейронов, и она начнет проявлять элементы мышления. На самом деле такая, по сути автоматная система, сможет только обрабатывать большое число обучающих выборок и, соответственно, правильно отвечать на большое число вопросов. В такой системе при обучении могут устанавливаться связи между сложными многопараметрическими классами входных стимулов и сложными многопараметрическими ответными реакциями. Однако, в такой системе нельзя реализовать активного целенаправленного процесса мышления и таких его видов как перцептивное мышление, когнитивное мышление, решение многоэкстремальных задач поведения и, тем более, творческое мышление.

Приблизительно, то же самое можно сказать и о строящихся на сетях из формальных нейронов растровых или ансамблевых системах. Выше уже говорилось, что ничего такого, что можно было бы назвать мышлением, к возможностям признаковых систем растровые ансамблевые системы не добавляют. Более того, обобщение при распознавании в растровых системах отсутствует. Его частично заменяет возможность правильно отвечать, т.е. активировать нужный нейронный ансамбль, при подаче на сеть возбуждения, соответствующего искаженному входному образу или его части. Это можно трактовать как элемент ассоциации по сходству.

Предположение о том, что информационной единицей живой нейронной сети является ансамбль нейронов, объединенных возбуждающими положительными обратными связями, введено в качественной модели Хебба [26]. По этой модели предполагается, что возбуждающие связи между нейронами ансамбля образуются и усиливаются при их одновременном возбуждении (срабатывании) за счет внешнего воздействия.

Последовательное возбуждение ансамблей Хебб называет фазовой последовательностью. Предполагается, что активация фазовой последовательности происходит при внешнем последовательном возбуждении ансамблей. Между ансамблями нейронов при обучении должны устанавливаться возбуждающие связи, за счет которых фазовая последовательность может воспроизводиться и без внешних воздействий. Таким образом, может осуществляться предвидение, основывающееся на прямых парных ассоциациях по времени.

Сходные по сути представления рассматривались в отмеченной выше модели Емельянова-Ярославского, существенно отличающейся от модели Хебба за счет добавления свойства изменения функционального состояния нейронов в зависимости от их возбуждений и использования этой характеристики для получения общего свойства активности сети.

Модель Хебба была сформулирована еще в 1948 году. Эта гипотетическая качественная модель, т.е. представление о нейронных ансамблях и их простом одноуровневом взаимодействии в пределах “фазовой последовательности”, может считаться самым элементарным начальным и еще очень далеким приближением к теории работы нейронных механизмов мозга при обучении и в процессе мышления.

Приведенные выше гипотетические качественные представления об общих схемах процессов репродуктивного поведенческого мышления интерпретируются в терминах очаги возбуждения, а также возбуждение, торможение и взаимодействие нейронных ансамблей, образующих иерархическую модель проблемной среды. Это относится и к схеме процесса репродуктивного творческого мышления. Эти качественные представления еще очень далеки от какой либо нейронной модельной реализации. Тем более, эти представления далеки от реализации на существующих формальных распознающих нейронных сетях. В то же время, никаких хотя бы приблизительных представлений даже такого качественного уровня о процессе созидательного творческого мышления нет.

Таким образом, говорить о реальной возможности модельной нейронной реализации процессов перцептивного, когнитивного и репродуктивного практического мышления еще очень рано. Тем более нет никаких предпосылок для нейронного моделирования творческого мышления. Для того чтобы это моделирование не свелось к построению варианта обычных пассивных систем искусственного интеллекта или систем распознавания, нужно решить целый ряд очень сложных проблем, которые в существующих формальных нейронных сетях не только не решаются, но и не намечаются какие-либо пути их постановки и решения.

В первую очередь, это проблема построения в нейронной сети многоуровневой иерархической системы обобщений и укрупнений в модели среды, активно работающей при обучении, восприятии и целенаправленном поведении и реализующей такие конкретные функции, как предвидение, умозрительное моделирование и умозрительное конструирование. Не менее, а, может быть, и более важны и другие сложнейшие принципиальные проблемы, о которых говорилось выше.

Таким образом, на уровне формальных нейронных сетей проблема построения модели активного мыслящего мозга не решается. Тем не менее, существующие формальные нейронные сети, наряду с распознаванием образов, часто даже в серьезных работах рассматриваются как основа для построения теории и моделирования мышления. Это происходит потому, что больше попросту не на что опереться. Больше, пока еще, ничего нет.

Например, в одной большой современной работе, направленной на создание в короткие сроки системы полного искусственного интеллекта, за теоретическую базу принимается приведенная простая качественная ансамблевая модель Хебба и алгоритм обучения нейронных ансамблей, предложенный Хопфилдом. И то и другое очень далеко от конструктивной теории работы мыслящего мозга.

Как уже говорилось, живое мышление отличают от существующих систем алгоритмического искусственного интеллекта в первую очередь такие неалгоритмические функции, как сознание, воля, активность, эмоциональные оценки, творчество. Поэтому при

моделировании мышления, или просто при попытках объяснить работу механизмов мозга на качественном уровне, важно понять, чем живое принципиально отличается от неживого. Если работа (хотя бы теоретическая) ведется с этих позиций, что, к сожалению, не очень распространено, то можно попасть в четвертую ловушку.

Живое это обладающее свободной энергией неравновесная система. Четвертая ловушка это неравновесная термодинамика, или открытые неравновесные диссипативные системы И.Пригожина [10]. Во многих работах, говоря о специфике живого, ссылаются на теорию Пригожина и этим ограничиваются. Правда из этой теории не вытекает никаких конструктивных идей, которые можно было бы использовать для построения активной искусственной системы мышления, или хотя бы для построения качественного описания такой системы.

Выше уже говорилось о том, что специфика живого повидимому определяется не теорией открытых диссипативных систем Ильи Пригожина, а принципом устойчивого неравновесия Эрвина Бауэра [2]. Теория Пригожина описывает пассивные неравновесные системы, существование, т.е. неравновесие в которых поддерживается непрерывным внешним воздействием (подведением энергии). Теория Бауэра описывает активные неравновесные живые системы, существование, то есть неравновесие в которых непрерывно поддерживается за счет собственных структурных сил, обеспечивающих энергией внутреннюю и внешнюю работы организма, необходимые для поддержания его существования.

Сформировать представления о живом и его отличии от не живого может оказаться принципиально необходимым для понимания и полного моделирования мышления, в том числе и для решения таких описанных выше ‘виталистических’ проблем как сознание, активность, воля, чувства, эмоции, ощущения.

Книга Бауэра Теоретическая биология была издана в 1935 году, уничтожена в 1936 году и переиздана в 2000 и 2002 годах.

#### **4.4. Может ли машина мыслить?**

*А мы все ставим каверзный ответ*

*И не находим нужного вопроса.*

***В.Высотский***

Вопрос может ли машина мыслить породил в 60х годах прошлого века бурную дискуссию между физиками (технарями) и лириками (гуманитариями). Физики, естественно, утверждали, что поскольку мозг материален, то и моделировать, т.е. реализовать в машине, все проходящие в нем процессы можно. Позиция лириков в основном состояла в том, что машина мыслить не может, потому что не может мыслить никогда. Эта дискуссия особого смысла не имела, поскольку не был определен предмет спора.

До сих пор нет точного общепринятого определения жизни и ее отличия от машины. В первой главе я постарался в некотором приближении дать определение жизни, опираясь, главным образом, на принцип устойчивого неравновесия Бауэра. Однако, это определение жизни не затрагивает, т.е. оставляет в стороне некоторые отмечавшиеся выше “виталистические” проблемы.

Нет и строгого определения мышления. Нет даже полного качественного определения. Поэтому, говоря о мышлении, обычно вынужденно ограничиваются интуитивными представлениями общего характера. Тест Тьюринга, на который часто ссылаются, не только не является определением мышления, но даже не может считаться удовлетворительным тестом, оценивающим мыслит или нет конкретная система, т.е. экзаменуемый участник диалога. Тем не менее, отголоски дискуссии 60х с использованием примерно тех же

аргументов возникают и в наше время, хотя особого смысла в этой дискуссии по-прежнему нет.

Мы уже много говорили о разных аспектах мышления. Может ли это быть основой для его хотя бы предварительного определения? Ставя вопрос “может ли машина мыслить” обычно подразумевают полное человеческое мышление. Таким образом, нужно ввести какое-то определение человеческого мышления. Попробуем это сделать в некотором приближении.

Будем считать мышлением **активный процесс**, направленный на:

- построение **активной иерархической модели среды**, необходимой и достаточной для отражения реальности в памяти, восприятия среды, предвидения и управления целенаправленным поведением в **многоэкстремальной среде**;
- реализацию процесса **активного целенаправленного восприятия**;
- реализацию процесса управления целенаправленным поведением;
- реализацию процесса **активного целенаправленного обучения**;
- решение неалгоритмических – **творческих** задач.

Это очень общее определение можно считать только предварительным. Несколько раз повторенное слово активность подчеркивает, что в полном определении мышления должно говориться не только о том, что мозг делает, но и о том, как он это делает. Уточнение и определенная конкретизация этого определения может основываться и на приведенных выше описаниях основных процессов мышления, а также на том, что для полного, качественно сравнимого с человеческим мышления нужна реализация таких его составляющих как сознание, воля, активность, эмоции, творчество.

Как я уже говорил, никаких подходов к моделированию этих принципиальных составляющих человеческого мышления нет. Эти составляющие не имеют, к сожалению, ни точных формальных, ни полных качественных общепринятых определений. Таким образом, можно ли все это практически реализовать в машине, опираясь на существующие научные знания, неизвестно. Однако, интересно поставить вопрос существуют ли теоретические запреты.

Ответ “да”, в первую очередь, обычно основывается на представлении о том, что для мышления необходимо сознание. Сознание не только непонятно, оно еще и кажется бестелесным, не привязанным ни к какой физической структуре. Говоря о неразрывной связи мышления и сознания, чаще всего ссылаются на весьма авторитетное мнение Р.Пенроуза [13]. Что такое сознание Пенроузом точно не определяется, но утверждается, что это неалгоритмично. Творчество тоже считается неалгоритмичным. Остальные принципиальные составляющие мышления обычно остаются в тени и не рассматриваются. Это не правильно. Активность и воля не менее важны и их реализация в машине не менее проблематична. Кстати, именно активность наиболее наглядно и убедительно отличает живые системы от не живых.

Итак, неалгоритмичность сознания якобы является главным препятствием для моделирования мышления. Это действительно непреодолимое препятствие для алгоритмического моделирования на внешнем функциональном уровне, т.е. на том уровне, на котором ведутся основные работы в направлении Искусственный интеллект. Часто утверждается также, что переход при рассмотрении проблемы с внешнего функционального уровня на нейронный ничего не меняет.

Предполагается, что как устроены и работают нейроны и связи между ними на макроуровне в целом понятно, а именно: нейрон это пассивный суммирующий пороговый элемент, реализующий простую нелинейную передаточную функцию, то есть формирующий на своем выходе сигнал в зависимости от суммы входных сигналов и передающий этот



сигнал другим нейронам, но эти вычислимые и алгоритмически реализуемые функции неалгоритмичного сознания и неалгоритмического творчества не объясняют.

Я думаю, что это рассуждение неверно, поскольку здесь смешиваются внешний функциональный уровень естественной или моделируемой нервной системы, на котором проявляется сознание, и внутренний уровень физических элементов. Возможно, что строго описать и реализовать сознание в виде алгоритма, даже в каком-то приближении, действительно нельзя. Однако, мозг можно моделировать не на функциональном уровне, а как физический объект.

Надежда на то, что для объяснения и даже почти полного моделирования мышления будет достаточно физического моделирования объединенных в сеть синергических взаимодействующих нейронов основывается на частично уже упоминавшихся гипотезах о том, что нейрон не просто пороговый сумматор, а активный элемент, накапливающий и поддерживающий неравновесие, имеющий изменяющееся функциональное состояние, порог срабатывания и связи, изменяющиеся в зависимости от функциональных состояний, параметров и возбуждений связываемых нейронов, реализующий не только пространственную но и временную сумму приходящих возбуждений [7, 22]. Естественно, это только пример того, что может быть добавлено к свойствам моделируемого нейрона, но эти добавления в любом случае должны ориентироваться на необходимую реализацию свойства активности.

Все это, в принципе, для каждого отдельного нейрона вычислимо. Но интегральные функции мозга не складываются из функций отдельных нейронов. Интегральные свойства и функции любого целого зависят от свойств элементов и взаимодействий между ними, но алгоритмически эти зависимости не выражаются. Кроме того, внешние функции мозга определяются не отдельными нейронами, а специфически организованной активной нейронной сетью, подверженной к тому же случайным шумовым воздействиям. Основанные на таких представлениях некоторые предварительные и очень приблизительные интерпретации процессов мышления, в том числе и творческого, приведены выше и в моей книге [22].

Отрицая возможность компьютерной реализации мышления и ставя сознание на первое место по важности, часто считают достаточным уже упоминавшийся аргумент, состоящий в неалгоритмичности сознания. Вполне возможно, что алгоритм, а соответственно и программу, полноценной реализации функции сознания построить трудно или вообще невозможно. Более того, мозг и в целом в большинстве своих функций, связанных с мышлением, не алгоритмичен.

Это связано с тем, что информация, на основе которой осуществляется мышление, не сводима ни к описанию, ни к алгоритму. Информация в мозге представлена в виде активной иерархической модели среды. На этой модели в процессе мышления разворачиваются сложные многоплановые процессы возбуждающего и тормозящего взаимодействия между смысловыми элементами. Эти в основном параллельные процессы реализуются во взаимодействии как по “горизонтали”, то есть, между элементами одного уровня иерархии модели, так и по иерархической “вертикали”, то есть двунаправленные взаимодействия по линиям часть-целое и общее-частное.

Таким образом, то, что делает мозг в процессе мышления, ни реализацией каких-то алгоритмов, ни вычислениями не является. Поэтому полная алгоритмическая программная реализация мышления на внешнем функциональном уровне невозможна. Не делают никаких вычислений и отдельные нейроны. Однако это не значит, что мозг и мышление нельзя моделировать на компьютере. Например, рекуррентно пошагово вычислимые цифровые модели физических объектов и процессов в них можно моделировать на вычислительных машинах с любой задаваемой точностью. В том числе программно моделировать можно и параллельные процессы.

При конструировании мышления моделируемыми физическими объектами могут быть все отдельные нейроны и связи между ними. Мощность современных вычислительных

машин и, тем более, вычислительных машин будущего позволит строить модели, содержащие миллионы, а может быть и миллиарды, нейронов и связей. (Программные модели 60х годов прошлого века имели порядка 100 нейронов, однако некоторые иллюстрации работы нейронной сети на этих моделях получать удавалось).

Таким образом, программное моделирование мозга как физического объекта и реализуемого мозгом не алгоритмического в целом процесса мышления на уровне нейронов и связей между ними в принципе возможно. При этом для целей моделирования на первых шагах строить сверхсложный специальный компьютер не нужно. Достаточно иметь обычный современный универсальный компьютер с необходимыми вычислительными ресурсами и рекуррентно пошагово вычисляемые физические модели элементов мозга – нейронов и связей между ними.

Возможно, что здесь есть еще много неопределенного. Возможно, что нам известны, или гипотетически предполагаются, еще не все необходимые для реализации процесса мышления свойства нейронов. Возможно, что наши гипотезы о свойствах нейронов неточны или неверны. Не исключено, что в механизмах мышления кроме нейронов и связей между ними работают и какие-то другие элементы, например, нейроглия. Возможно, что работает пространственное полевое или, например, гуморальное возбуждающее и тормозящее взаимодействие между нейронами. Возможно, что для моделирования нужна информация о каких-то особенностях структуры нейронной сети. Возможно, что в мышлении участвует еще что-то, нам пока еще не известное.

Все это может определять направления совместных исследований биологов и инженеров.

Однако, отрицая возможность компьютерной имитации мышления, нужно логически обосновывать невозможность полного объяснения разума и его составляющих ( сознания, свободы воли, активности, эмоций ) ни на внешнем функциональном, ни на физическом уровне, без введения некоторого неизвестного, а возможно непознаваемого и даже нематериального субстрата. Такой субстрат может иметь любое название, например, даже душа. И все же логического обоснования необходимости души для процесса мышления пока еще нет.

Душа, как какая то непостижимая хотя и материальная, а тем более нематериальная, сущность будет в принципе немоделируема. Однако, при обсуждении вопроса о возможности моделирования мышления, приведенное допущение может рассматриваться в качестве аргумента только в случае его минимального фактического или логического обоснования. То что мы не можем пока еще исчерпывающе объяснить и конструктивно определить сознание, волю и многое другое, например, хотя бы, умозрительное конструирование, таким обоснованием не является.

Тем не менее, многие считающие себя материалистами психологи, не вводя в явном виде представление о необходимой для понимания мышления нематериальной или непознаваемой душе, в то же время говорят о принципиальной невозможности свести уровень психологического анализа к уровню анализа физиологического, психологические законы к законам деятельности нейронных механизмов мозга.

Я думаю, что это может оказаться неверным. Если жизнь имеет материальную основу и эта основа познаваема, а это не исключено, то рассмотрение и изучение процессов в активных неравновесных нейронных сетях может со временем позволить интерпретировать на физиологическом уровне, многие, а в конечном итоге и все, психологические факты, законы и явления.

Не исключено, что все интерпретации психологического уровня окажутся возможными и на уровне компьютерного моделирования мозга. В том числе и интерпретации таких психологических особенностей работы мозга, как интуиция, инсайт, творчество и, даже, юмор.

Возможно, что в искусственной системе нельзя реализовать *живое* ощущение, являющееся свойством неравновесной живой материи. Соответственно нельзя реализовать и

*живые* эмоциональные ощущения. Не исключено, что полное моделирование мозга и мышления возможно только в неразрывном единстве со всей живой системой, обладающей потребностями, целенаправленным поведением, ощущением и эмоциями.

Однако, является ли это непреодолимым теоретическим запретом моделирования мышления не известно. Поэтому представляется, что теоретические запреты возможности построения активной творческой мыслящей машины не определены ни на формальном, ни на качественном уровне.

Правда, создание такой машины (программы) если и возможно, то в очень отдаленной перспективе.

## **Глава 5. Есть ли в природе общая идея?**

*Меня не покидает ощущение, что в самой эволюции, в ее явном “нащупывании пути” к какой-то будущей цели есть что-то загадочное и непостижимое.*

**Р. Пенроуз**

Вряд ли мы сможем дать полный ответ на этот вопрос и, тем более, точно определить эту общую идею. Наш контакт с миром ограничен конечными рамками. Ограниченными как во времени, так и в пространстве. Хочется думать, что устройство и организация мира не полностью хаотичны, а имеют какие-то, понятные нам, смысл и цель. Однако, вполне возможно, что это не так. Наши суждения о вечном и бесконечном мире, к сожалению, могут быть только предположительными.

В то же время, общие знания о “нашем мире”, т.е. о мире доступном нашему наблюдению, могут быть более достоверными. В плане попыток понять общую идею нашего мира представляют интерес многие научные результаты и гипотезы, в том числе принципы оптимальности в физике и биологии, также как и предположения о направленности и целях эволюции. К этой теме имеет отношение очень интересная книга С.Вайнберга “Мечты об окончательной теории” [3].

### **5.1. Принципы оптимальности**

Многие ученые давно пришли к мысли о том, что в существующем мире все делается в каком либо смысле оптимально и все обобщения и законы, а значит, и факты в любой области естествознания могут быть выведены из единого принципа оптимальности. Нужно только понять, что экономит природа в объектах и явлениях, относящихся к этой области естествознания. Многие частные принципы оптимальности действительно были определены в физике и биологии. См. например, [19]. Не исключено, что в пределе может существовать и общий единый принцип оптимальности, определяющий все в нашем мире.

Развитие науки обычно идет от эксперимента к теории, от наблюдения фактов к их обобщению. Эти обобщения могут фиксироваться в виде законов, которые в совокупности объясняют наблюдаемые факты и предсказывают новые. Такими законами, например, являются классические законы механики, законы электродинамики, или законы геометрической оптики.

Но возможен и следующий шаг обобщения в виде принципа оптимальности, который формулируется как требование минимума или максимума какой-либо величины. Так, все законы механики обобщает принцип наименьшего действия, а законы геометрической оптики обобщает принцип скорейшего пути Ферма. (Действие — это произведение массы, пути и скорости. Авторство принципа наименьшего действия связывается с разными именами — Мопертюи, Эйлер, Лагранж.)

В биологии в качестве принципов оптимальности главным образом рассматривались принципы экономии энергии, экономии ресурсов, максимума энтропии и максимума информации [19]. Эти идеи оказались в определенной степени продуктивными. Предложенные принципы часто многое объясняют, но далеко не все, поскольку все они работают при определенных, как правило, нестрогих формулируемых условиях — например, экономия энергии при условии удовлетворения нужд организма, или при условии получения приспособительного эффекта, экономия ресурсов при достижении заданного результата, максимум взаимной информации между стимулами и реакциями при условии достижения определенного результата [4] и т. п.

С помощью подобных нестрогих условий можно практически всегда объяснить несовпадения результатов эксперимента и теории. Кроме того, почти всегда то, что задается только как находящееся на втором плане нестрогое внешнее условие, необходимое для выполнения этих принципов оптимальности (заданный результат, приспособительный эффект, полезность и т. п.), на самом деле должно находиться в центре внимания и определять цели и принципы поведения.

Более общим и естественным представляется много раз упоминавшийся выше принцип оптимальности поведения -  $\max T$ , т.е. принцип максимизации времени пребывания системы в пределах области допустимых значений управляемых переменных. Этот же принцип управления может формулироваться и как  $\min T$ , т.е. как принцип скорейшего удаления системы от границы области допустимых значений управляемых переменных, или принцип минимизации времени прихода системы в оптимальное состояние. (Применительно к задаче поведения оптимальное состояние это недостижимое состояние одновременного удовлетворения всех потребностей.) Все приведенные формулировки принципа оптимальности полностью эквивалентны в отношении формальной модели поведения, рассмотренной в [21], т.е. дают один результат при решении задачи определения локального правила принятия решения.

Мысль о том, что в природе все подчиняется какому-то общему единому принципу оптимальности и всю науку можно строить не снизу вверх — от эксперимента к теории, а сверху вниз — от принципа оптимальности к частным законам и их экспериментальной проверке, была высказана Эйлером. Однако ни Эйлеру, ни кому-либо другому найти такой общий принцип не удалось.

Что же экономит природа? В качестве вариантов напрашиваются и чаще всего рассматриваются: энергия, вещество, действие ( $mvs=\min$ ), энтропия (негэнтропия), информация.

А может быть, общим оптимизируемым параметром является время?

Различными аспектами изучения проблемы времени занимались и занимаются очень многие. Большое значение решению загадки времени придавал еще Аристотель. Очень интересно общее утверждение Спинозы о том, что основной закон вещей — стремиться к максимально долгому существованию. Это перекликается с принципом  $\max T$  в поведении живых и не только живых систем. Среди очень многих представлений о

важности проблемы времени и ее различных аспектах интересно отметить высказывание И.Пригожина, который говорил, что унифицировать естественные науки и философию можно посредством решения загадки времени.

На оптимизации описываемых процессов по времени основываются некоторые физические принципы оптимальности. Так принцип Ферма действительно говорит о том, что при распространении светового луча экономится время. В этом плане безусловный интерес представляют также и термодинамические принципы наименьшей диссипации энергии и наискорейшего спуска. [6] Диссипацией называется процесс перехода энергии из упорядоченной формы в неупорядоченную тепловую. С этим процессом связано возрастание энтропии.

Согласно принципу наименьшей диссипации энергии скорость диссипации энергии в устойчивом состоянии любой термодинамической системы минимальна. Указанный

принцип является конечной характеристикой равновесного состояния. Для описания переходного процесса формулируется принцип наискорейшего спуска: в процессе приближения термодинамической системы к равновесному или стационарному состоянию функция внешней диссипации убывает наискорейшим возможным способом. Т.е. и в первом, и во втором случае процессы оптимизируются по времени.

(Принципы предложены А.И. Зотиным и А.А. Зотиным. Авторы считают, что эти термодинамические принципы оптимальности включают в себя второе начало термодинамики и охватывают практически все явления природы.)

На вопрос есть ли в природе общая идея хочется ответить утвердительно. Есть уверенность, или как минимум надежда, на то, что мир организован целесообразно и эту целесообразность можно понять и определить. Однако, общая идея природы пока еще не найдена. Частные физические и биологические принципы оптимальности проблему не решают. Как уже отмечалось, инициированный Эйлером поиск общего принципа оптимальности, из которого как частные случаи вытекали бы все физические законы, ни к чему не привел. И все же, “мечта об окончательной теории” продолжает существовать [3].

## **5.2. Энтропия и антиэнтропийный процесс (нарастание хаоса и упорядочивание).**

*А Время гонит лошадей.*

*А.С.Пушкин*

Еще раз обратим внимание на то, что во многих принципах оптимальности фигурирует *время*. Если предположить, что универсальной оптимизируемой величиной является время, то интересно было бы посмотреть, не выражаются ли через  $\max T$  ( $\min T$ ) не только принцип Ферма, принцип наименьшей диссипации энергии, принцип наискорейшего спуска, принцип  $\max T$  ( $\min T$ ) в управлении поведением, но и все другие физические и биологические законы нашего мира.

Если в природе действительно оптимизируется время, то интересно понять, или хотя бы предположить, в чем смысл этой оптимизации. Скорее всего, время не является самоцелью оптимизации. За этим должно стоять еще что-то, еще какая-то, надеюсь понятная нам, целесообразность. Например, нам понятно, что время играет решающую роль, когда нужно успеть что-то сделать, или перегнать кого-то. Может быть, что-то в этом роде определяет и общие законы природы.

У нас нет точных знаний, которые позволили бы нам ответить на вопрос какова общая идея природы. Тем не менее, представляется естественным предположить, что общая идея нашего мира основана на возникновении, сохранении и развитии как пассивной, так и активной антиэнтропийной организации. Активная антиэнтропийная организация это живые эволюционирующие системы, а также социальные эволюционирующие системы. Можно также предположить, что общая идея природы - это соревнование двух противоположно направленных процессов: энтропийного, т.е. дезорганизации и антиэнтропийного, т.е. организации, или соревнование нарастания хаоса и процесса упорядочивания.

Для того, чтобы победить в соревновании антиэнтропийный процесс должен происходить быстрее, чем процесс увеличения энтропии. Для этого антиэнтропийный процесс должен оптимизироваться по времени. Хотелось бы понять правила этого соревнования, какова его конечная точка, каковы способ и критерии оценки получаемых результатов.

С учетом всего сказанного со значительной долей допущения и фантазии можно проинтерпретировать и определенные гипотезы о процессах возникновения и развития

Вселенной. В космологии одной из вероятных считается гипотеза пульсирующей Вселенной. В соответствии с этой гипотезой более 15 миллиардов лет назад все вещество Вселенной занимало очень малый объем, имело очень большую плотность и очень высокую температуру. Приблизительно 15 миллиардов лет назад произошел Большой взрыв, в результате которого начался “разлет” материи во все стороны от центра взрыва, концентрация отдельных частей материи за счет гравитации в продолжающих разлет галактиках и звездах, синтез в звездах химических элементов в результате термоядерных реакций, возникновение планетных систем, возникновение на некоторых планетах условий для зарождения жизни, появление и развитие жизни, появление “человека разумного”, развитие науки, технологии и культуры.

Можно ли каким то образом все это измерить? Выше отмечалось, что общая цель и направленность прогрессивной эволюции живых организмов это, возможно, увеличение относительного среднего термодинамического потенциала живой материи. Для измерения этой величины может использоваться константа Рубнера. Общая цель и направленность прогрессивной социальной эволюции это увеличение относительного среднего уровня развития цивилизации.

Количественная оценка уровня цивилизации возможна по средней суммарной величине энергии, расходуемой обществом (племенем, государством, человечеством) в единицу времени и отнесенной к одному человеку. Эта величина сходна с константой Рубнера, оценивающей термодинамический потенциал или относительный удельный уровень неравновесности живой материи (живого организма).

Таким образом, результаты как активной живой, так и социальной антиэнтропийной организации в принципе измеримы. На этой основе можно делать оценки производной их изменения на нашей Земле. Как оценивать результаты пассивной антиэнтропийной организации не известно. Неизвестно как оценивать результаты процесса нарастания энтропии. Тем более неизвестно, как оценивать и сравнивать результаты всех этих процессов применительно ко всей Вселенной. Тем не менее, возможно, что в природе существует какой-то способ их оценки и сравнения.

Процессы как пассивной, так и активной антиэнтропийной организации в значительной степени являются случайными. Результат этих процессов в целом – возникновение разных объектов с разной организацией и их “отбор” во времени в случае пассивных систем, или активный отбор при эволюции живых организмов и развитии цивилизации.

В соответствии с теорией пульсирующей Вселенной разлет галактик будет продолжаться еще миллиарды лет, после чего начнется сжатие и возврат к начальному состоянию со сверхплотной материей и сверхвысокой температурой. После этого снова произойдет Большой взрыв, и случайный процесс возникновения различной организации и различных систем, в том числе и развития жизни, повторится и т.д.

Повторные образования Вселенной ассоциируются с некоторыми талмудическими текстами, которые упоминаются в [11] и [12]. Согласно этим текстам бог делал много пробных попыток создать мир, каждый раз разрушая сделанное и из обломков старого создавая новое пока не получил удовлетворивший его результат.

Теория пульсирующей Вселенной не является единственной в космологии. Вне зависимости от того, будут ли повторные Большие взрывы, в разлетающихся галактиках происходят, по-видимому, примерно одинаковые случайные процессы, сводящиеся к возникновению относительно устойчивых во времени объектов с различной пассивной равновесной или активной неравновесной организацией.

Имеется ли какой-то смысл во всем этом и если имеется, то в чем он заключается, неизвестно. Хотелось бы думать, что имеется, однако, возможно, что этот смысл для человека непостижим.

Может быть, смысл происходящего при повторных расширениях Вселенной состоит в возникновении различных случайных вариантов организации и отборе, как устойчивых

пассивных объектов, так и результатов возникновения и эволюции живых организмов. Может быть, главный смысл состоит в возникновении и развитии различных вариантов жизни и, в конечном счете, сознания и вариантов разума, в том числе, возможно, и коллективного.

Может быть смысл возникающих вариантов жизни при повторных пульсациях Вселенной состоит в появлении вариантов как материальных, так и не материальных объектов, являющихся производными от мышления, сознания, свободы воли и творчества, а именно в появлении вариантов развития науки, технологии, искусства и социального развития.

Может быть, смысл состоит в появлении вариантов еще чего-то, о чем мы не имеем и не будем иметь никакого представления. Также абсолютно невозможно представить к чему придет развитие жизни и разума во Вселенной за миллиарды лет.

И, наконец, можно еще раз сказать, что общей идеей может быть соревнование двух процессов – энтропийного и антиэнтропийного и цель антиэнтропийного процесса и одновременно цели как эволюции живых организмов, так и социальной эволюции состоят в том, чтобы добиться какого-то решающего антиэнтропийного уровня (уровня организации) за ограниченное *время*. Может быть, в этом случае должен прекратиться поиск вариантов, т.е. пульсация Вселенной.

В заключение мне хочется привести цитату из книги Пригожина и Стенгерс [11].

**“Мы живем в опасном и неопределенном мире, внушающем не чувство слепой уверенности, а лишь то же чувство умеренной надежды, которое некоторые талмудические тексты приписывают богу Книги Бытия: Двадцать шесть попыток предшествовали сотворению мира, и все они окончились неудачей. Мир человека возник из хаоса обломков, оставшихся от прежних попыток. Он слишком хрупок и рискует снова обратиться в ничто. «Будем надеяться, что на этот раз получилось», – воскликнул бог, сотворив мир, и эта надежда сопутствовала всей последующей истории мира и человечества, подчеркивая с самого начала этой истории, что та отмечена печатью неустранимой неопределенности”.**

На те же талмудические тексты есть ссылка в книге П.Полонского [12].

Мы не знаем, существует ли пульсация Вселенной, и если существует, то прекратится она или нет. Тем более мы не знаем, каковы смысл и цели общей организации мироздания. Однако, мы имеем право строить любые в том числе и самые фантастические гипотезы. Гипотезы не всегда проверяются и не всегда являются проверяемыми. Часто они принимаются на веру или просто принимаются к сведению. Так или иначе, сказанное выше может подсказать некоторые варианты ответа на вопрос о целях биологической и социальной эволюции, а также и варианты ответа на вечный вопрос о смысле жизни. (Правда, смысл жизни вообще и смысл индивидуальной жизни могут пониматься по-разному).

Конечно, вероятность и фактическая обоснованность этих вариантов не велика. Кроме того, не исключено, что возникновение и развитие жизни, разума и социума на Земле не является чем-то новым, важным, значительным и интересным с какой-то недоступной нам точки зрения во временных и пространственных масштабах нашей Вселенной и, тем более, всего мира.

## Литература.

1. Азимов А. В начале. М. Изд. Полит. литературы. 1989.
2. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. Санкт-Петербург, Росток, 2002.
3. Вайнберг С. Мечты об окончательной теории. Москва, УРСС, 2004
4. Голицын Г.А. Петров В.М. Гармония и алгебра живого, Москва, Знание, 1990.
5. Галимов Э.М. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. М.УРСС, 2006.
6. Зотин А.И., Зотин А.А. Прогрессивная эволюция: термодинамическая основа // Известия РАН. Сер. Биол. 1995. № 4. с. 389-397.
7. Емельянов-Ярославский Л.Б., Интеллектуальная квази-биологическая система Индуктивный автомат. М., Наука, 1990.
8. Красилов В.А. Нерешенные проблемы теории эволюции М.ПИН РАН, 1997.
9. Ляпунов А.А. Кибернетический подход к теоретической биологии. Сб. Биология и информация, М. Наука, 1964.
10. Николис Г., Пригожин И.. Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир. 1979.
11. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой М. УРСС, 2000.
12. Полонский П. Две истории сотворения мира. Телль-Авив. Механаим. 2009.
13. Пенроуз Р. Новый ум короля. Москва, УРСС, 2004.
14. Розенблатт.Ф. Принципы нейродинамики. М.Мир.1965.
15. Сент-Дьердьи А. Введение в субмолекулярную биологию. М. Физматгиз. 1961
16. Словарь практического психолога. Минск, Харвест, 1998.
17. Ухтомский А.А. Доминанта. СПб, Питер, 2002.
18. Хакен Г. Синергетика. М. Мир, 1980.
19. Ханин М.А. и др. Экстремальные принципы в биологии и физиологии, М., Наука, 1978.
20. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., URSS, 2004.
21. Шамис А.Л. Пути моделирования мышления. М., URSS, 2006.
22. Шамис А.Л. Модели поведения, восприятия и мышления. М., Интуит, 2010.
23. Шамис А.Л. Эксперименты по организации динамической нейронной сети. Вопросы радиоэлектроники, серия общетехническая, №15, 1968, сс 14-34.
24. Шамис А.Л., Мухаметов Л.М. Модель механизма сонных веретен электроэнцефалограммы млекопитающих. Биологические науки, №5, 1967, сс 67-71.
25. Шеннон К., Уивер У. Математическая теория связи. // Работы по теории информации и кибернетике. М., ИЛ, 1963.
26. Hebb D.O. The Organisation of Behevier. N.Y. 1949